

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

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ И РИСКИ ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ ГОРОДА ВОРОНЕЖА

Сборник научных статей

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

Воронеж
Издательство «Научная книга»
2018

УДК 502.55:504.064.2
Э40



*Исследование выполнено при финансовой поддержке Русского
географического общества в рамках научного проекта
№ 11/2018/РГО-РФФИ от 20.04.2018*

**Э40 Экологическая ситуация и риски для здоровья населения
города Воронежа: сборник научных статей / Под общей ре-
дакцией С.А. Куролапа и О.В. Клепикова. – Воронеж: Изда-
тельство «Научная книга», 2018. – 180 с.**

ISBN 978-5-98222-978-6

Сборник научных статей подготовлен по результатам медико-географических и геоинформационных исследований, выполненных в рамках научного проекта Русского географического общества – Российского фонда фундаментальных исследований /проект «Геоинформационное обеспечение региональных систем медико-экологического мониторинга крупных промышленных центров», № 11/2018/РГО-РФФИ от 20.04.2018/.

Статьи посвящены результатам исследования закономерностей статистических связей в системе «окружающая среда - здоровье населения» на территории города Воронежа с обоснованием приоритетных индикаторов качества городской среды, формирующих экологические риски для здоровья населения и их геоинформационным картографированием. Особое внимание уделено анализу техногенного загрязнения воздушного бассейна с учетом микроклиматических особенностей городской среды, акустического и почвенно-геохимического загрязнения в границах селитебных зон; проблемам хозяйственно-питьевого водоснабжения, исследованию состояния зеленых насаждений с применением средств ГИС-картографирования и дистанционного зондирования.

Издание полезно специалистам региональных природоохранных, медико-профилактических 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 978-5-98222-978-6

© Коллектив авторов, 2018
© Издательство «Научная книга», 2018

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	5
Куролап С.А., Виноградов П.М., Клепиков О.В. Экологическая диагностика и мониторинг состояния городской среды с применением геоинформационных технологий	6
Клепиков О.В., Куролап С.А., Мамчик Н.П. Результаты комплексной оценки состояния окружающей среды и риска для здоровья населения промышленного города	18
Куролап С.А., Попова И.В., Сарычев Д.В., Клепиков О.В., Виноградов П.М. Оценка техногенного загрязнения воздушного бассейна и микроклиматической комфортности городской среды	34
Куролап С.А., Скосарь А.Е. Оценка риска для здоровья населения, связанного с транспортным шумом на территории города Воронежа	57
Клепиков О.В., Калашников Ю.С., Оберемко В.А., Баскакова А.Г. Оценка качества воды в реке Дон и влияния на него техногенных факторов	65
Прожорина Т.И., Нагих Т.В. Результаты мониторинга влияния сбросов городских очистных сооружений на качество воды Воронежского водохранилища	79
Прожорина Т.И., Нагих Т.В. Исследование состояния питьевого водоснабжения в пределах города Воронежа и окрестностей	86
Клевцова М.А., Коваленко К.М. Исторические аспекты и анализ количественного участия древесных растений в зеленых насаждениях центральной части города Воронежа	92
Клевцова М.А., Коваленко К.М. Анализ экологического состояния зеленых насаждений центральной исторической части города Воронежа	104
Каверина Н.В., Назаренко Н.Н. Содержание бенз(а)пирена в почвенном покрове города Воронежа	118

Середа Л.О., Яблонских Л.А.

Особенности почвенного покрова территории города Воронежа в
условиях интенсивного техногенного воздействия 128

Середа Л.О.

Экогеохимическая оценка состояния почвенного покрова
города Воронежа 137

Середа Л.О.

Сравнительный анализ техногенного загрязнения почвенного
покрова крупных промышленно развитых городов 151

Епринцев С.А.

Пространственное зонирование урбанизированной территории
для оценки динамических характеристик природного каркаса 165

Епринцев С.А.

Использование технологий ГИС и ДЗЗ при исследовании параметров
качества городской среды (на примере города Воронежа) 171

Сведения об авторах 178

ПРЕДИСЛОВИЕ

О важности изучения проблем оценки экологических рисков в современных городах свидетельствует «Стратегия экологической безопасности Российской Федерации до 2025 года» (утверждена Указом Президента России 19.04.2017), в которой отмечается, что *«Окружающая среда в городах и на прилегающих к ним территориях, где проживает 74 процента населения страны, подвергается существенному негативному воздействию, источниками которого являются объекты промышленности, энергетики и транспорта, а также объекты капитального строительства. В городах с высоким и очень высоким уровнем загрязнения воздуха проживает 17,1 млн. человек, что составляет 17 процентов городского населения страны»*. Эти проблемы неизменно актуальны для крупнейшего промышленного центра Черноземья – города Воронежа.

Результаты исследований, изложенные в настоящем сборнике, являются 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; «Эколого-гигиенические 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 экогеохимии городской среды, состоянию воздушного бассейна, качеству водоемов, биоты и рискам здоровью населения. Особое внимание уделено экологической оценке территории с применением современных геоинформационных технологий и анализом результатов аэрокосмосъемки территории города.

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

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА И МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

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

Интегральная экологическая оценка и картографирование состояния городской среды требует эффективного функционирования системы экологического мониторинга территории города. Наличие многочисленных источников экологического риска, сложный характер городской застройки, т.е. неоднородность структуры урбанизированной территории предъявляет особые требования к системе мониторинга состояния окружающей среды и здоровья населения: обеспечение сбора большого объема разрозненных и разновременных данных, достаточный инструментарий для их анализа и синтеза, возможность моделирования, оценки и прогноза ситуации.

Указанным требованиям в настоящее время полностью удовлетворяют географические информационные системы (ГИС). Первые ГИС появились еще в 60-70-ые годы XX века. Предпосылкой этого явился процесс развития компьютерных технологий и, как следствие, проникновение информатики во многие сферы человеческой деятельности. Процесс внедрения информационных систем в географические науки был ознаменован появлением ГИС, первоначально имевших своей целью инвентаризацию земельных ресурсов. На стыке информатики, географии и картографии впоследствии зародилась геоинформатика [8].

На современном этапе развития технологий, геоинформационные технологии в силах обеспечить решение очень широкого перечня задач. Это делает возможным применение ГИС практически во всех сферах научной и производственной деятельности. Основные функции ГИС можно представить, выделив предварительно два основных подхода к описанию пространства: работа с пространственной информацией и работа с атрибутивными данными. Принципиальное отличие подходов заключается в том, что при «пространственном» подходе важна четкая локализация объекта в определенной системе координат. Соответственно, можно выделить следующие основные функции анализа информации, основывающиеся на данном подходе: получение картометрических показателей объектов (координаты, длина, площадь и т. д.), функции оверлея (выбор объектов, накладывающихся, пересекающихся, находящихся внутри

других объектах и т.д.), выявление структурных особенностей и закономерностей в пространственном распределении объектов, выделение тенденций развития явлений во времени и в пространстве. При «атрибутивном» подходе работа идет с характеристиками объектов, важность самих объектов при этом полностью пропадает. Это все вычислительные, математико-статистические операции, производимые с количественными данными и оценочные операции с качественными характеристиками, картографическая визуализация атрибутов объектов.

В пространстве ГИС эти подходы выделяются лишь условно, при этом они неотделимы друг от друга, что дает возможность значительно увеличить спектр решаемых вопросов и расширить тем самым область применения геоинформационных технологий. В литературе приводится много примеров применения подобного синтеза подходов: выбор объектов, расположенных в буферных зонах (построенных по определенной атрибутивной информации) других объектов, выявление пространственных закономерностей в распространении количественного показателя, получение координат объектов, выделенных по какому-либо критерию и другие [1, 8, 11].

Применение геоинформационных технологий становится все более актуально в динамично развивающихся областях. К таким можно отнести геоэкологию и урбоэкологию. Современные темпы развития производства, роста численности населения, увеличения доли урбанизированных территорий определяют растущее антропогенное давление на окружающую среду. Такая ситуация привлекает все большее внимание общественности. Возникает необходимость оценки экологической обстановки, выявления зон наибольшего техногенного прессинга. В настоящее время обеспечение локального мониторинга за состоянием окружающей среды осуществляется отдельными специализированными организациями и ведомствами. Однако, характерным признаком подобного подхода является ведомственная разобщенность. Усугубляет сложившуюся ситуацию недостаточная техническая оснащенность и отсутствие единой программно-информационной среды. В таких условиях применение геоинформационных технологий является оптимальным вариантом обеспечения системы экологического мониторинга. Определенную сложность составляет лишь выбор оптимального программного пакета, удовлетворяющего все возникающие потребности.

В современном мире все более четко прослеживается «тенденция модульности», которую можно сравнить с принципом сборки конструктора. Охарактеризовать данную тенденцию можно следующим образом: изначально пользователь получает товар в так называемой «базовой» комплектации (с минимальным набором функциональных возможностей); если же этого набора не достаточно, его можно расширить, заказав дополнительные интересующие функции в виде опций (модулей). Таким образом, появляется возможность получения строго необходимого комплекса, рассчитанного на решение определенного круга задач. Ярким примером, иллюстрирующим данную тенденцию, является автомобильный рынок: у любого приобретаемого автомобиля есть «базовая» комплектация и определенный набор опций. Прослеживается «тенденция модульности» и на рынке геоинформатики.

Многими ГИС в той или иной мере поддерживается достаточно широкий круг стандартных операций. Количество доступных дополнительных модулей варьирует в зависимости от выбранного ГИС-пакета. Их выбор зависит от тех вопросов, которые необходимо решить средствами конкретного программного обеспечения. Наиболее популярны в нашей стране такие коммерческие ГИС, как ArcGIS, MapInfo Professional, ГИС Карта. Все большую популярность набирает использование бесплатного программного обеспечения (ПО): QGIS, SAGA, GRASS. Все без исключения современные ГИС-пакеты имеют модульную структуру, предоставляющую пользователям возможность выбора функционального набора, необходимого для решения тех или иных задач. В целом, функционал в последних версиях ГИС от разных производителей (с учетом подключенных модулей) одинаково широк и многообразен. При этом нельзя сказать, что одна геоинформационная система лучше, чем другая. Идеальной программы не существует, выбор в пользу того или иного программного продукта в большей степени может быть обусловлен сложившимися традициями пользователей.

Применение геоинформационных технологий в экологических исследованиях отмечается повсеместно. В частности, в США предпосылками экономического развития признается рациональное природопользование и устойчивое развитие территорий, основывающиеся на использовании геоинформационных систем. В России исследованиями в данной области занимаются, прежде всего, Л.М. Бугаевский, А.В. Кошкарев, И.К. Лурье, В.С. Тикунов и др. авторы

[1, 8, 11, 17]. Отмечается актуальность применения геоинформационных систем для целей обеспечения экологического управления и оптимизации природопользования, за счет системного подхода к организации геоэкологической информации в ГИС, возможности ее «послойного» хранения, позволяющего производить оперативный анализ и синтез, и наглядного отображения в виде картографических изображений.

Геоинформационные технологии находят широкое применение в качестве эффективного инструмента контроля состояния окружающей среды при локальном негативном воздействии, таком как, например, угроза загрязнения нефтью прибрежной зоны морей. Подобные примеры описаны в работах В.В. Затыгаловой и А.Ю. Иванова [4], Д.В. Моисеева [13]. Так, в работе В.В. Затыгаловой и А.Ю. Иванова, авторы рассматривают методы сбора информации о нефтяном загрязнении морских акваторий (точное положение, размер и площадь нефтяных пятен) с использованием данных дистанционного зондирования Земли. Геоинформационные системы рассматриваются как средство улучшения идентификации нефтяных пятен и их классификации, а также как инструмент планирования и управления работами при ликвидации неблагоприятных последствий разливов нефти. Для этих задач ГИС должна включать в себя три основных блока: «Блок сбора информации (данных дистанционного зондирования и подспутниковых измерений)», «Блок интеграции данных» и «Блок хранения данных (включая их архивацию)». Показана важность применения ГИС для установления причин, источников загрязнения и выявления зон риска. В качестве конечного продукта выделяются карты распределения нефтяных загрязнений.

Д.В. Моисеевым описан опыт применения геоинформационных технологий при проведении мониторинга на шельфе Баренцева моря. Использование ГИС началось еще на стадии проектирования (разрабатывалась схема расположения станций мониторинга с учетом определенных требований). Следующим этапом стал сбор комплекса разнородных геоэкологических данных, их пространственная привязка к картографической основе. Последующий пространственный анализ и обработка позволили получить информационные продукты, на основе которых были сделаны выводы об экологическом состоянии шельфа Баренцева моря [13].

Таким образом, все авторы, применяя геоинформационный подход к обеспечению системы мониторинга, выделяют общие бло-

ки или этапы работы. Кроме того, подчеркивается необходимость использования геоинформационных систем при подобного рода изысканиях.

В рамках применения ГИС для контроля комплексного техногенного воздействия на окружающую среду также ведется разработка геоинформационно-аналитических комплексов обеспечения экологического мониторинга отдельных регионов. Ведомственная разобщенность специализированных организаций и органов власти, призванных обеспечивать функционирование системы мониторинга, требует координирования их деятельности. Наиболее приемлемым выходом из ситуации является создание единой программно-информационной среды на основе геоинформационных технологий. Примеры подобного подхода к решению данного вопроса в рамках регионов и отдельных субъектов Российской Федерации приводятся во многих работах российских ученых.

Так, территория Тюменской области представляет собой крупнейший нефтегазоносный бассейн в России, что, в сочетании с физико-географическими особенностями, приводит к интенсивному антропогенному воздействию на окружающую среду, что отмечает А.А. Тигеев. Контроль экологической ситуации требует оперативного анализа больших объемов информации, что невозможно без внедрения ГИС. Автором предлагается структура региональной экологической ГИС, имеющей замкнутую структуру: «Картографо-информационная база» (включающая инвентаризационный и экологический блоки), «Оценочный блок», «Аналитический блок» и «ГИС-оболочка» (информационно-пользовательский блок и блок формирования картографо-информационной базы). Блоки картографо-информационной базы предполагают наличие атрибутивной и картографической информации, на основе которой функционируют остальные блоки. Региональная ГИС Тюменской области нашла применение при проектировании многих месторождений, прокладки трубопроводов Западной Сибири и оптимизации природопользования региона в целом [16].

В работе С.Ф. Мазурова автором представлена технологическая схема создания цифровых карт, применяемых для принятия управленческих решений в Байкальском регионе. Их оригинальность заключается в системном отображении природной и социальной обстановки, характера природопользования и экологической ситуации картографируемой территории [12].

Ямашкин А.А. описывает опыт создания геоинформационного экологического атласа республики Мордовии, включающего в себя ряд моделей геоэкологических карт (карты устойчивости природных комплексов, ландшафтно-экологические, техногенных комплексов и объектов, техногенного изменения ландшафтов, прогнозирования катастрофических явлений) [18].

Результаты исследований, проведенных авторами, являются наглядным примером эффективности внедрения геоинформационного подхода в создании единой программно-информационной среды для обеспечения регионального уровня системы экологического мониторинга Российской Федерации.

В пределах отдельных городских территорий геоинформационные системы находят применение в проведении комплексной оценки качества городской среды обитания в таких промышленных центрах как Волгоград [7], Воронеж [5], Москва [6], Новосибирск [14] и других [15].

Например, Волгоград является типичным примером развитого крупного города с миллионным населением и характерными экологическими проблемами. Для получения комплексной оценки состояния окружающей среды было изучено влияние комплекса взаимодействующих неблагоприятных факторов природного и антропогенного происхождения, а также произведен их анализ с применением геоинформационного и картографического подходов. Были выделены основные сложности проведения комплексной оценки городской среды [7].

На основе геоинформационно-картографического анализа Восточного административного округа Москвы разработана и составлена ландшафтно-геохимическая карта, синтезирующая данные по негативным техногенным и природным факторам среды. Произведено зонирование территории по степени опасности загрязнения тяжелыми металлами, дана оценка качества среды обитания горожан и уровня экологических рисков здоровью [6].

Лабораторией медико-экологического картографирования г. Новосибирска ведутся разработки эколого-гигиенической ГИС, позволяющей интегрировать весь объем имеющейся информации, создавать на ее основе аналитические, синтетические и комплексные карты, что в итоге приведет к оптимизации работы по обеспечению устойчивого развития и экологической безопасности города [14].

В последние годы появляются работы, иллюстрирующие возможности методов дистанционного зондирования и ГИС-технологий в эффективном функционировании городских систем геоэкологического мониторинга, апробированные по отдельным депонирующим средам, например, в Ижевске, Тольятти, Махачкале (Л.С. Габдуллина [2], О.Н. Гусейнова с соавт. [3], А.Н. Крючков [9]).

Анализ приведенных выше работ показывает наличие достаточно большого количества различных методик применения геоинформационного подхода к оценке городской среды. При этом разработка общей методики создания геоинформационно-аналитических комплексов для обеспечения системы мониторинга окружающей среды достаточно сложна, в силу больших различий в специфике отдельных территорий. Для интегральной оценки качества городской среды требуется учет всего комплекса факторов, влияющих на ее состояние. Это определяет обработку большого объема геоэкологических данных по территориям отдельных промышленных центров, что делает применение ГИС весьма эффективным инструментом обеспечения мониторинга городской среды.

На примере города Воронежа нами разработана тематическая ГИС, включающая подсистемы хранения эколого-геохимических и медико-географических данных, а также программно-алгоритмическое обеспечение оценки экологических рисков. Структура базы данных для функционирования показана на рисунке 1. Базовым временным сроком для оценки качества городской среды выбран актуальный 10-летний период (2009-2018гг.). ГИС включает подсистемы хранения эколого-геохимических и медико-географических данных, а также программно-алгоритмическое обеспечение оценки экологических рисков. 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, включающих стационарные и передвижные посты контроля воздуха системы гидрометеослужбы, санитарно-эпидемиологической службы, а также дополнительно выбранные нами пункты для равномерного охвата территории города системой экологического контроля.

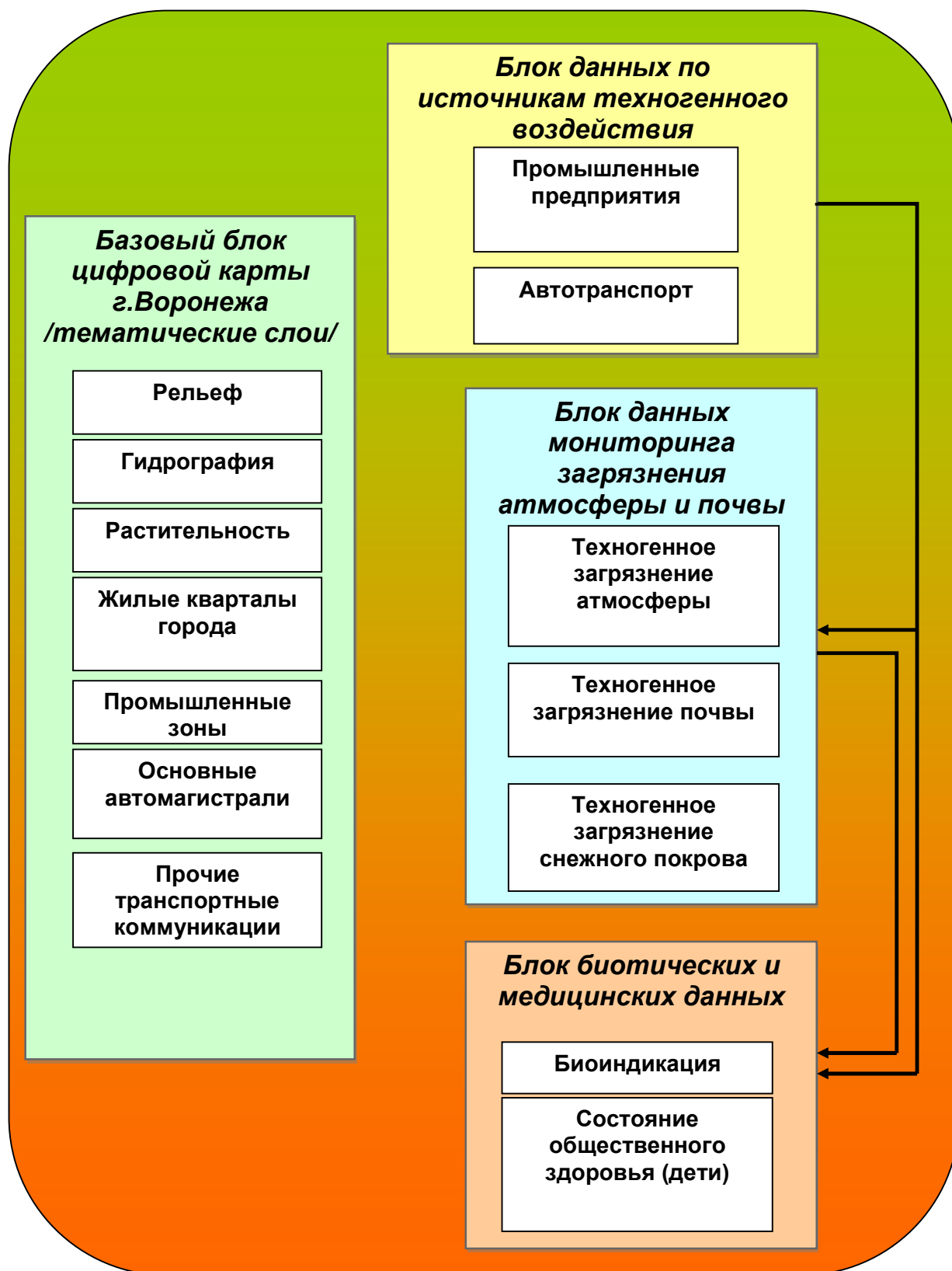


Рис. 1. Структура базы данных для геоинформационного обеспечения медико-экологического мониторинга крупного промышленного центра

Исходные данные для создания «МЕД-ЭКО ГИС г.Воронежа» формируются в ходе натурных экспериментальных исследований сотрудников кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды ВГУ, а также предоставлены региональными природоохранными и мониторинговыми ведомствами города в рамках межведомственного взаимодействия. Создание цифровых карт опасности техногенного воздействия на городскую среду осуществляется в среде ГИС MapInfo путем пространственного интерполирования значений индексов экологической опасности промышленных и автотранспортных вкладчиков способом изолиний (методом IDW-интерполирования и построения изолиний при помощи модуля «Поверхность»).

Проведенные по данной методологии экспериментальные и геоинформационно-аналитические исследования позволили сформулировать следующие основные выводы: 1) техногенное загрязнение городской среды формируется за счет природно-экологического фактора, в частности, сезонности и стратификации атмосферы, а также особенностей функционально-планировочной инфраструктуры и промышленно-транспортного комплекса; 2) критерии качества атмосферы и почвы дают более сильный ответный «отклик» на промышленно-транспортное воздействие, снег же является геохимическим индикатором значительно меньшего эффекта, причем ведущим индикационным фактором экологического риска служит аэротехногенное загрязнение; 3) статистически подтверждено увеличение частоты заболеваний детей врожденными аномалиями, новообразованиями, болезнями эндокринной и мочеполовой сферы в районах, более техногенно нагруженных; приоритетные факторы риска здоровью – коэффициент эмиссионной нагрузки выбросов химических канцерогенов в атмосферу и уровень автотранспортной загруженности; 4) на территории г.Воронежа промышленная зона «лидирует» по суммарному загрязнению воздуха, а транспортная – по суммарному загрязнению почвы тяжелыми металлами и нефтепродуктами; 5) созданный и апробированный с применением геоинформационных технологий инструмент медико-экологического картографирования показал, что зоны риска для здоровья населения в городе Воронеже, связанные с геохимическим фоном городской среды, имеют мелкоочаговый характер и приурочены к районам повышенной автотранспортной загруженности (линейные участки: от исторического центра города вдоль улицы 20-летия Октября к во-

дохранилищу, по ул. 9 Января и по ул. Ворошилова – в юго-западный район, а также микрорайоны вблизи заводов ОАО «Воронежсинтезкаучук» и микрорайон ВАИ), причем, в последние годы зоной риска становится территория Северного жилого микрорайона вблизи Авторынка и на отрезке «Авторынок – ул. 9 Января» [5, 10].

Создан первый вариант электронного медико-экологического атласа города Воронежа, включающий разделы: состояние окружающей среды (экологический фон, параметры техногенного загрязнения среды, фитотоксические эффекты и состояние биоты), состояние здоровья населения (отдельно взрослого и детского населения по территориям обслуживания поликлиник города), оценка экологических рисков для населения (рисков, связанных с промышленно-транспортным воздействием, эффектами загрязнения воздушного бассейна, водных ресурсов, почвенного покрова, микроклиматическими условиями).

Обобщение материалов исследования позволило разработать схему экологического мониторинга с применением геоинформационных технологий как необходимый составной блок городской экологической политики [10]. Её основными принципами должны быть следующие: а) соответствие единой государственной системе экологического мониторинга (ЕГСЭМ); б) системность организации информации, характеризующей состояние окружающей среды и здоровья населения (к числу приоритетных контролируемых сред должны относиться атмосфера, снежный покров, почва и критерии общественного здоровья, в первую очередь, детского населения); в) равномерный и полный охват территории города сетью постов экологического мониторинга; г) унификация критериев экологического мониторинга, связанных с системой экологического нормирования; д) синхронизация систем наблюдения различными природоохранными ведомствами (целесообразно создать единое информационное поле экологического мониторинга на базе объединения информационных потоков различных природоохранных служб, а также статистики областного здравоохранения: локальные базы данных и средства по созданию и ведению информационного обеспечения; единые подходы к расчету рисков для здоровья населения); е) расширение и углубление аналитического блока мониторинга окружающей среды на базе ГИС-технологий; создание картографической базы данных для задач экологического мониторинга; ж) верификация данных инструментальных и расчетных методов с оценкой их эф-

фективности (схема анализа данных должна включать последовательные этапы: сбор информации – оценка риска – сравнение данных инструментальных замеров и модельных расчетов – корректировка системы слежения и экологического контроля).

Среди мероприятий, ориентированных на снижение экологического риска на территории города Воронежа, приоритетными являются три задачи, направленные на минимизацию содержания в атмосфере (как основной депонирующей среде, формирующей зоны экологического риска) загрязняющих веществ – производных технологического прессинга города: *модернизация транспортных сетей* города с увеличением их пропускной способности, качества дорожного покрытия, средней скорости движения транспортных средств, в перспективе – создание линий «легкого метро» по образцу крупных европейских городов; *модернизация технологических процессов*, сокращение выбросов в атмосферу предприятий теплоэнергетики, вынос за границу городской черты ряда промышленных объектов повышенной опасности загрязнения воздушного бассейна; *развитие и реконструкция систем внутригородского и внешнего пригородного озеленения* с созданием экологического каркаса.

Этот комплекс планировочных и инженерно-технических мер позволит обеспечить снижение уровней экологического риска до допустимых значений и повышение экологической безопасности городской среды обитания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бугаевский Л.М. Геоинформационные системы / Л.М. Бугаевский, В.Я. Цветков. – М. : Златоуст, 2000. – 222 с.
2. Габдуллина Л.А. Научно-методические аспекты разработки и использования ГИС для геоэкологической оценки территории : на примере Ижевска : дис. ... канд. геогр. наук. : 25.00.36 / Габдуллина Любовь Александровна. – Ижевск, 2007. – 166 с.
3. 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.
4. Затыгалова В.В. Мониторинг нефтяных загрязнений в море с помощью ГИС-технологии [Электронный ресурс] / В.В. Затыгалова, А.Ю. Иванов // Материалы 8-ой Всероссийской научно-практ.

конф. «Геоинформатика в нефтегазовой и горной отраслях». – 2007.
– Режим доступа: <http://gisa.ru/35856.html>.

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. Касимов Н.С. Геохимия ландшафтов Восточной Москвы / Н.С. Касимов, Д.В. Власов, Н.Е. Кошелева, Е.М. Никифорова. – М.: АПР, 2016. – 276 с.

7. Кириллов С.Н. Комплексная геоэкологическая оценка территории Волгограда / С.Н. Кириллов, Ю.С. Половинкина // Вестник Волгоградского гос. университета. Серия 3: Экономика. Экология. – 2011. – № 1. – Т. 3. – С. 239-245.

8. Кошкарев А.В. Геоинформатика / А.В. Кошкарев, В.С. Тикунов. – М. : Картгеоцентр Геодезиздат, 1993. – 213 с.

9. Крючков А.Н. Геоэкологический мониторинг промышленного центра с использованием дистанционных методов и ГИС-технологий : дис. ... канд. геогр. наук. : 25.00.36 / Крючков Андрей Николаевич. – СПб., 2012. – 184 с.

10. Куролап С.А. Геоинформационное обеспечение региональной системы медико-экологического мониторинга / С.А. Куролап, О.В. Клепиков, П.М. Виноградов, В.А. Гриценко // Балтийский регион. – 2016. – Т.8. – №.4 – С.146 – 167.

11. Лурье И.К. Геоинформационное картографирование / И.К. Лурье. – М. : МГУ им. М.В. Ломоносова, 2010. – 423 с.

12. Мазуров С.Ф. Комплексное геоинформационное картографирование административных и хозяйственных территорий и их структур (на примере Байкальского региона) : дис. ... канд. технич. наук : 25.00.33 / Мазуров Сергей Федорович. – Новосибирск, 2014. – 99 с.

13. Моисеев Д.В. Использование ГИС при проведении экологического мониторинга на шельфе Баренцева моря / Д.В. Моисеев // Нефть и газ арктического шельфа-2004 : Материалы межд. конф. (Мурманск). – Мурманск, 2004. – С. 205-207.

14. Николаева О.Н. Опыт применения ГИС в экологическом картографировании окружающей среды промышленного центра / О.Н. Николаева, Л.А. Ромашова, О.А. Волкова // ИнтерКарто/ИнтерГИС-17. Устойчивое развитие территорий : теория ГИС и практический опыт. Материалы межд. науч. конф. – 2011. – С. 270-272.

15. Регионы и города России: интегральная оценка экологического состояния / Под ред. Н.С. Касимова. М. : ИП Филимонов М.В., 2014. – 560 с.

16. Тигеев А.А. Структура региональной экологической ГИС Тюменской области / А.А. Тигеев // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. – 2009. – № 10. – С. 210-213.

17. Тикунов В.С. Интегральная оценка и картографирование экологической ситуации в регионах Российской Федерации / В.С. Тикунов, О.Ю. Черешня // Геодезия и картография. – 2017. – Т.78. - №6. – С. 6 – 16.

18. Ямашкин А.А. Геоэкологический анализ хозяйственного освоения ландшафтов Мордовии / А.А. Ямашкин. – Саранск : Изд-во Мордов. университета, 2001. – 232 с.

РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ГОРОДА

О.В. Клепиков, С.А. Куропан, Н.П. Мамчик

Многочисленными зарубежными и отечественными исследованиями показаны связи между состоянием здоровья населения городов и уровнем загрязнения среды обитания [1-7].

Решение задачи по оценке состояния окружающей среды для обоснования мероприятий по обеспечению гигиенической безопасности населения базируется на сочетании различных методических подходов. В частности, в Федеральном научном центре гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана разработана и апробирована методика расчёта комплексных характеристик состояния объектов среды обитания (атмосферного воздуха, воды, почвы и др.), при определении которых используются отечественные гигиенические нормативы (ПДК, ПДУ) [8]. Широко применяются алгоритмы гигиенического ранжирования факторов и территорий по уровням санитарно-эпидемиологического благополучия [9]. В социально-гигиеническом мониторинге накоплен значительный опыт применения методологии оценки риска для здоровья населения, обусловленного воздействием неблагоприятных факторов [10, 11].

Несмотря на то, что для промышленных городов накоплен значительный опыт таких исследований, проблема оценки качества окружающей среды не теряет своей значимости и актуальности, поскольку для каждого из мегаполисов характерны свои региональные особенности [12, 13].

Промышленно развитый город Воронеж с населением около 1 млн. человек является вполне репрезентативным объектом исследования.

Интегральная эколого-гигиеническая оценка территории Воронежа, проведённая ранее, позволила выявить ряд региональных особенностей, заключающихся в формировании локальных внутригородских зон повышенного риска для здоровья, обусловленных концентрацией промышленного производства и автотранспортной загруженностью [14]. При этом обращено внимание на ведущий вклад загрязнения атмосферного воздуха в формирование комплексной техногенной нагрузки в городе, при преобладании объёма выбросов загрязняющих веществ от автотранспорта по отношению к промышленным источникам [15]. С автотранспортной загруженностью города связывают повышенный риск здоровью от воздействия шумового фактора [16]. Однако единых исследований, сочетающих в себе применение нескольких методик оценки техногенной нагрузки и риска для здоровья населения города, не проводилось.

Целью исследования являлся комплексный анализ состояния окружающей среды промышленно развитого города Воронежа для обоснования мероприятий по охране окружающей среды и профилактике заболеваемости населения.

Для достижения цели решались следующие основные задачи:

1) провести комплексную эколого-гигиеническую оценку состояния среды обитания населения промышленно развитого города и выявить территории риска по уровню антропогенной нагрузки;

2) оценить вклад неблагоприятных факторов окружающей среды в формирование уровня техногенной нагрузки территории;

3) количественно оценить риск для здоровья населения, обусловленный воздействием неблагоприятных факторов городской среды обитания.

Материал и методы. В исследовании использованы базы данных регионального информационного фонда социально-гигиенического мониторинга (РИФ СГМ), осуществляющегося на

базе Федерального государственного учреждения здравоохранения «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области» по разделу «Окружающая среда» за последние 5 лет (2013-2017 гг.).

Расчёт комплексных характеристик оценки состояния объектов окружающей среды (атмосферного воздуха селитебной территории, питьевой воды, почвы) проведён по методическим указаниям Федерального научного центра гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана «Комплексное определение антропогенной нагрузки на водные объекты, почву, атмосферный воздух в районах селитебного освоения», опубликованным в открытой печати [9].

При этом сущность комплексной количественной гигиенической оценки антропогенной нагрузки на окружающую среду ($KН = [K_{\text{воздуха}} + K_{\text{воды}} + K_{\text{почвы}} + K_{\text{шума}}]$) заключается в сумме пофакторных оценок ($K_{\text{воздуха}}, K_{\text{воды}}, K_{\text{почвы}}, K_{\text{шума}}$), получаемых на основе сопоставления фактических данных качества окружающей среды с соответствующими гигиеническими нормативами (ПДК или ПДУ) [8].

Известно, что каждому из методов присущи свои преимущества и недостатки, а достоверные выводы могут быть получены на основе сочетания использования нескольких методических приёмов. В этой связи нами также использованы основные положения Руководства по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду (Р 2.1.10.1920-04) и МР 2.1.10.0059-12 «Оценка риска здоровью населения от воздействия транспортного шума» [19, 20].

Результаты. На первом этапе проведена *идентификация опасности*, оценка надёжности и неопределённостей имеющейся информации по контролю качества окружающей среды города.

На территории города Воронежа в последние 5 лет Центром гигиены и эпидемиологии в Воронежской области определены постоянные контрольные точки оценки воздействия факторов риска для здоровья населения. Систематический контроль в рамках действующей системы социально-гигиенического мониторинга осуществляется в пяти контрольных точках (маршрутных постах) с отбором проб и определением среднесуточных концентраций 14-ти приоритетных загрязнителей атмосферного воздуха (азота диоксида, взвешенных веществ, серы диоксида, углерода оксида, формальдегида, гидроксibenзола (фенола), свинца, меди оксида, проп-2-ен-1-аля (акролеина), озона, этенилбензола (стирола), хрома⁺⁶, сажи и марганца).

Местоположение контрольных точек отбора проб атмосферного воздуха на территории жилой застройки обосновывалось в зависимости от решаемых задач. Контрольная точка № 1 (ул. Дарвина, 1) служит для фонового мониторинга, удалена от ведущих промышленных источников от 5 до 16 км, от исторического центра города - на 6 км. К этому району с двух сторон примыкает лесопарковая зона, автотранспортная загруженность наименьшая. По объективным данным лабораторного контроля в точке № 1 район отнесён к относительно благополучной территории. Контрольные точки № 2 (Московский проспект, 36) и № 3 (ул. 20-летия Октября, 94) выбраны для получения данных об уровне загрязнения атмосферного воздуха на самых загруженных автотранспортом уличных транзитных магистралях. Контрольная точка № 4 (ул. Матросова, 6) характеризуется воздействием как автотранспорта, так и промышленных источников. Контрольная точка № 5 (ул. Героев Стратосферы, 8) характеризуется близостью к трём наиболее значительным промышленным источникам загрязнения атмосферного воздуха - ТЭЦ-1 (Вогрэс), производству синтетического каучука (АО «Воронежсинтезкаучук»), авиазаводу (ПАО «Воронежское акционерное самолётостроительное общество»). Удаление от промплощадок предприятий составляет 1-3 км.

Качество питьевой воды контролируется в 18-ти точках разводящей водопроводной сети. Определяются приоритетные для региона санитарно-химические показатели: содержание бора, марганца, нитратов, нитритов, аммиака, фторидов, общая жёсткость, а также микробиологические показатели.

В 21-й мониторинговой точке осуществляется контроль показателей санитарно-эпидемиологической безопасности почвы на территориях детских образовательных учреждений, селитебных и рекреационных зон [18].

Можно долго дискутировать о надёжности и репрезентативности имеющихся данных о состоянии окружающей среды, но мы обратим внимание на положительные и отрицательные аспекты в организации системы мониторинга городской среды.

Переход на определение среднесуточных концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе (с 2012 г.), несомненно, повысил достоверность данных об уровнях экспозиции по отношению к ранее определяемым максимально разовым концентрациям. Ежегодно проводится не менее 20 определений среднесуточ-

ных концентраций в каждой контрольной точке. Дискуссионным остается вопрос достаточности пяти точек контроля, хотя их местоположение отвечает задачам оценки ситуации при различных условиях. В жилебной зоне наиболее промышленно-развитого района (Левобережного) расположена 1 точка, на территориях жилой застройки, через которые проходят наибольшие автотранспортные потоки - 3 точки, и на относительно благополучной по уровню аэротехногенного загрязнения территории, обеспечивающей своеобразный фоновый мониторинг, - 1 точка.

Месторасположение контрольных точек разводящей водопроводной сети практически полностью охватывает доминирующие территории подачи воды от той или иной из семи водоподъёмных станций системы централизованного водоснабжения города (город использует только подземные водоисточники). Периодичность контроля - ежеквартальная.

Контрольные точки мониторинга уровня загрязнения почвы в своей основной массе - это территории детских образовательных организаций (14 точек из 21), т.к. для детей не исключено случайное пероральное поступление почвы. Контроль показателей в каждой точке - не менее двух раз в год.

Перечень контролируемых показателей обоснован исходя из территориальных особенностей, а также с учётом ведущих критериев выбора приоритетных (индикаторных) загрязняющих веществ в соответствии с Р 2.1.10.1920-04 [11].

В последние 2 года в связи с актуальностью проблемы оценки риска для здоровья от воздействия автотранспортного шума было увеличено число постоянных контрольных точек измерения уровня звука с четырёх (2013-2015 гг.) до 16-ти (2016-2017 гг.) и принято решение о реализации программы наблюдений, предусматривающей измерения уровней дневного, вечернего и ночного шума [17].

Принцип выбора точек состоял в учёте воздействия автотранспортной нагрузки разной интенсивности (от шести до двух полос движения, наличие или отсутствие перекрёстка). Две контрольные точки - ул. Володарского, 39 и ул. Вешних вод, 28 - служили фоновыми, расположены в квартале малоэтажной застройки и в частном жилом секторе. Улицы не транзитные. Постоянного транспортного потока на этих улицах нет даже в «часы пик».

Измерения уровня шума во всех точках проводились на границе территории жилой застройки со стороны уличной автомагистра-

ли. Расстояние от края проезжей части до жилого дома составляло от 15 до 40 метров. Такие относительно небольшие расстояния сложились ввиду исторической застройки города в 50-80-е годы прошлого века и вынужденного расширения проезжей части на некоторых улицах в последнее десятилетие.

Оценка экспозиции по имеющейся за 2013-2017 гг. информации показала, что периодически отмечались превышения ПДК_{с.с.} по содержанию семи из 14 контролируемых веществ: диоксида азота, диоксида серы, оксида углерода, фенола, формальдегида, стирола, озона. Кратность превышения ПДК_{с.с.} по содержанию веществ в атмосферном воздухе составила от 1,1 и до 5,3 раз. Превышение ПДК_{с.с.} более пяти раз отмечалось только в 2016 г. по стиrolу; источником стало производство синтетического каучука. Превышения ПДК_{с.с.} зарегистрированы во всех пяти мониторинговых точках, однако частота и уровни превышений различны. Ежегодный удельный вес проб воздуха, несоответствующих нормативам, по отдельным загрязнителям варьировал от 1 до 20%, в целом по всем веществам - от 1,6 до 3,5%.

В трёх из 18 мониторинговых точек контроля качества питьевой воды в разводящей сети системы централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения периодически регистрировалось несоответствие качества воды гигиеническим нормативам по содержанию железа от 1,1 до 3,2 ПДК и марганца от 1,1 до 2,1 ПДК. По другим санитарно-химическим показателям и показателям микробиологической безопасности питьевая вода соответствовала нормативам.

Ежегодный удельный вес проб почвы, не соответствующих гигиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям, в селитебной зоне варьирует от 5,6 до 23,4%, по микробиологическим показателям - от 1,5 до 5,2%, по паразитологическим показателям - от 0,8 до 2,1%. Воронеж отнесён к территории риска по содержанию свинца, цинка, бенз(а)пирена (по фактам превышения ПДК), а также по микробиологическим и паразитологическим показателям. Превышения отдельных нормативов отмечались в 6 из 21 контрольных точек.

Результаты мониторинга уровня шума на автотранспортных магистралях свидетельствовали о наличии превышений ПДУ как в дневное, так и в ночное время и о стойком ежегодном увеличении

общей доли результатов измерений, не отвечающих нормативам, от 21,2% в 2013 г. до 77,1% в 2017 г. [4].

Для комплексной гигиенической оценки состояния объектов среды обитания нами по контрольным точкам были рассчитаны средние за 5 лет концентрации загрязняющих веществ в объектах окружающей среды и уровни шума, была проведена условная группировка данных по трём видам внутригородских территорий:

- 1) с преимущественным преобладанием промышленного сектора;
- 2) с наибольшими автотранспортными потоками и относительно благополучной территории, не имеющей транзитных городских магистралей, удаленной от промышленных предприятий;
- 3) с преимущественной долей жилого сектора.

Мы понимаем, что такая классификация при мультифакторном воздействии на человека техногенно изменённой городской окружающей среды достаточно условна и несёт в себе много неопределённостей, но для решения общей задачи определения ведущего вклада того или иного объекта городской среды обитания (воздуха, воды, почвы) в показатель комплексной антропогенной нагрузки вполне приемлема.

Исходя из рассчитанных для территорий средних арифметических значений показателей (табл. 1), нами определены комплексные коэффициенты, характеризующие состояние отдельных объектов среды обитания ($K_{\text{возд.}}$, $K_{\text{воды}}$, $K_{\text{почвы}}$, $K_{\text{шума}}$).

В целом комплексная антропогенная нагрузка на окружающую среду, характеризуемая величиной коэффициента КН, значительно выше на территориях с преимущественным негативным влиянием промышленного сектора ($КН = 13,29$) и автотранспортных потоков ($КН = 14,65$) по отношению к относительно благополучной территории ($КН = 7,97$). Ведущий вклад в величину комплексной антропогенной нагрузки (КН) города вносит загрязнение атмосферного воздуха независимо от классификации территории: на территории с преимущественным преобладанием влияния промышленного сектора вклад загрязнения атмосферного воздуха в КН составляет 58,1%, на территориях с наибольшими автотранспортными потоками - 58,5%, на относительно благополучной территории - 33,0%.

Комплексные показатели качества питьевой воды по территориям города существенно не различаются: $K_{\text{воды}} = 1,78 \div 1,82$ еди-

ниц, что объясняется закольцованностью водопроводной сети и смешением вод из различных подземных водоисточников.

Прослеживается тенденция большего загрязнения почвы на территории с высокой автотранспортной нагрузкой ($K_{\text{почвы}} = 2,62$). Для этой же территории характерна максимальная величина воздействия шумового фактора ($K_{\text{шума}} = 1,68$).

Таблица 1

Комплексная антропогенная нагрузка (КН) на окружающую среду промышленного города Воронежа и вклад отдельных составляющих в её величину

Показатель	Отдельные составляющие КН				Коэффициент комплексной антропогенной нагрузки (КН)
	Атмосферный воздух (К _{возд.})	Питьевая вода (К _{воды})	Почва (К _{почвы})	Шум (К _{шума})	
Территория с преимущественным преобладанием промышленного сектора:					
Суммарный показатель нагрузки, ед., безразмерный	7,72	1,82	2,53	1,22	13,29
Вклад в величину (КН), %	58,1	13,7	19,0	9,2	100,0
Территория с наибольшими автотранспортными потоками:					
Суммарный показатель нагрузки, ед., безразмерный	8,57	1,78	2,62	1,68	14,65
Вклад в величину (КН), %	58,5	12,1	17,9	11,5	100,0
Относительно благополучная территория, не имеющая транзитных городских магистралей, удалённая от промышленных предприятий, с преимущественной долей жилого сектора:					
Суммарный показатель нагрузки, ед., безразмерный	2,63	1,81	2,48	1,05	7,97
Вклад в величину (КН), %	33,0	22,7	31,1	13,2	100,0

Однако использование и анализ комплексных характеристик состояния окружающей среды не дают ответа на вопрос: какие именно конкретные факторы обуславливают неприемлемый риск для здоровья населения? В этой связи необходима *количественная характеристика риска*.

Последующее применение методологии оценки риска для здоровья населения подтвердило неблагоприятность ситуации на территориях с высокой автотранспортной и промышленной нагрузкой, обусловленную воздействием аэротехногенного фактора.

По уровню канцерогенной опасности наиболее неблагоприятная ситуация складывается в промышленном районе расположения мониторинговой точки контроля вблизи самолётостроительного завода и предприятия по производству синтетического каучука, где отмечены высокие уровни суммарного индивидуального канцерогенного риска (хром⁺⁶, сажа, акролеин, формальдегид), составляющие более $1 \cdot 10^{-4}$, но менее $1 \cdot 10^{-3}$, что классифицируется как опасный риск, приемлемый для профессиональных групп и неприемлемый для населения в целом, требующий разработки и проведения плановых профилактических мероприятий. Наиболее высокие значения неканцерогенного риска ($HQ > 1$) отмечены также в этой же точке контроля. Приемлемый уровень неканцерогенного риска ($HQ=1$) на промышленной территории был превышен по 4 из 14 контролируемых веществ: акролеин, диоксид азота, меди оксид, хром⁺⁶. При оценке однонаправленного воздействия веществ установлено, что неприемлемый уровень неканцерогенного риска ($HI > 1$) характерен для развития патологий органов дыхания, сердечно-сосудистой системы, кроветворной системы (кровь) и эндокринной системы.

Нами обращено внимание, что по результатам оценок на основе отечественной системы нормирования по ПДК_{с.с.} загрязняющих веществ в воздухе населённых мест и на основе референтных концентраций для хронического ингаляционного воздействия (RfC), используемых в методологии оценки риска для здоровья, возникли разногласия по интерпретации опасности воздействия хрома⁺⁶, оксида меди, акролеина, что связано со значительным различием ПДК_{с.с.} и RfC : референтные концентрации для хронического воздействия хрома⁺⁶ в 15 раз ниже ПДК_{с.с.}, оксида меди - в 100 раз, акролеина - в 500 раз. В этой связи необходимо провести работу по синхронизации значений ПДК по данным веществам с референтными концентрациями для нормативно-методических документов.

Величина неканцерогенного риска, обусловленного показателями качества питьевой воды, находится на приемлемом уровне ($HQ < 1$, $HI < 1$), что показал расчёт вероятных доз поступления химических веществ и сравнение их с референтными.

Расчёты суммарного индивидуального канцергенного риска от воздействия канцерогенных веществ - бенз(а)пирена, кадмия, мышьяка, свинца, содержащихся в почве селитебной территории города Воронежа, показали, что уровни индивидуального канцерогенного риска для детского населения (6 лет) относятся к первому диапазону рисков (равный и меньше $1 \cdot 10^{-6}$) и определены как пренебрежимо малые, не требующие принятия мер по их снижению, подлежащие периодическому контролю.

Рассчитанные величины коэффициентов опасности неканцерогенного риска (HQ) составили показатели от минимального значения $5,07 \cdot 10^{-9}$ до максимального $2,05 \cdot 10^{-5}$. Эти величины можно охарактеризовать как допустимые, не требующие принятия мер по управлению риском (HQ значительно меньше 1). Индексы опасности (HI) при однонаправленном воздействии на нейроэндокринную, сердечно-сосудистую, иммунную, периферическую нервную, центральную нервную, репродуктивную системы, кровь, почки, печень, желудочно-кишечный тракт, на процессы развития и биохимические процессы в организме также ниже допустимого значения ($HI < 1$).

Следует отметить, что в выбранном алгоритме оценки риска здоровью населения, обусловленного загрязнением почвы селитебной территории, как и в любом исследовании, есть допущения и неопределённости. Основные неопределённости обусловлены неполнотой информации на стадии идентификации опасности, связанной с отбором проб почвы в 21-ой мониторинговой точке на достаточно большой площади территории города; на стадии оценки экспозиции, в частности, с применением стандартных величин, таких как усреднённая масса тела ребенка, с выбранным ежедневным объемом (200 мг) случайного поступления почвы в организм ребенка пероральным путем без учёта его индивидуальных особенностей. Вместе с тем, такие допущения в соответствии Руководством по оценке риска Р.2.1.10.1920-04 являются возможными и широко применяются в практических исследованиях.

Согласно данным, полученным в ходе мониторинга за шумовым воздействием на территории жилой застройки города Воронежа, значения эквивалентных уровней звука ($L_{Aэкв}$) в дневное время лежали в интервале от 28 до 87 дБА, в ночное время - от 27 до 71 дБА; значения максимальных уровней звука ($L_{Aмакс.}$) составляли соответственно от 32 до 97 дБА и от 32 до 82 дБА. Практически во всех 16 мониторинговых точках, за исключением двух, в разрезе

времени суток (дневной, вечерний и ночной шумы) как по эквивалентному, так и по максимальному уровню звука были отмечены факты превышения ПДУ шума для территории жилой застройки.

По результатам оценки риска для здоровья населения от воздействия шумового фактора установлено, что наиболее высокие показатели риска для здоровья от воздействия транспортного шума характерны для заболеваний сердечно-сосудистой системы.

В частности, в десяти из 16 мониторинговых точек для продолжительности времени воздействия в 50, 55, 60, 65, 70 лет уровень риска для заболеваний сердечно-сосудистой системы оценивается как экстремальный (величины составляют от 0,607 до 1).

При этом, в семи мониторинговых точках (Московский проспект, 38; Московский проспект, 82; ул. 20 лет Октября, 94; ул. Ворошилова, 49; ул. 60 Армии, 27; ул. Космонавтов, 60; ул. Кольцовская, 52) риск достигает максимальной величины (рис. 1).

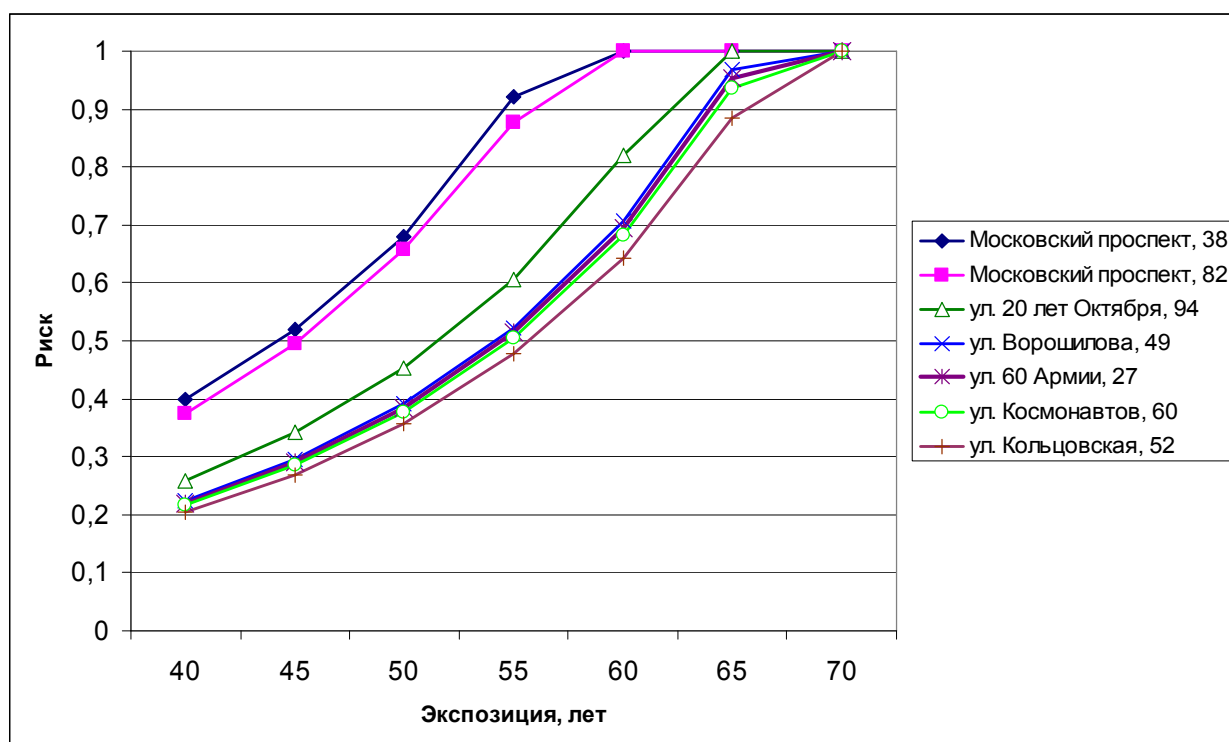


Рис. 1. Риск развития заболеваний сердечно-сосудистой системы под воздействием автотранспортного шума по данным 2013-2017 гг. в наиболее неблагоприятных мониторинговых точках

Риск возникновения заболеваний нервной системы под воздействием автотранспортного шума в двух наиболее неблагоприятных контрольных точках составляет 0,053 до 0,059 единиц для 65 и 70 лет воздействия и оценивается как средний. В других мониторинговых

точках риск возникновения заболеваний нервной системы оценивается как низкий. Максимальное значение риска возникновения заболеваний органов слуха под воздействием транспортного шума составляет 0,039 (для 70 лет воздействия) и расценивается как низкое.

Мы говорим об уличном автотранспортном шуме. Конечно, непосредственно в жилом помещении уровень звука значительно снижается. Но не стоит недооценивать ситуацию. Для жилого помещения Законодательством РФ установлена предельная норма 55 дБА в дневное время и 45 дБА в ночное время. В последнее время возрастает количество жалоб от населения на воздействие именно автотранспортного шума [4]. Кроме того, в соответствии с п. 3.3 СН 2.2.4/2.1.8.562 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданиях и на территории жилой застройки» соблюдение ПДУ шума не исключает нарушения здоровья у сверхчувствительных лиц.

Обсуждение. Полученные нами результаты в целом согласуются с данными других региональных исследований. В частности, исследования по гигиенической оценке риска для здоровья детей, ассоциированного с вредным воздействием факторов среды обитания, также показали ведущую роль загрязнения атмосферного воздуха города в его формировании [21, 22]. Заболеваемость детей, проживающих на внутригородских территориях с более высоким уровнем аэротехногенной нагрузки, достоверно выше, чем в относительно благополучных микрорайонах [23]. Загрязнение атмосферного воздуха на локальных территориях рассматривается как угроза безопасности жизнедеятельности населения [24, 25, 26]. Результаты оценки шумового фактора города также свидетельствуют об имеющей место эколого-гигиенической проблеме [27].

Следует отметить, что исследования по комплексной гигиенической оценке состояния здоровья населения и факторов среды обитания в настоящее время становятся актуальными не только для городов-миллионников, но и для малых городов и поселений сельского типа. Примером могут служить исследования, проведённые в Саранске, в которых показано, что его население подвергается воздействию комплекса антропогенных факторов окружающей среды [28]. Причинно-следственные связи между уровнем заболеваемости детского населения и факторами среды обитания выявлены по результатам комплексной гигиенической оценки медико-экологической ситуации также и в Кемеровской области [29].

Интересным является факт, что из тридцати городов Российской Федерации, включённых в исследование по комплексной оценке антропогенной нагрузки на городскую территорию крупнейших промышленных городов по аналогично применённой нами методике с расчётом коэффициента КН (величины комплексной антропогенной нагрузки), по результатам ранжирования город Воронеж занимает промежуточное (девятнадцатое) место, но, вместе с тем, ситуация классифицируется как «напряжённая» [30].

Заключение. Установлено, что из числа анализируемых факторов (загрязнение атмосферного воздуха, качество питьевой воды, загрязнение почвы селитебной территории, автотранспортный шум) на основе комплексной гигиенической оценки определён ведущий вклад аэротехногенного фактора в формирование уровня техногенной нагрузки на городской территории. Оценка риска для здоровья населения показала приоритетность неблагоприятного воздействия на горожан загрязнения атмосферного воздуха и автотранспортного шума.

В отличие от более ранних региональных работ, в выполненном исследовании использовано сочетание оценок на основе разных подходов - отечественных гигиенических нормативов с расчётом комплексных показателей техногенной нагрузки и методических подходов оценки риска от воздействия факторов химической (загрязнение) и физической (шум) природы.

Обращено внимание на проблему и необходимость синхронизации ПДК_{с.с.} и референтных концентраций для отдельных загрязнителей воздушной среды.

Для Воронежа на первый план первичной профилактики заболеваемости и снижения риска для здоровья населения выходят мероприятия по охране атмосферного воздуха от загрязнения и необходимость улучшения шумового режима на уличных магистралях.

Для улучшения шумового режима на уличных магистралях перспективно проектирование и строительство скоростных автомобильных дорог, предназначенных для связи удалённых друг от друга районов города. Причём при проектировании общегородской системы скоростных автомобильных дорог снижение вредного воздействия магистралей на жилые районы и рекреационные территории должно достигаться за счёт их размещения в санитарно-защитных зонах предприятий, на нарушенных и неудобных землях, в зонах малоэтажной застройки (с установкой шумозащитных экранов). На практике не всегда удается реализовать этот принцип. В

этой связи при формировании новой застройки и удалении ветхого жилого фонда перспективно применение вдоль магистралей жилых зданий специальных типов, выполняющих роль шумозащитных экранов, со специальной планировкой квартир, в которых подсобные помещения, кухни и лестничные клетки (т. е. помещения, которые не предназначены для отдыха людей) обращены в сторону шумной магистрали.

Выявленные проблемы необходимо решать в контексте общего развития города в комплексе с другими градостроительными проектными решениями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Damstra T., Barlow S., Bergman A., Kavlock R., Kraak G. Global Assessment on the State of the Science of Endocrine Disruptors. - Geneva: World Health Organization; 2002.

2. Kjellstrom T., Friel S., Dixon J., Corvalan C., Rehfuss E. Urban Environmental Health Hazards and Health Equity. - J Urban Health. 2007, May; 84 (Suppl 1): 86–97.

3. Bai X., Nath I., Capon A., Hasan D., Jaron D. Health and well-being in the changing urban environment: complex challenges, scientific responses, and the way forward. Current Opinion in Environmental Sustainability. - V. 4, Issue 4, October 2012, - p. 465-472.

4. Maji K.J., Dikshit A.K., Deshpande A., Speldewinde P.C. Human health risk assessment due to air pollution in 10 urban cities in Maharashtra, India // Cogent Environmental Science. - V. 2. - 2016. - Issue 1.

5. Ярыгина М.В. Социально-гигиенический анализ экологозависимой заболеваемости населения как ведущий фактор системного подхода к оценке состояния популяционного здоровья (на примере Приморского края) / М.В. Ярыгина, П.Ф. Кику, Т.В. Горборукова // Общественное здоровье и здравоохранение. - 2014. - С. 4-11.

6. Заводова Е.И. Комплексная гигиеническая оценка состояния здоровья населения и факторов среды обитания / Е.И. Заводова, О.Ф. Оськина // Санитарный врач. - 2015. - № 4. - С. 43-46.

7. Экология человека и профилактическая медицина / И.Б. Ушаков и др. – Воронеж: ИПФ «Воронеж», 2001 – 488 с.

8. Винокур И.Л. Комплексный показатель гигиенической характеристики окружающей среды / И.Л. Винокур, О.В. Бобылёва // Международный научно-исследовательский журнал. - 2015. - № 3-4 (34). - С. 72-73.

9. Потапов А.И. Здоровье населения и проблемы гигиенической безопасности / А.И. Потапов, И.Л. Винокур, Р.С. Гильденскильд – М.: ИНФРА-М, 2006. – 304 с.

10. Онищенко Г.Г. Анализ риска здоровью в задачах совершенствования санитарно-эпидемиологического надзора в Российской Федерации/ Г.Г. Онищенко, А.Ю. Попова, Н.В. Зайцева, И.В. Май, П.З. Шур // Анализ риска здоровью. - 2014. - № 2. - С. 4-13.

11. Рахманин Ю.А. Совершенствование системы социально-гигиенического мониторинга территорий крупных городов / Ю.А. Рахманин, А.В. Леванчук, О.И. Копытенкова // Гигиена и санитария. - 2017. - Т. 96. - № 4. - С. 298-301.

12. Савельев С.И. Развитие социально-гигиенического мониторинга на региональном уровне / С.И. Савельев, Г.М. Трухина, В.А. Бондарев, Н.В. Нахичеванская // Гигиена и санитария. - 2016. - Т. 95. - № 11. - С. 1033-1036.

13. Малых О.Л. Интегрированная система управления риском для здоровья населения на региональном и муниципальном уровнях / О.Л. Малых, Н.И. Кочнева, Б.И. Никонов, А.А. Шевчик, Т.М. Цепилова // Гигиена и санитария. - 2017. - Т. 96. - № 12. - С. 1136-1140.

14. Никифорова Е.А. Комплексная гигиеническая оценка состояния среды обитания и здоровья населения промышленного узла города Сыктывкара / Е.А. Никифорова // Здоровье населения и среда обитания. - 2011. - № 2. - С. 10-12.

15. 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.

16. Мячина О.В. Комплексная оценка состояния окружающей среды и риска для здоровья населения промышленного города / О.В. Мячина, О.В. Клепиков // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. - 2017. - № 1. - С. 100-107.

17. Ушаков И.Б. Воздействие городского автотранспортного шум с оценкой риска здоровью населения / И.Б. Ушаков, О.В. Клепиков, В.И. Попов, Н.Ю. Самодурова // Гигиена и санитария - 2017. - Т.96. - №9. - С. 904-909.

18. Доклад о состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия в городском округе город Воронеж в 2017 году – Воронеж: Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты

прав потребителей и благополучия человека по Воронежской области, 2018. – 126 с.

19. 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.

20. МР 2.1.10.0059-12. «Состояние здоровья населения в связи с состоянием окружающей среды и условиями проживания населения. Оценка риска здоровью населения от воздействия транспортного шума. Методические рекомендации» (утв. Роспотребнадзором 23.03.2012) [электронный ресурс] (<http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc; base=EXP;n=527996#0>).

21. Пичужкина Н.М. Гигиеническая оценка риска для здоровья детей, ассоциированного с вредным воздействием факторов среды обитания / Н.М. Пичужкина, М.И. Чубирко, Е.В. Михалькова // Научно-медицинский вестник Центрального Черноземья. - 2018. - № 73. - С. 113-115.

22. Бережнова Т.А. Приоритетные факторы риска среды обитания / Т.А. Бережнова, Н.П. Мамчик // Здоровоохранение Российской Федерации. - 2011. - № 4. - С. 14-15.

23. Пичужкина Н.М. Заболеваемость детей проживающих на территориях с разным уровнем аэрогенной нагрузки / Н.М. Пичужкина, М.И. Чубирко, О.В. Мячина // Национальная Ассоциация Ученых. - 2015. - № 5-4 (10). - С. 74-76.

24. Самодурова Н.Ю. Ранжирование территории воронежской области по комплексным характеристикам техногенной нагрузки на атмосферный воздух / Н.Ю. Самодурова, Н.П. Мамчик // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. - 2017. - № 1. - С. 113-117.

25. Бережнова Т.А. Загрязнение атмосферного воздуха как угроза безопасности жизнедеятельности населения / Т.А. Бережнова, Н.П. Мамчик, О.В. Клепиков // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. - 2011. - Т. 10. - № 1. - С. 37-39.

26. Чубирко М.И. Гигиеническая оценка качества атмосферного воздуха / М.И. Чубирко, Н.Е. Савенкова, Н.В. Овсянникова // Научно-медицинский вестник Центрального Черноземья. – 2014. - № 57. - С. 75-78.

27. Чубирко М.И. Гигиеническая оценка шумового фактора крупного города / М.И. Чубирко, Ю.И. Степкин, О.В. Середенко // Гигиена и санитария. - 2015. - Т. 94. - № 9. - С. 37-38.

28. Заводова Е.И. Комплексная гигиеническая оценка состояния здоровья населения и факторов среды обитания / Е.И. Заводова, О.Ф. Оськина // Санитарный врач. - 2015. - №4. - С.43-46.

29. Коськина Е.В. Комплексная гигиеническая оценка медико-экологической ситуации в Кемеровской области / Е.В. Коськина, Л.А. Глебова, Л.В. Попкова // Здоровье населения и среда обитания. - 2014. - № 7 (256). - С. 10-13.

30. Помеляйко И.С. Комплексная антропогенная нагрузка на городскую территорию ряда крупных промышленных городов и курортов Федерального значения России / И.С. Помеляйко, В.И. Помеляйко // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. - 2016. - № 1. - С. 47-54.

ОЦЕНКА ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУШНОГО БАССЕЙНА И МИКРОКЛИМАТИЧЕСКОЙ КОМФОРТНОСТИ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

***С.А. Куропан, И.В. Попова, Д.В. Сарычев,
О.В. Клепиков, П.М. Виноградов***

Анализ состояния воздушного бассейна в условиях интенсивного техногенного загрязнения урбанизированной территории имеет приоритетное значение для оценки комфортности и экологической безопасности среды обитания. Нами рассмотрены различные аспекты состояния атмосферы города Воронежа для оценки механизмов формирования экологических рисков, связанных как с химическим загрязнением, так и с особенностями микроклиматических условий, играющих определенную роль в формировании комфортности городской среды обитания для жизнедеятельности населения.

Анализ и картографирование химического загрязнения воздушного бассейна города Воронежа

Лабораторный контроль качества воздушного бассейна осуществляют Воронежский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды; Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области, исходные данные которых послужили основой фор-

мирования баз данных для анализа и картографирования химического загрязнения атмосферы на территории города Воронежа (в период 2010-2018гг.).

Лабораторно-инструментальный контроль является составной частью общей системы государственного мониторинга окружающей среды и системы 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.

Наблюдения за уровнем загрязнения атмосферы в России осуществляют 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.



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

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

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 промплощадках предприятий и на границе санитарно-защитной зоны (СЗЗ). Ведомственными лабораториями могут проводиться и подфакельные исследования.

В целом результаты лабораторного контроля состояния загрязнения атмосферного воздуха, проведенного лабораторией ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области», свидетельствуют об увеличении удельного веса проб атмосферного воздуха, не отвечающих гигиеническим нормативам с 1,4% в 2010 г. до 2,05% в 2018 г., в том числе на автомагистралях в зоне жилой застройки с 1,4% до 2,4%. В 2018 году кратность превышения ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе составила от 1,1 до 2,9 раз (в 2010 г. - от 1,1 до 4,8 раз).

Основной вклад в загрязнение воздушного бассейна (около 89%) вносят выбросы от автотранспорта. На территории города зарегистрировано более 350 тысяч единиц транспортных средств [1]. Из всего зарегистрированного автотранспорта практически три четверти автомобилей находится в эксплуатации более пяти лет. Основными составляющими загрязнения воздуха являются оксиды углерода, азота, серы, а также углеводороды, взвешенные вещества. Ранжирование загрязняющих веществ по удельному весу проб, не отвечающих гигиеническим нормативам, показало, что первое ранговое место в зоне влияния автомагистралей на жилую застройку занимал азота диоксид (8,5%); на втором месте - взвешенные вещества (6,7%), на третьем - серы диоксид (1,7%).

Вклад от стационарных источников в загрязнение атмосферного воздуха составляет около 11%. [1]. Значительный вклад в загрязнение атмосферы вносят предприятия теплоэнергетики (ТЭЦ-1, ТЭЦ-2, ООО «Новогор-Воронеж» и т.д), коммунального хозяйства (Правобережные очистные сооружения МУП города Воронежа «Водоканал Воронежа», ООО «Левобережные очистные сооруже-

ния)), химической промышленности (ООО «Воронежский шинный завод», ОАО «Воронежсинтезкаучук»), производства транспортных средств, машиностроения и оборудования (ОАО «ВАСО», ОАО «Тяжэкс», ФКА «Воронежский механический завод»).

Общее количество населения, проживающего в границах санитарно-защитных зон промышленных предприятий г. Воронежа, ежегодно сокращается, а территориальное распределение основных источников экологического риска вследствие загрязнения атмосферы показаны на рисунке 1.

В целом г. Воронеж отличается относительно низким потенциалом загрязнения воздушного бассейна и достаточной естественной аэрацией. Однако, имеются многочисленные рассредоточенные источники загрязнения атмосферы, что является следствием исторически сложившихся нескольких промышленно-производственных комплексов: левобережного, включающего ТЭЦ, заводы по производству синтетического каучука, шин для автомобилей, авиационной техники; правобережного, где расположены заводы преимущественно машиностроительного, радиотехнического и строительного профилей. Причина высокого загрязнения атмосферы города помимо загруженности автотранспортом кроется в низком качестве дорожного покрытия, недостаточном озеленении, близости жилой застройки к проезжей части, т.е. в недостаточном учете экологического фактора в целом.

Комплексная оценка качества атмосферного воздуха проведена с использованием интегрального индекса загрязнения атмосферы ($K_{атм}$), рассчитанного по формуле :

$$K_{атм} = \sum \left(\frac{C_1}{N_1 ПДКС_1} + \frac{C_2}{N_2 ПДКС_2} + \dots + \frac{C_n}{N_n ПДКС_n} \right)$$

где C_i – среднегодовая концентрация i -вещества; $ПДК_i$ – среднесуточная предельно допустимая концентрация C_i -вещества; $N_{1,2,n}$ – коэффициент (константа), величина которого зависит от класса опасности вещества: для I класса – 1; для II класса – 1,5; для III класса – 2; для IV класса – 4; n – число веществ.

Расчет $K_{атм}$ для г. Воронежа проведен по 6 приоритетным загрязняющим веществам, контролируемым санитарно-эпидемиологической службой: оксид углерода, диоксид серы, диоксид азота, формальдегид, фенол, пыль (рис. 2).

Анализ полученных данных позволил сделать следующие обобщения [2, 3]:

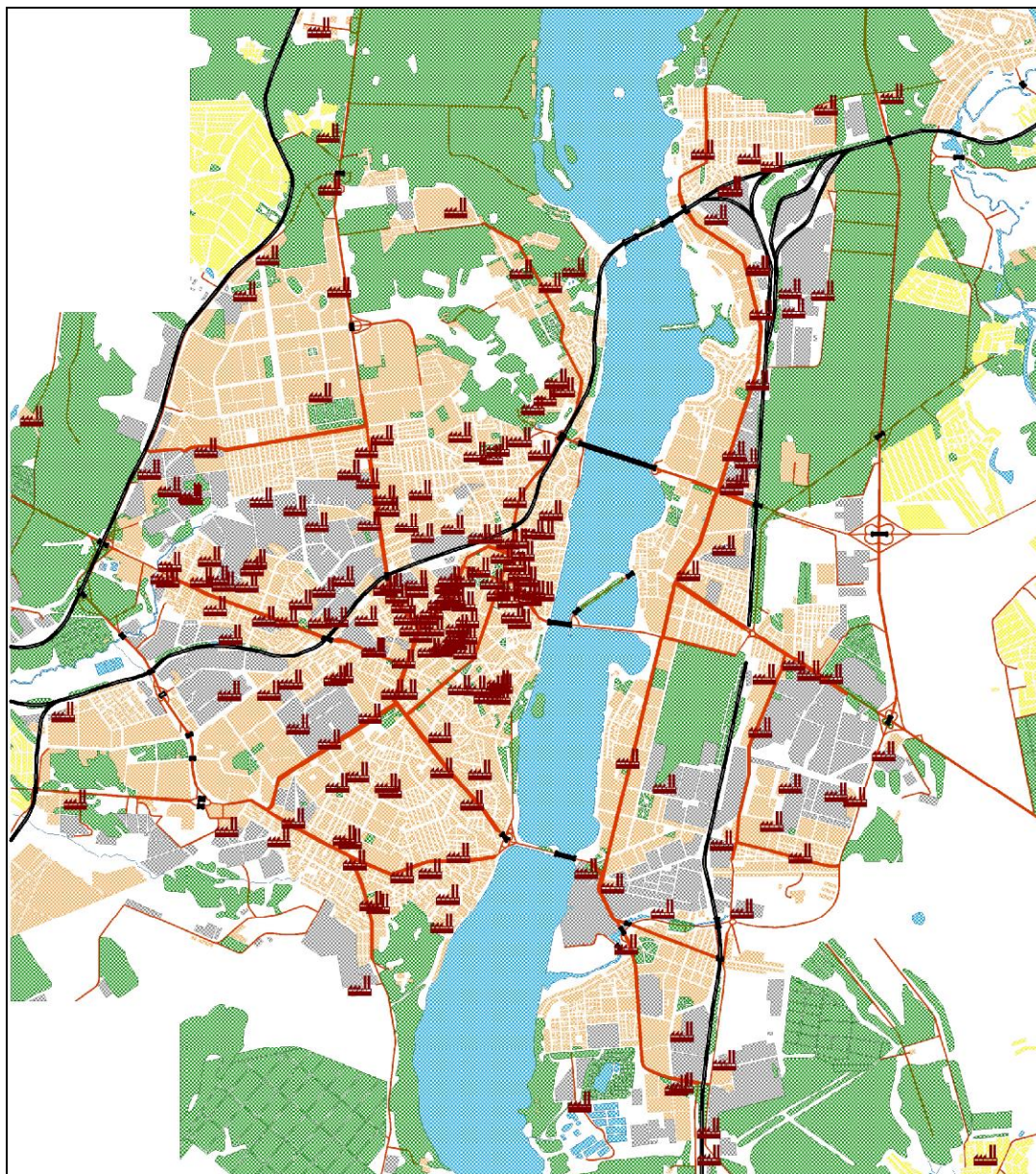


Рис.1. Схема размещения основных источников аэротехногенного экологического риска на территории города Воронежа



- промышленный объект

- **в зимний сезон** главный очаг аэрогенного загрязнения формируется на низменном левобережье вблизи ТЭЦ-1 и заводов ОАО «Воронежсинтезкаучук», ОАО «Амтел-Черноземье» с отходящим языком повышенного загрязнения в правобережную центральную зону города по Чернавскому мосту и ул. Степана Разина – ул. Манежная – ж/д вокзал – ул. Урицкого – Московский пр.; причем значительный вклад в загрязнение воздушного бассейна привносит диоксид серы не только в промышленных районах, но и за счет рассредоточенного загрязнения от многочисленных котельных в жилых микрорайонах;

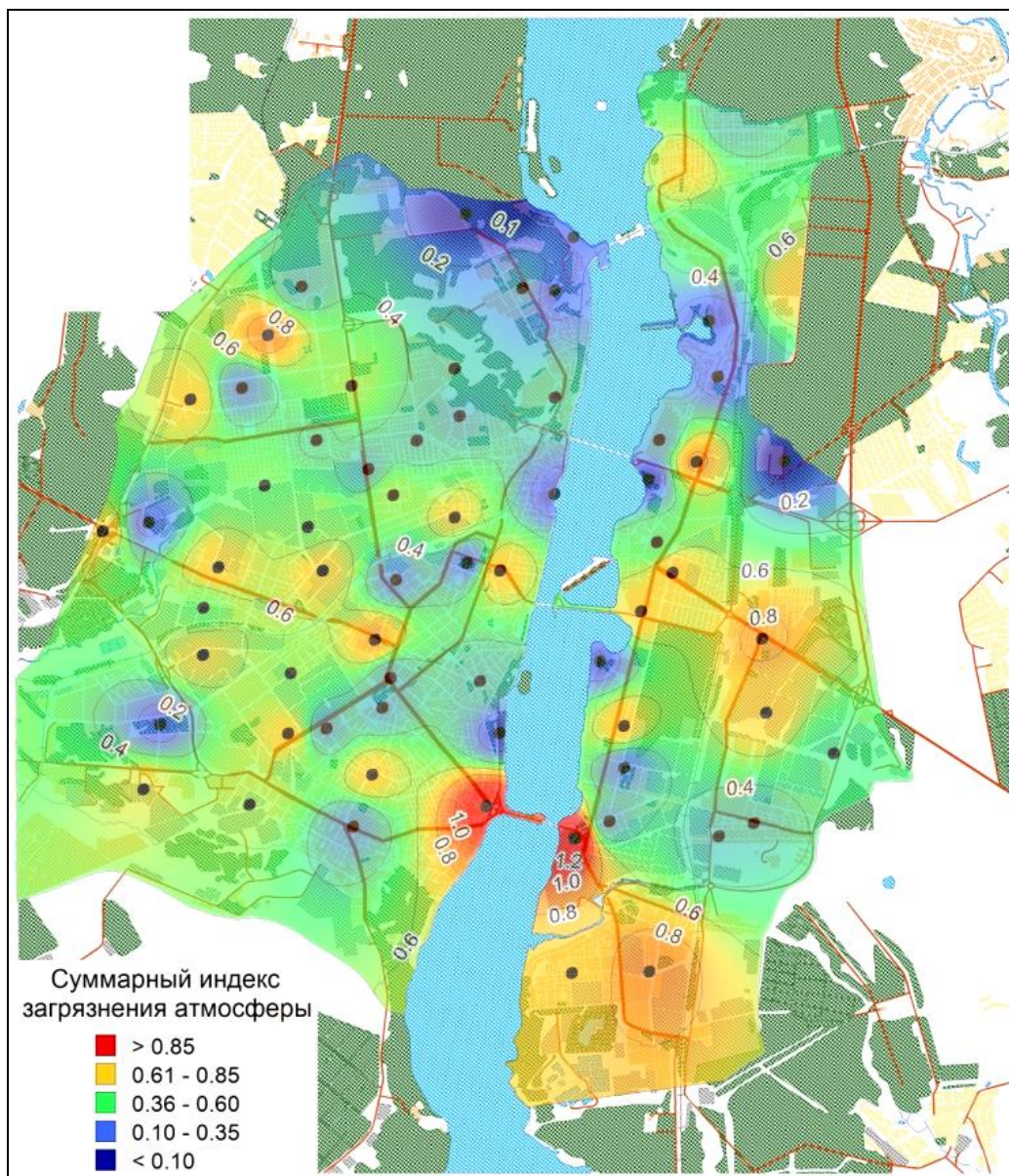


Рис.2. Картосхема суммарного индекса загрязнения атмосферы города Воронежа

- **с наступлением весны** зона загрязнения «размывается», а очаг загрязнения переходит на высокое правобережье города и аккумулируется вдоль ул. 9-е Января (определенную роль играет сезонная смена ветров юго-восточного направления);
- **в летний сезон** отчетливо формируются два «острова тепла» и повышенного загрязнения на левом и правом берегу Воронежского водохранилища, приуроченные к двум промышленно-транспортным зонам: правобережного Коминтерновского района (вблизи ТЭЦ-2 и др.) и юго-восточного промышленного левобережья города, причем весь левобережный сектор города летом становится более загрязненным; а диоксид азота становится вполне надежным индикатором мест пролегания автотрасс города, т.к. конфигурация

зон загрязнения этим поллютантом совпадает в общих чертах с главной осью автотранспортного развития города (по маршруту расположения ул. А.Овсеенко – 9-е Января – Кольцовская – 20 лет Октября – Вогрэсовский мост – Героев Стратосферы – Циолковского);

- аналогичная ситуация сохраняется и *осенью*, однако, очаги загрязнения как по правобережью, так и по левобережью «размываются» к северу, в том числе более загрязненной становится практически вся левобережная застройка города вдоль Ленинского проспекта.

В годовой картине загрязнения наиболее типична ситуация, характерная для летне-осеннего периода с двумя довольно четко выделяющимися зонами загрязнения воздушного бассейна вблизи промышленно-транспортных микрорайонов.

В ходе экспериментальных микроклиматических исследований на территории г.Воронежа нами выявлены следующие закономерности формирования микроклимата в условиях комбинированной городской застройки [2, 3]:

- на территории города наблюдается повышение температур воздуха в сравнении с фоновыми характеристиками, особенно в теплый период года, что создает «острова тепла» и способствует росту загрязнения воздуха, снижающего комфорт жизнеобеспечения; так, температура воздуха в условиях городской застройки отличается от фоновых характеристик на 4,5 - 4,9°C; причем, наименьшие вариации температуры наблюдаются в «частном секторе» и на территории застройки средней плотности (застроенная площадь составляет 15 – 25 % территории) с достаточным озеленением, а наиболее высокие – на открытых и не озелененных пространствах, вблизи проезжей части крупных автомагистралей, либо на участках плотной застройки (>25 % территории), где минимально внутриквартальное озеленение;

- снижение скоростей ветра (при преобладающих ветрах западных румбов и средней скорости ветра около 3 м/с) прослеживается на подветренной стороне зданий; причем, наименьшие скорости ветра наблюдаются в плотной 5-ти этажной застройке, особенно во дворах, закрытых от господствующих ветров, а наибольшие – в так называемых «аэродинамических коридорах» (например, вдоль ул. Полины Осипенко, ул. Циолковского, ул. Героев Стратосферы), у «домов-свечек» (по Ленинскому пр.), вблизи домов широтной ориентации и во дворах, открытых на западную сторону;

– по параметрам биоклиматической комфортности наиболее благоприятными являются внутридворовые участки 5-ти этажной застройки (скорость ветра снижается более чем на 50%, влажность и температура воздуха оптимальны и более стабильны в течение дня), а наименее благоприятными – дворы многоэтажных домов, открытых на западную сторону, причем, во дворах домов широтной ориентации и вблизи «домов-свечек», где наблюдается значительное повышение температуры воздуха, а ветер часто имеет порывистый характер. Внутригородское Воронежское водохранилище оказывает смягчающее действие на микроклимат, играя роль «аэродинамического коридора», снижающего контрасты температур и повышающего относительную влажность воздуха в период летней жары.

В целом, следует отметить, что аэротехногенное загрязнение города формируется за счет природно-экологического фактора, в частности, сезонности и стратификации атмосферы, а также особенностей функционально-планировочной инфраструктуры и промышленно-транспортного комплекса. При этом, максимальные показатели индекса загрязнения атмосферы отмечаются в пределах левобережного промышленно-производственного комплекса, что связано с промышленными объектами и особенностями ландшафтно-экологических условий (пониженная выровненная поверхность, не способствующая усилению конвективных потоков воздуха). Во всех микрорайонах города ситуация значительно усугубляется в теплое время года, когда наблюдаются максимальные концентрации загрязняющих веществ вследствие устойчивой стратификации атмосферы (инверсия), а минимальные концентрации – в холодное время года и при «неустойчивом» состоянии атмосферы (конвекция).

Оценка аэрационного режима и биоклиматической комфортности в условиях городской застройки

Для анализа уровня комфортности микроклимата жилой застройки авторами была проведена оценка аэрационного режима на двух соседних, отличающихся между собой по этажности и типу внутридворового благоустройства участках жилой застройки в Железнодорожном районе города Воронежа, расположенных вблизи Воронежского водохранилища (рис. 3) [4, 5].

На участке №1 располагаются 5-ти и 9-10-ти этажные жилые объекты, преобладает традиционный тип благоустройства, детские площадки и площадки отдыха взрослого населения засажены газон-

ным разнотравьем. Большая часть внутридворового пространства представлена открытым грунтом с посадками деревьев и кустарников, ширина заасфальтированных проездов от 3 до 5 м. Участок №2 представляет собой современный жилой комплекс повышенной этажности.

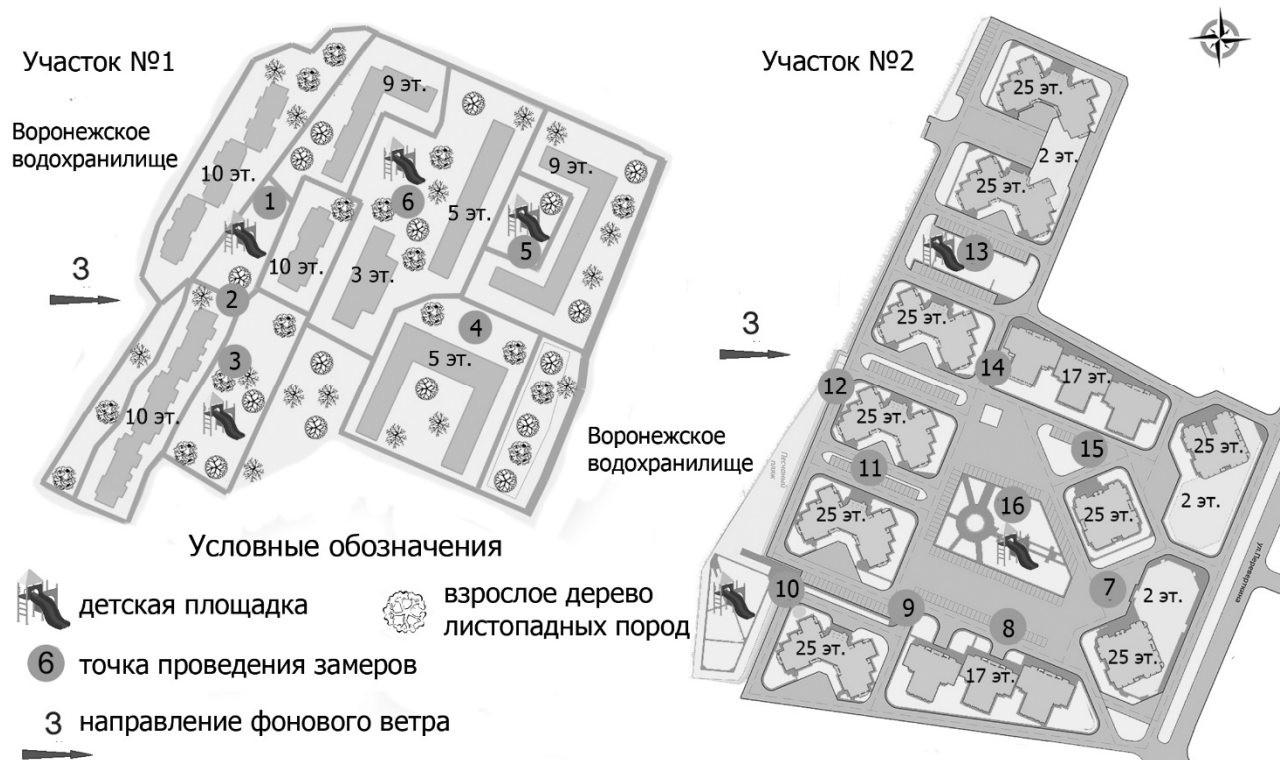


Рис. 3. План участка и схема расположения точек микроклиматических измерений

Два 17-ти этажных жилых здания расположены в широтном направлении. Жилые 25-ти этажные дома занимают незначительную площадь на плане. Детские площадки и площадки для отдыха взрослого населения размещены на открытых участках и в разрывах между зданиями. Большую часть территории комплекса занимают участки с твердым асфальтовым (парковочные места) и плиточным (пешеходные дорожки) покрытием, детские площадки с искусственным прорезиненным покрытием. Площадь, занятая зелеными насаждениями незначительна, представлена преимущественно палисадниками с газонным разнотравьем, мелким кустарником, встречаются отдельно посаженные молодые деревья лиственных пород. Способами оценки ветрового режима проектируемой и существующей жилой застройки служат макетные испытания в аэродинамической трубе, методы математического моделирования, расчетные графоаналитические методы, а также микроклиматические наблюдения. ЦНИИП Градостроительства исследована взаимосвя-

симось движения воздуха и планировочной организации города. В результате были разработаны графоаналитические методы расчета аэрации в жилой застройке, которые описаны в «Руководстве по оценке и регулированию ветрового режима жилой застройки» (1986). Основа данного метода – это количественное выражение зависимости между соотношением длины и ширины фасада отдельного здания и длины ветровой тени, создаваемой этим зданием при направлении ветра 90° к фасаду. Ветровая тень – это пространство с зонами затишья и ослабленными обратными потоками воздуха, образуемое с подветренной стороны здания. Расчет глубины зоны оптимальных скоростей ветра в ветровой тени в зависимости от протяженности (L) и высоты здания (H) может быть выполнен по формуле:

$$l = H \cdot \frac{8L}{H}$$

По результатам расчетов была построена карта-схема аэрационного режима участка застройки №1 с нанесенными изоанемонами, характеризующими снижение скорости ветра на 70, 50 и 30% (рис. 4). Основное направление фонового ветра, принятое в расчете, – западное.

Наибольшая длина ветровой тени (120 м) наблюдается у 9-10 этажных зданий при соотношении 3:1 длины и высоты самого здания. Ожидаемая скорость ветра 0,9 м/с со стороны подветренного фасада при фоновом ветре 3,0 м/с наблюдается на расстоянии 15-45 м. Большая часть застройки характеризуется средней скоростью ветра 1,5 м/с, небольшие участки занимают ветровые тени со скоростью 2,1 м/с. В целом, данный участок застройки по результатам расчета отвечает требованиям «Руководства по оценке и регулированию ветрового режима жилой застройки» (1986).

Существенным недостатком данного метода является отсутствие рекомендаций к расчету скорости ветра на углах зданий и учета зеленых насаждений и других шероховатостей поверхности. Применение графоаналитического метода оценки ветрового режима возможно при соблюдении соотношения L/H от 1 до 24 и размещении фасада зданий под углом 45-90° к основному направлению ветра. При анализе этажности и площади, занимаемой самими зданиями, на участке №2 нами было установлено, что соотношение протяженности и высоты зданий составляет меньше 1,0. В связи с этим для оценки аэрационного режима и уровня теплового комфор-

та на территории участка многоэтажной жилой застройки нами были проведены микроклиматические наблюдения.

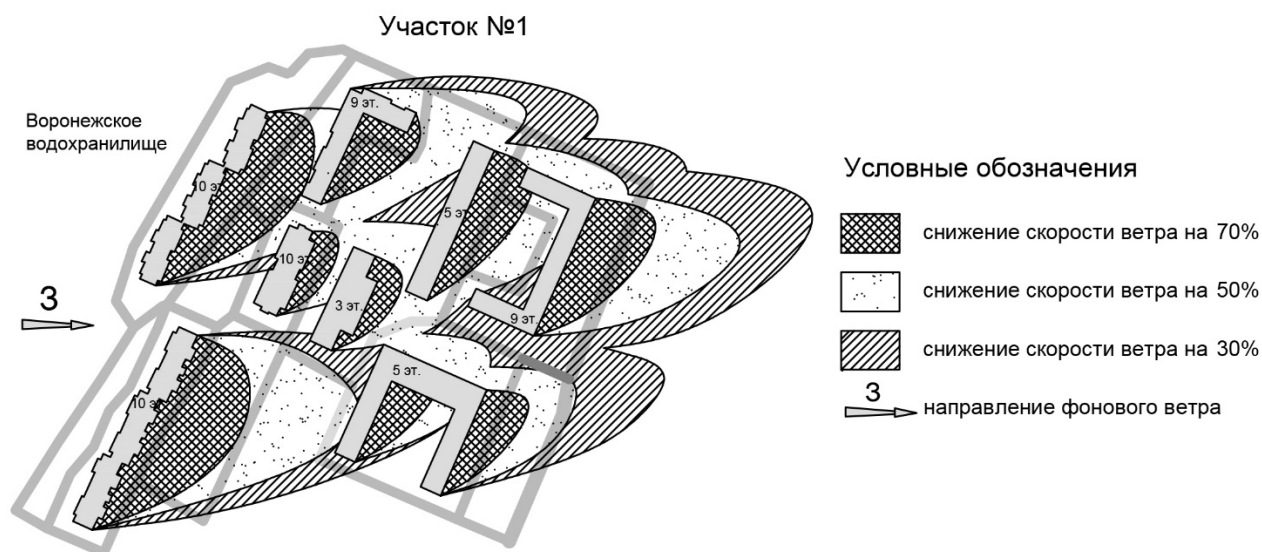


Рис. 4. Карта-схема аэрационного режима участка №1

Климатические параметры окружающей среды измерялись с помощью поверенных смарт-зондов: термогигрометра Testo 605i и анемометра с крыльчаткой Testo 410i. Эти приборы способны в автоматическом режиме определять скорость ветра, температуру, относительную влажность и передавать данные на мобильное устройство с установленным приложением. Измерения температуры, влажности и скорости движения воздуха возможно в диапазоне: 0,4...30 м/с, -20...+50 °С, 0...100 % относительной влажности. Среднее время замера на каждой точке составляет 5 минут. Результаты измерений передаются на мобильное устройство каждые 2 секунды, таким образом, по каждой точке мы имели около 150 значений. Высота прибора над земной поверхностью – 1,5 м (выбрана для учета влияния на тепловое состояние человека различных факторов окружающей среды). Намеченный маршрут наблюдений охватывал вероятные места движения пешеходов: на тротуарах, на углах зданий, в местах отдыха взрослых и детских игровых площадок.

Полученные в ходе анемометрической съемки средние за время измерения значения скорости ветра на участке №1 совпадают с результатами графоаналитического метода оценки ветрового режима. Ветровое поле на данном участке имеет равномерный характер, скорость ветра на внутридворовой территории не превышает 1,3 м/с. Максимальная скорость ветра отмечается в т.2 на углу 10-ти этажного дома. Вглубь микрорайона скорость ветра снижается, ми-

нимальные значения зафиксированы во дворе 5-ти и 9-ти этажного домов (т.5), образующих полузамкнутый контур.

Ветровой режим на участке №2 имеет непостоянный характер, затишье сменяется резкими порывами со скоростью более 5 м/с, ветер не имеет постоянного направления, что связано с возникновением вблизи зданий турбулентных потоков и изменением направления ветра при обтекании препятствий.

Скорость ветра на участке №2 значительно превышает допустимые значения в точках, расположенных на углах зданиях (т.9, т.12), также в разрывах между зданиями высотой 25 этажей, имеющих малую площадь застройки и ориентированных параллельно основному направлению ветра (т.11, т.13.). В точке №10 (детская площадка) средняя за время измерения скорость ветра (2,67 м/с) объясняется расположением на открытом участке в прибрежной части водохранилища, вблизи которого формируется бризовая циркуляция, порывы ветра достигали 5,7 м/с. Детская площадка (точка №13) в разрыве между зданиями на момент измерений находилась в тени от солнца, зафиксированные значения скорости ветра достигали 6,5 м/с. Расположение площадки таково, что сюда беспрепятственно проникают воздушные массы со стороны Воронежского водохранилища. Вглубь жилого комплекса (т.7, т.8, т.15) скорость ветра снижается. Средняя скорость ветра на площадке для отдыха взрослого населения, совмещенной с детской площадкой (т.16), составляет 2,42 м/с.

В каждой точке наблюдения рассчитана средняя за период измерения скорость ветра. Оценка уровня теплового комфорта проводилась с использованием общепринятого биоклиматического параметра – эквивалентно-эффективной температуры [6].

Эквивалентно-эффективная температура (ЭЭТ) - такое сочетание метеорологических величин, которое производит тот же тепловой эффект, что и неподвижный воздух при 100% относительной влажности и определенной температуры. Характеризует теплоощущения обнаженного по пояс человека, находящегося в тени. ЭЭТ не учитывает адаптаций человека к климатическим условиям, характера работы, состояния здоровья и физиологических особенностей различных групп людей, но при этом хорошо отражает теплоощущение человека в определённых климатических условиях, а изменение ряда физиологических функций организма идет параллельно

с изменениями ЭЭТ. Именно поэтому Б.А. Айзенштат предложил следующую формулу для расчета ЭЭТ (°C):

$$\begin{aligned} \text{ЭЭТ} = T \cdot [1 - 0,003 \cdot (100 - f)] - 0,385 V^{0,59} \cdot [(36,6 - T) + 0,622 \cdot (V - 1)] \\ + [(0,0015 V + 0,008) \cdot (36,6 - T) - 0,0167] \cdot (100 - f) \end{aligned}$$

где t – температура наружного воздуха, °C;

V – скорость ветра, м/с;

f – относительная влажность воздуха, %.

Результаты измерений и расчета ЭЭТ представлены в таблице 1.

Таблица 1

Ветровые характеристики и результаты расчета
эквивалентно-эффективной температуры

Метеопараметры	Участок №1 (номера точек)									
	1	2	3	4	5	6				
Средняя скорость ветра,м/с	1,4	2,7	1,0	0,9	0,7	1,3				
ЭЭТ, °С	10,4	6,8	11,8	12,2	13,1	10,7				
	Участок №2 (номера точек)									
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Средняя скорость ветра,м/с	1,2	1,9	3,2	2,7	3,1	3,9	2,9	2,3	1,5	2,4
ЭЭТ, °С	11,2	8,9	5,6	6,8	5,8	4,0	6,2	7,7	10,0	7,0

Оценка уровня теплового комфорта при действии ветра в жилой застройке представлена в виде эквивалентно-эффективной температуры, минимальные значения которой на участке №1 отмечаются в т.2, что объясняется более высокой скоростью ветра. При скорости ветра ниже 1 м/с эквивалентно-эффективная температура оказывается выше фоновых значений. Таким образом, на внутридворовой территории, детских площадках и площадках отдыха в застройке средней этажности с традиционным типом благоустройства и достаточным озеленением древесными породами обеспечиваются более комфортные параметры окружающего воздуха. На участке застройки повышенной этажности рассчитанные значения ЭЭТ на 1-7°С ниже измеренных значений температуры воздуха на метеостанции. Состояние воздушной среды по теплоощущениям оценивается как «прохладно». Увеличение скорости ветра на 1 м/с способствует снижению ощущаемой температуры на 2°С.

С целью снижения неблагоприятного действия ветра на данном участке застройки можно рекомендовать высадку полосы зеленых насаждений со стороны ветров западного, северо-западного, северного и северо-восточного румбов, предпочтительно вечнозеленых пород с целью защиты от ветра в зимний период. С целью сохранения условий инсоляций в холодное время года и защиты от перегрева в летний зной с восточной, юго-восточной, южной и юго-западной стороны рекомендуется высаживать листопадные породы деревьев. Формированию комфортных микроклиматических условий и снижению скорости ветра способствует также устройство искусственных сложных форм рельефа (элементы ландшафтного дизайна); размещение на детских площадках и площадках отдыха взрослого населения малых архитектурных форм с ветрозащитными функциями, например, пергол. В целом, территория жилого комплекса имеет достаточные ресурсы в виде свободных площадей для дополнительного озеленения. На основании проведенного исследования можно сделать вывод, что скорость ветра в жилой застройке во многом зависит от параметров здания, таких как высота и длина фасада. Здания повышенной этажности (свыше 17 эт.) при малой площади застройки практически не создают со стороны подветренного фасада ветровой тени, наоборот, ветер имеет турбулентный характер, возникают порывы ветра, что приводит к возникновению дискомфортных условий пребывания на открытом воздухе вследствие ветроохлаждения.

Применение методов космической съемки для изучения микроклимата города

Внедрение ландшафтно-планировочных методов реконструкции жилой застройки позволит создать более комфортные условия для проживания населения и обеспечить оптимальные уровни ветровых характеристик в условиях существующей жилой застройки. Нами применены методы дистанционного зондирования для изучения микроклимата города и формирования «островов тепла» [7].

В качестве источника дистанционных данных по тепловому излучению подстилающей поверхности рассматривалась многоканальная съемка с аппаратов Landsat 7, Landsat 8 и Terra Aster. Путем сравнительного анализа архивов доступных снимков, в качестве основного источника данных были выбраны космические снимки (сцены) с аппарата Landsat 8, и, в частности, тепловые каналы (№ 10

и 11), выполненные сенсором TIRS с разрешением 100 м на пиксель. Тепловой канал Landsat 7 ETM+ обладает более высоким пространственным разрешением (60 м), но с 2003 года эти снимки имеют сбой в виде полос на изображении и потому не подходят для целей исследования. Еще один возможный источник дистанционных данных по тепловому излучению – Terra Aster с разрешением 90 м на пиксель, не использовался, ввиду малого числа безоблачных снимков, охватывающих исследуемую территорию полностью, а также разделения теплового диапазона на 5 каналов съемки, калибровка и усреднение которых усложнило бы методический аппарат.

В рамках разграфки материалов выбранной космической съемки Landsat, территория г. Воронежа попадает в центральную область сцен с номенклатурой «виток – 176, ряд – 24». Такие снимки на Воронеж были отобраны из архива геологической службы США за последние пять лет. Из них были загружены только безоблачные сцены, выполненные в период с конца мая по начало сентября (фильтр по облачности – менее 10%). В результате такого отбора было установлено, что наиболее репрезентативный набор из пяти сцен доступен для 2015 года, а на другие годы имеется лишь по 2-3 и менее снимков из-за существенной облачности в остальные даты съемки. Таким образом, далее в исследовании для расчета средних температур поверхности за теплый сезон использовались данные Landsat 8 TIRS за 2015 г. Идентификаторы использованных в итоге сцен космической съемки приведены в таблице 2.

Интерпретация конкретных значений температур подстилающей поверхности по дистанционным данным в работе проводилась с учетом угла падения солнечных лучей и угла съемки в момент ее осуществления. Также учитывались состояние атмосферы, температуры воздуха и другие метеорологические параметры, способные повлиять на температуру подстилающей поверхности: влажность воздуха, скорость ветра, осадки (табл. 2).

Обработка полученного набора данных дистанционного зондирования выполнялась в открытой геоинформационной среде QGIS 2.18 с применением модуля Semi-Automatic Classification Plugin (SCP) с учетом спецификации съемочной системы и существующих методических подходов. Сначала была произведена радиометрическая калибровка каналов отобранных сцен и пересчет условных единиц яркости по тепловым каналам в градусы Цельсия. Далее, используя калькулятор растров, производилось усреднение

значений температур между каналами 10 и 11 на каждую дату, а затем вычисление средних температур за весь сезон и определение коэффициентов ее вариации попиксельно.

Таблица 2

Сцены космической съемки Landsat 8 TIRS за вегетационный сезон 2015 г. и метеорологические условия съемки

№	Идентификатор сцены	Дата* съем- ки	Метеорологические параметры**			
			Темпе- ратура возду- ха, °С	Ско- рость ветра, м/с	Влаж- ность воздуха, %	Осадки за 48 часов до съемки, мм
1	LC81760242015141LGN00	21.05	+22,5	2	40	нет
2	LC81760242015157LGN00	06.06	+19,8	5	29	0,9
3	LC81760242015189LGN00	08.07	+25,1	5	38	0,6
4	LC81760242015221LGN00	09.08	+29,5	2	49	нет
5	LC81760242015237LGN00	25.08	+20,5	3	30	нет

* - съемка в указанные даты производилась приблизительно в 11:17 утра по местному времени.

** - данные метеостанции 34123 «Воронеж» на 12:00 по местному времени (за исключением осадков, наличие которых определялось за 48-часовой период предшествующий съемке), данные получены с веб-сервиса *meteocenter.net*.

В результате были созданы растровые слои с пространственным разрешением 100 м, отображающие распределение значений температур на территории города Воронежа и его окрестностей. Слои отображают состояние температур подстилающей поверхности на 21 мая, 6 июня, 8 июля, 9 и 25 августа 2015 года, в момент съемки (приблизительно 11 часов 17 минут утра для всех дат). Данные слои были объединены в мультिवременной композитный слой, и на его основе посредством калькулятора растров был рассчитан слой усредненных значений температур за рассматриваемый сезон 2015 г. с оценкой ее варьирования. Фрагменты этих слоев на территорию Воронежа представлены в генерализованной форме (послойная окраска с дискретным шагом) на рисунке 5.

Анализ представленных изображений позволяет установить местоположение температурных аномалий, в том числе, «островов тепла». Так, экстремально высокие температуры поверхности (35-40°C) в городе Воронеже в течение всего сезона стабильно наблюдались исключительно для ряда промышленных зон предприятий:

Воронежский механический завод АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева», ОАО «Тяжмехпресс», Вагоноремонтный завод АО «ВРМ», ОАО «Воронежский шинный завод», корпуса 43 и 45 ПАО «ВАСО», ЗАО «Воронежстальмост», ЗАО «Рудгормаш», складской комплекс «Каскад». При этом по полученным данным можно проанализировать изменчивость температурного поля во времени. Так, растр коэффициентов вариации в целом свидетельствует о стабильности хода температур в рассматриваемый сезон для города Воронежа на моменты съемки.

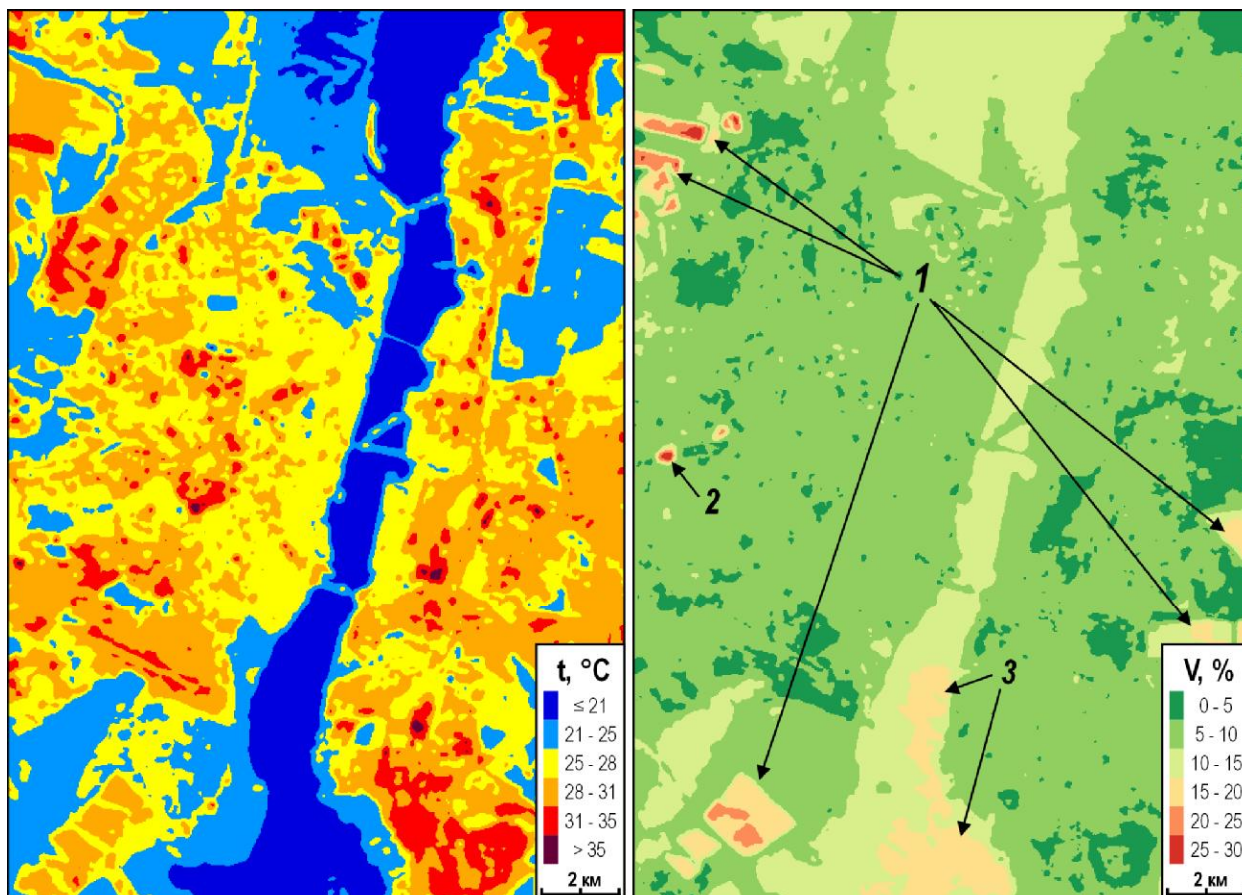


Рис. 5. Распределение значений температур (t) и коэффициентов их вариаций (V) для территории города Воронежа за летний сезон 2015 года. Пояснения к объектам, обозначенным цифрами 1-3, даны в тексте

Исключения составляют локальные участки с варьированием от 15 до 30% – на местности они соответствуют территориям, характер подстилающей поверхности которых менялся в рассматриваемый период. К таким участкам относятся следующие объекты (нумерация соответствует обозначениям 1-3 на рисунке 5):

1. Сельскохозяйственные поля, тепловое излучение которых менялось в ходе сезона в зависимости от стадий культивации и вегетации агрокультур.

2. Поля фильтрации правобережных очистных сооружений, тепловой режим которых зависит от поступления сточных вод.

3. Южная акватория Воронежского водохранилища, где ежегодно наблюдается бурное развитие сине-зеленых водорослей, меняющих альбедо воды и, соответственно, степень ее прогрева.

Указанные территории с нестабильной подстилающей поверхностью, где наблюдалось варьирование температур выше 15% (рис.5, цифры 1-3), были исключены при выполнении дальнейшего анализа, который заключался в сборе зональной статистики по эталонам разных типов подстилающей поверхности. Эталоны представляли собой фрагменты площадью от 5 га, охватывающие центральные области наиболее крупных участков разных классов землепользования. Всего на исследуемой территории было выделено 234 таких эталона: 102 эталона жилой застройки общей площадью 2213 га, 48 промышленных зон – 802 га, 76 эталонов древесной растительности – 4583 га и 8 акваторий – 3638 га (рис. 6).

По данным полигонам были сделаны выборки значений средних температур и средних баллов интенсивности острова тепла, сопровождаемые оценкой стандартных отклонений обеих переменных для каждого полигона. Описательная статистика полученных выборок показывает значимые отличия температурного режима разных типов подстилающей поверхности по эталонам. При этом балльная оценка интенсивности острова тепла и значения усредненных фактических температур приблизительно одинаково характеризуют промышленные зоны и жилую застройку наиболее высокими показателями, менее интенсивными – растительность. Балльная оценка, однако, не отражает более высокие показатели средних температур и их больший разброс для промышленных зон по сравнению с жилой застройкой (рис. 7). В отношении оценок теплового режима акваторий наблюдаются расхождения: фактически, водная поверхность на исследуемой территории является наиболее холодным объектом, но имеет средние баллы. Это обусловлено тем, что микроклиматическая модель создана для оценки городского острова тепла и не предназначена для исследования акваторий. Соответственно, для дальнейшего корреляционного анализа рассматриваемых выборок, данные с 8 эталонов на Воронежское водохранилище были исключены.

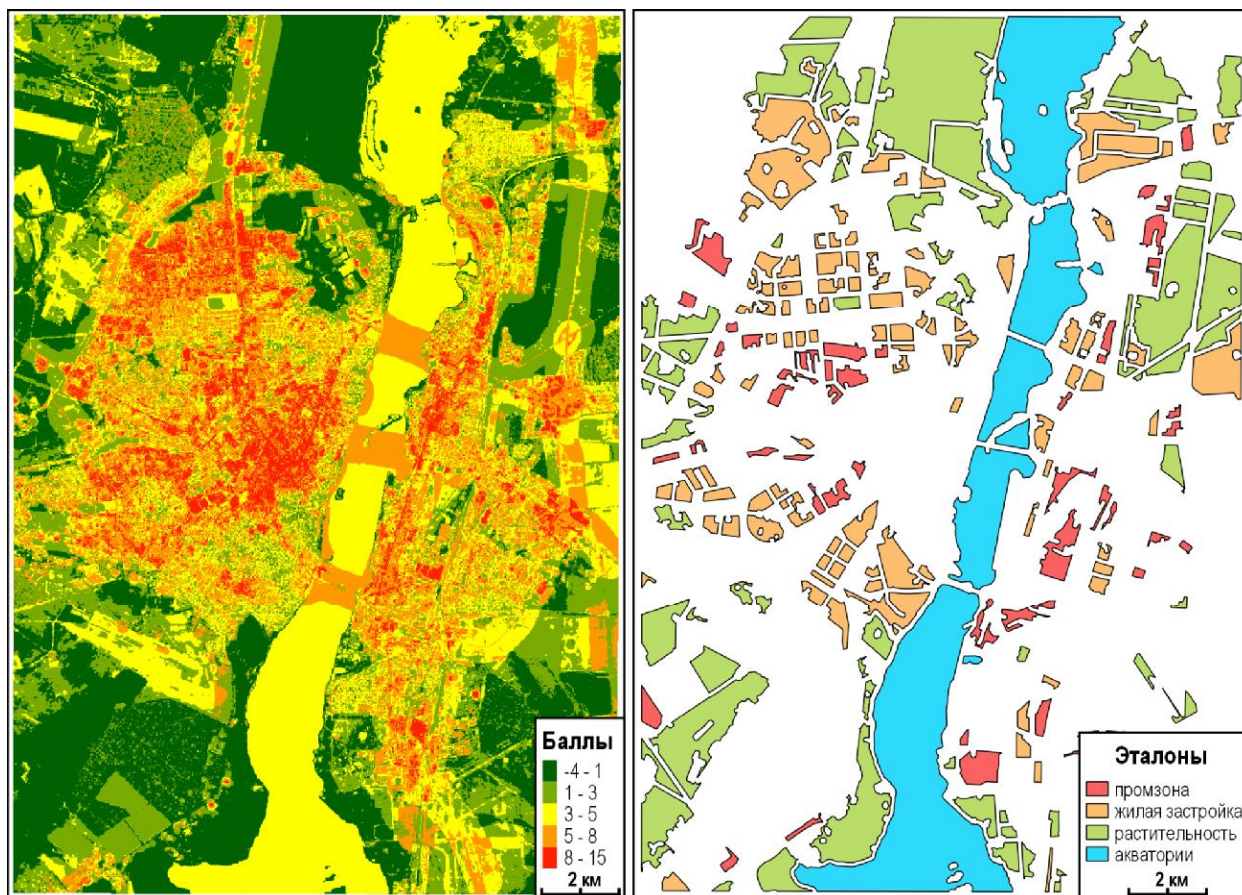


Рис. 6. Слева – микроклиматическая модель городского острова тепла на территорию Воронежа; справа – эталоны разных типов подстилающей поверхности (контрольные участки для проверки модели)

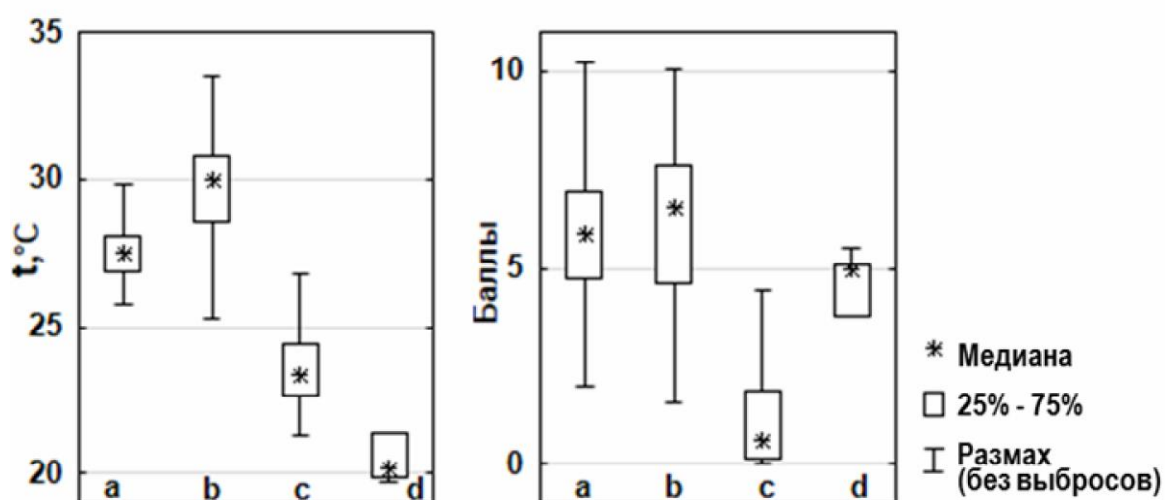


Рис. 7. Диаграммы размаха средних значений температур (слева) и средних баллов интенсивности острова тепла (справа) для эталонов разного типа: а – жилая застройка, б – промзоны, с – растительность, d – акватории.

Коэффициент ранговой корреляции Спирмена (ρ) между баллами интегральной модели городского острова тепла и реальным распределением температур за теплый сезон 2015 года, рассчитанный по 226 эталонам, статистически достоверный и составляет +0,65. Однако, выявленное соответствие не является полным, так как оцениваемая микроклиматическая модель учитывает параметры, характеризующие не только тепловой режим территории, а референтный слой температур показывает усредненные за ряд дат значения, которые могут существенно отличаться от средненоголетних температур за интересующий сезон. Тем не менее, полученный коэффициент указывает на существенную положительную статистическую связь, что подтверждает адекватность оцениваемой модели. Установленную связь балльной оценки с температурой можно приближённо описать уравнением линейной регрессии:

$$Y = 0,75 * X - 15,77 ,$$

где Y – балльная оценка интенсивности острова тепла, X – средняя температура подстилающей поверхности по дистанционным данным ($R^2 = 0,52$, коэффициенты значимы по критерию Фишера, $p < 0,05$).

Также характер распределения данных дает основания для описания рассматриваемой связи экспоненциальным уравнением: $Y = 0,005 * e^{0,319 * X}$. Графическое выражение описанных регрессионных уравнений представлено на рисунке 8.

Выведенные уравнения позволяют по значениям средних температур приблизительно установить балл интенсивности «острова тепла», что может потребоваться при осуществлении медико-экологического зонирования. В свою очередь, баллы можно перевести в теоретические значения температур, что перспективно для детализации карты распределения температур. Исходное разрешение такой карты определяется используемой для ее создания тепловой съемкой.

В нашем случае, пространственное разрешение исходной съемки составляло 100 м на пиксель, тогда как разрешение микроклиматической модели – 10 м, то есть в один пиксель раstra температур укладывается до 100 пикселей с баллами интенсивности. Соответственно, рассматриваемая микроклиматическая модель при ряде допущений позволяет детализировать тепловые снимки в 100 раз.

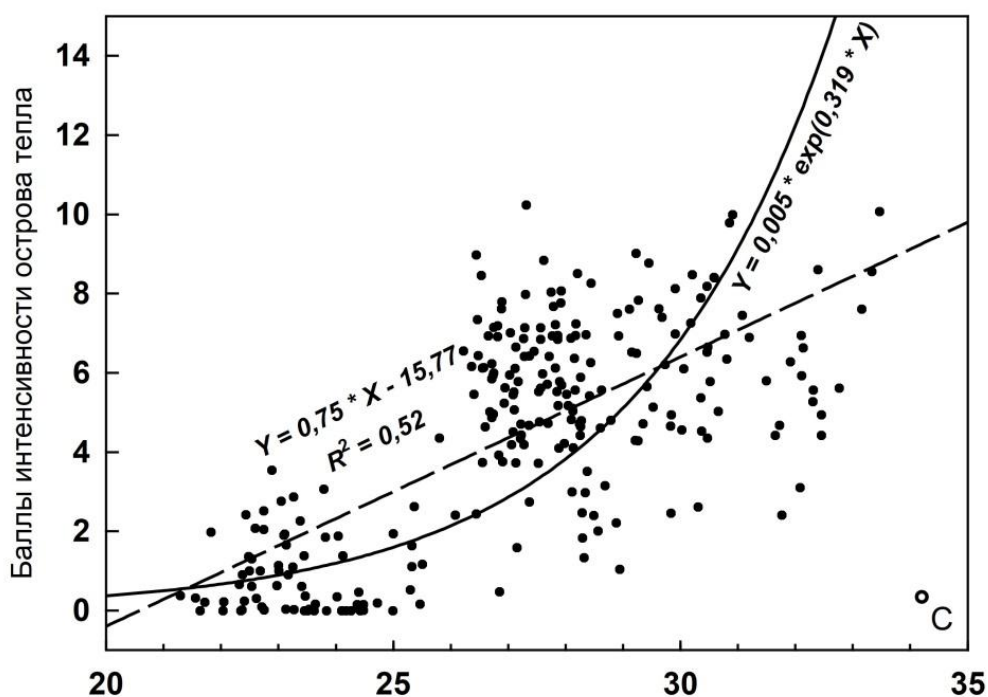


Рис. 8. График регрессионных зависимостей балльной оценки интенсивности «острова тепла» от среднелетней температуры подстилающей поверхности.

Таким образом, в данном исследовании тепловые космические снимки Landsat 8 TIRS были применены для оценки микроклиматической модели города Воронежа. Картографирование температуры подстилающей поверхности по ДДЗ за теплый сезон позволило установить стабильные тепловые аномалии, характерные для промышленных зон, и области с более высокими вариациями температур (сельскохозяйственные поля, зоны эвтрофикации водоемов и др.). В целом для территорий жилой и промышленной застройки, а также покрытых древесной растительностью территорий, наблюдался стабильный ход температур в течение рассмотренного сезона. Оценка связи средних значений температур по эталонам разных типов подстилающей поверхности с баллами микроклиматической модели показала их высокую корреляцию ($\rho = +0,65$), что также подтверждает адекватность модели. Неполное соответствие обусловлено рядом ограничений использованных данных и указывает на их взаимодополняющий характер при проведении сопряженных экогеохимических и микроклиматических исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Доклад о состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия в городском округе город Воронеж в 2017 году. – Воронеж:

Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Воронежской области, 2018. – 126 с.

2. 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.

3. Куролап С.А. Экологическая оценка микроклимата и техногенного загрязнения воздушного бассейна города Воронежа / С.А. Куролап, О.В. Клепиков, И.В. Добрынина (Попова) // Проблемы региональной экологии. – 2012. – № 1. – С. 24-29.

4. Попова И.В. Вычисление параметров шероховатости и оценка аэрационного потенциала городских территорий / И.В. Попова, Е.В. Любимова, С.А. Куролап // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2018. – № 1 (4). – С. 79-87.

5. Попова И.В. Моделирование «городского острова тепла» средствами геоинформационного анализа / И.В. Попова, С.А. Куролап, П.М. Виноградов // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2018. – № 2(5). – С. 87-95.

6. Попова И.В. Экологическая оценка комфортности микроклимата урбанизированной среды в условиях ветроохлаждения (на примере города Воронежа) / И.В. Попова, С.А. Куролап // Проблемы региональной экологии. – 2017. – № 5. – С. 128-133.

7. Сарычев Д.В. Применение тепловых космических снимков для оценки моделей городского острова тепла / Д.В. Сарычев, И.В. Попова, С.А. Куролап // Геоинформационное картографирование в регионах России: мат-лы X Всерос. науч.-практ. конф. (Воронеж, 14-16.11.2018). – Воронеж, 2018. – С. 142-150.

ОЦЕНКА РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ, СВЯЗАННОГО С ТРАНСПОРТНЫМ ШУМОМ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА ВОРОНЕЖА

С.А. Куропан, А.Е. Скосарь

Шум – один из важных факторов сильного медико-биологического действия, неблагоприятно влияющий на здоровье человека в условиях городской среды обитания.

Основным источником шума в городе Воронеже служит автотранспорт, вклад которого составляет более 80% от всех «городских шумов». Происходит постоянное увеличение автотранспорта, и вместе с этим продолжает увеличиваться доля автомобилей с большим сроком эксплуатации. Создание акустического благополучия в городе Воронеже является актуальной экологической проблемой. Её решение возможно только при комплексном подходе, максимально учитывающим все геоэкологические особенности исследуемой территории.

В транспортном комплексе шум возникает вследствие процессов различного происхождения (механического, аэродинамического, электромагнитного, гидродинамического), прежде всего, это шум от вибрации корпусных деталей, систем газообмена, охлаждения двигателей, агрегатов трансмиссии (в качестве конкретных узлов транспортного средства можно выделить двигатель, коробку передач, ведущий мост, вентилятор, выхлопную трубу, всасывающий трубопровод), а также аэродинамический шум и шум шин транспортных средств. При скорости движения до 70-80 км/ч под нагрузкой основным источником шума на автомобиле оказывается двигатель. За пределами указанных скоростей главный шум производят шины. Таким образом, под шумом объекта транспорта понимается акустическое излучение, производимое им при работе. Дискомфорт создают источники шума антропогенного происхождения, которые влияют на утомляемость человека, снижают его умственные способности, понижают производительность труда, вызывают стрессы и нервные перегрузки [2].

Проведенные многочисленные эксперименты и практика показывает и доказывает, что антропогенное шумовое воздействие неблагоприятно сказывается на здоровье населения и сокращает продолжительность жизни, так как привыкнуть к шуму физически не-

возможно. Неблагоприятно влияют на питание внутренних органов и на психическое состояние человека звуковые колебания частотой менее 16 Гц (инфразвуки) [2].

При продолжительном воздействии интенсивных шумов могут быть спровоцированы у населения значительные расстройства деятельности нервной и эндокринной систем, сосудистого тонуса, желудочно-кишечного тракта. Наиболее вредное воздействие оказывается на центральную нервную систему, что сопровождается головной болью тупого характера, чувством тяжести и шума в голове, головокружением, быстрой утомляемостью, снижением внимания.

В связи с быстрым темпом роста городов и прилегающих территорий большая часть населения находится в условиях постоянной акустической нагрузки, в связи с чем становятся все более востребованы и актуальны исследования в области снижения шумового воздействия, а также оценки риска для здоровья населения, связанного с акустическим загрязнением.

Город Воронеж имеет разветвленную и насыщенную инфраструктуру, многочисленные промышленные предприятия различных профилей, а также загруженные автомагистрали и железнодорожные пути, что создает предпосылки эколого-гигиенического неблагополучия с точки зрения звукового дискомфорта.

Крупные магистрали города в современных условиях в большинстве не соответствуют требованиям и санитарно-гигиеническим нормативам, не в состоянии обеспечить достаточную пропускную способность, а также не имеют достаточных шумозащитных сооружений. Еще одной проблемой является уплотнение городской застройки без строительства должной транспортной развязки, что приводит к увеличению плотности потока на существующие магистрали. Город Воронеж занимает одно из лидирующих мест в России по уровню автомобилизации. «Перегрузка улиц» ведет к тому, что в «пиковые» часы транспорт едет уже не взирая на дорожную разметку. А это, в свою очередь, вызывает «пробки», которые длятся в Воронеже с 7:30 до 20:40. В таких условиях средняя скорость передвижения человека по городу не превышает 8 км/ч, что является очень низким показателем. В связи с этим возрастает риск эколого-гигиенического неблагополучия города и риск для здоровья населения.

Целью нашего исследования является оценка шумового фона вблизи автомагистралей и акустического риска для здоровья жителей города Воронежа.

Для изучения ситуации, связанной с шумовым загрязнением городской среды автотранспортом, нами была проведена серия натурных измерений уровней шума на основных транспортных магистралях города Воронежа. Измерения проводились по методике ГОСТ-20444-85 «Шум. Транспортные потоки. Методы измерения шумовой характеристики». Средняя скорость движения транспортного потока составила 40 км/ч. Состав транспортного потока в целом соответствует составу городского транспорта. С помощью шумомера «Testo 815» были произведены замеры эквивалентного уровня звука на расстоянии 7,5 м от автомобильных дорог.

Все измерения проводились в утреннее время с 8:00 до 9:30, когда интенсивность движения автотранспорта, максимальна. В ходе работы были произведены замеры в 70 точках города в типичные по грузонапряженности дни ноября 2017 г. и мая-июня 2018 г. (рис. 1, 2).

Превышение норм шума определялись с помощью СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий на территории жилой застройки» [7]. Результаты измерений были детально проанализированы для оценки риска здоровья населению и принятия мер по решению проблемы акустического загрязнения города.

Оценка риска для здоровья населения выполнена с помощью компьютерной программы «Noise» на основании алгоритмов, изложенных в методическом документе МР 2.1.10.0059-12 «Оценка риска здоровью населения от воздействия транспортного шума» (утвержден главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 23 марта 2011 года).

По результатам натурных измерений и при помощи программного пакета «QGIS» (Quantum GIS), способ интерполяции IDW, была создана карта шумовой нагрузки города Воронежа (рис. 3).

По полученным данным превышение уровня звука (свыше установленной нормы 60 дБ) отмечаются на улицах: Ростовской, Героев Стратосферы, на пересечении улиц Димитрова – Ленинский проспект, Б. Хмельницкого, Скрибиса, Московский проспект, Степана Разина, Большая Манежная, Бульвар Победы, 60 Армии, 9 января, Антонова-Овсеенко, Проспект Труда, 20-летия Октября, проспект Патриотов . Данные улицы являются основными магистралями города, следовательно, здесь отмечаются высокая интенсивность движения и интенсивный звуковой фон.

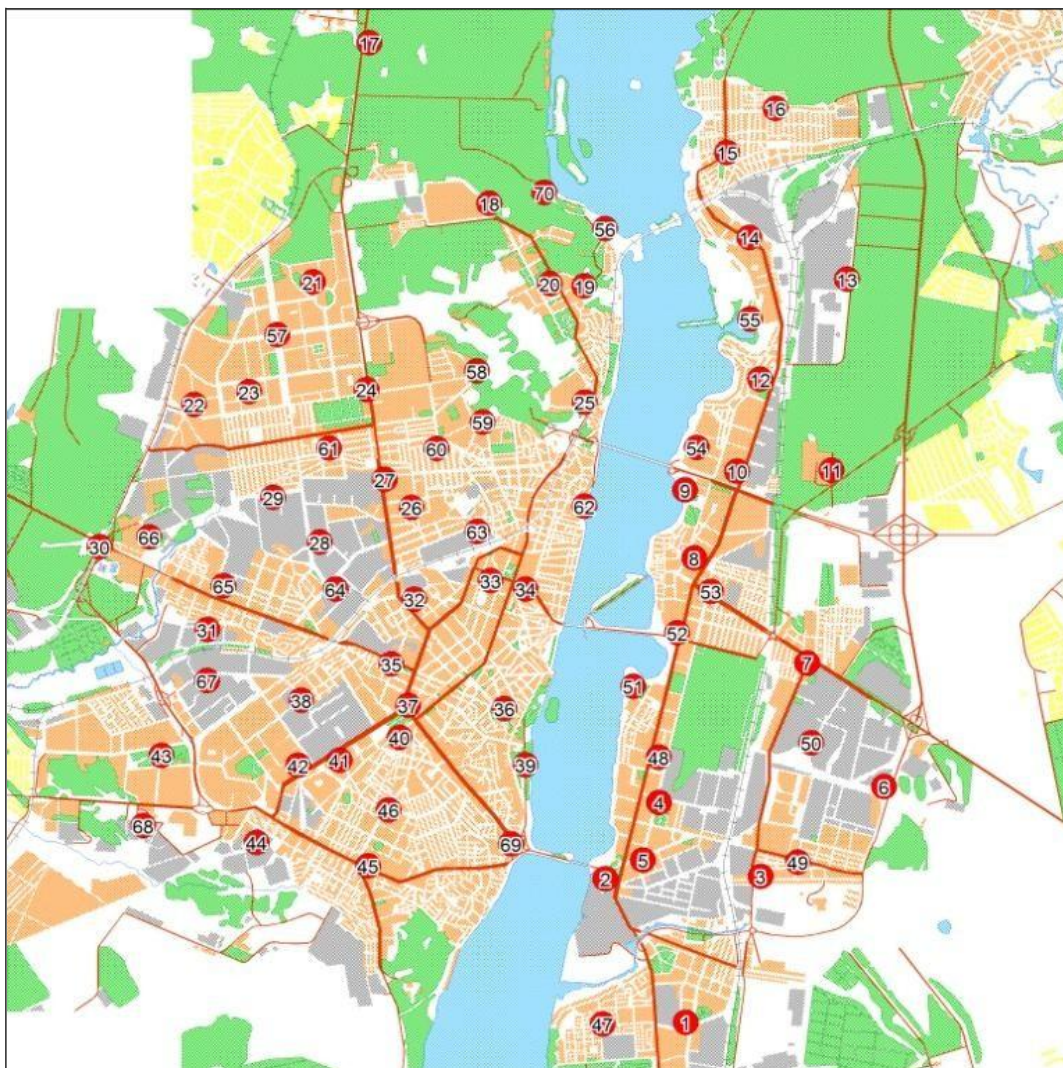


Рис.1. Точки акустических исследований [1]

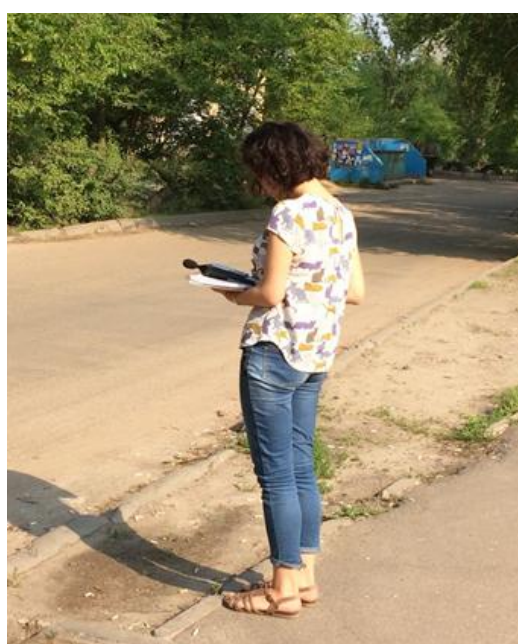
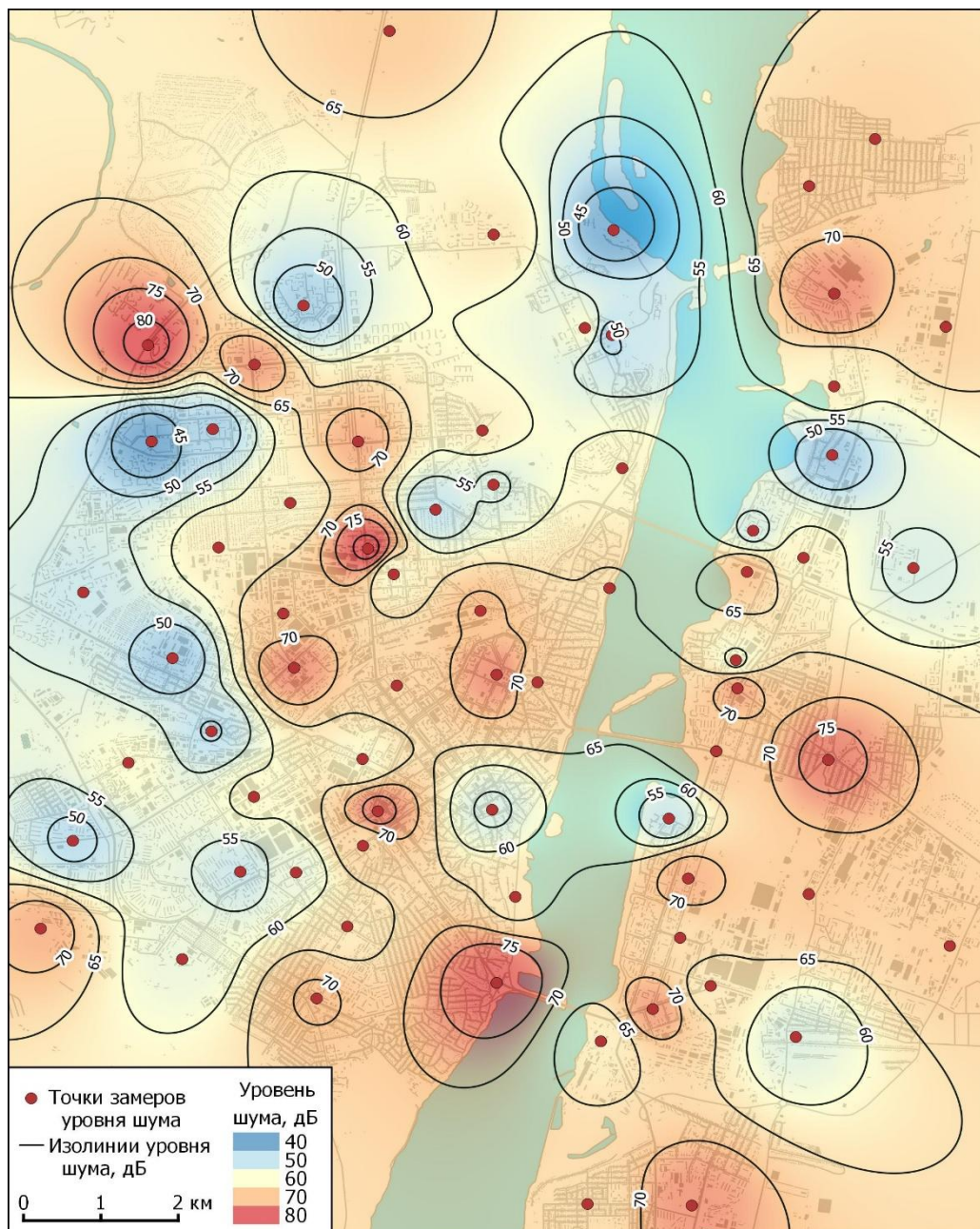


Рис. 2. Измерения шума на автотрассах города (А.Е. Скосарь)



*Рис.3. Карта акустической нагрузки города Воронежа
(создана А.Е. Скосарь при участии Д.В. Сарычева)*

Уровни шума здесь превышают гигиенические нормы почти на 10 дБ. Это свидетельствует о том, что население, проживающее в районе данных улиц, ежедневно испытывает акустический дискомфорт, который впоследствии может пагубно отразиться на здоровье жителей. Средние арифметические значения показали превышения ПДУ местами на 20 дБ.

На остальных исследованных территориях превышений норматива шума не наблюдается. Самыми тихими местами в городе оказались рекреационные зоны (районы Агроуниверситета, парка «Дина-

мо»). Причем, различные породы растений характеризуется разной способностью защиты от шума. По данным венгерских исследователей, хвойные породы (ель и сосна) по сравнению с лиственными (древесные и кустарниковые) лучше регулируют шумовой режим. По мере удаления от магистрали на 50 метров лиственные древесные насаждения (акация, тополь, дуб) снижают уровень звука на 4,2 дБ, лиственные кустарниковые - на 6 дБ, ель - на 7 дБ и сосна - на 9 дБ. Исследования показали, что лиственные породы способны поглощать до 25 % звуковой энергии, а 74 % её отражать и рассеивать. Наилучшим в этом отношении являются из хвойных пород ель, пихта; из лиственных - липа, граб и другие. Высокий эффект защиты от шума достигается при размещении зеленых насаждений вблизи источников и шума и одновременно защищаемого объекта [2, 5, 6].

Район Петровского сквера и ул. Степана Разина были выбраны как модельный полигон для изучения вариаций шума под воздействием застройки (изменения рельефа, склон), интенсивности транспортных потоков на перекрестках, т.к. этот район – один из наиболее контрастных в городе Воронеже по инженерно-транспортной инфраструктуре и архитектурно-планировочным условиям в целом (рис. 3). Была применена оригинальная методика построения карты шумового загрязнения, связанная с «барьерным эффектом» от отдельных строений (рис. 4).

Для решения поставленной задачи в оценки риска для здоровья населения от автотранспорта был проведен анализ шумового фактора в мониторинговых точках в дневное время (март-апрель 2018г.). Целью данного исследования явилось выявление возможности причинения вреда здоровью при воздействии транспортного шума с выделением территорий «риска».

Согласно проведенным расчетам наиболее чувствительной к воздействию шума является сердечно-сосудистая система. При этом, у населения, проживающего на территориях с максимальными значениями звукового давления - Ростовская, Героев Стратосферы, на пересечении улиц Димитрова – Ленинский проспект, Б. Хмельницкого, Скрибиса, Московский проспект, Степана Разина, Большая Манежная, Бульвар Победы, 60 Армии, 9 января, Антонова-Овсеенко, Проспект Труда, 20-летия Октября, проспект Патриотов - средний уровень приведённого риска сформируется к 10-ти годам жизни, высокий - к 40 годам, экстремальный - к 50 годам.

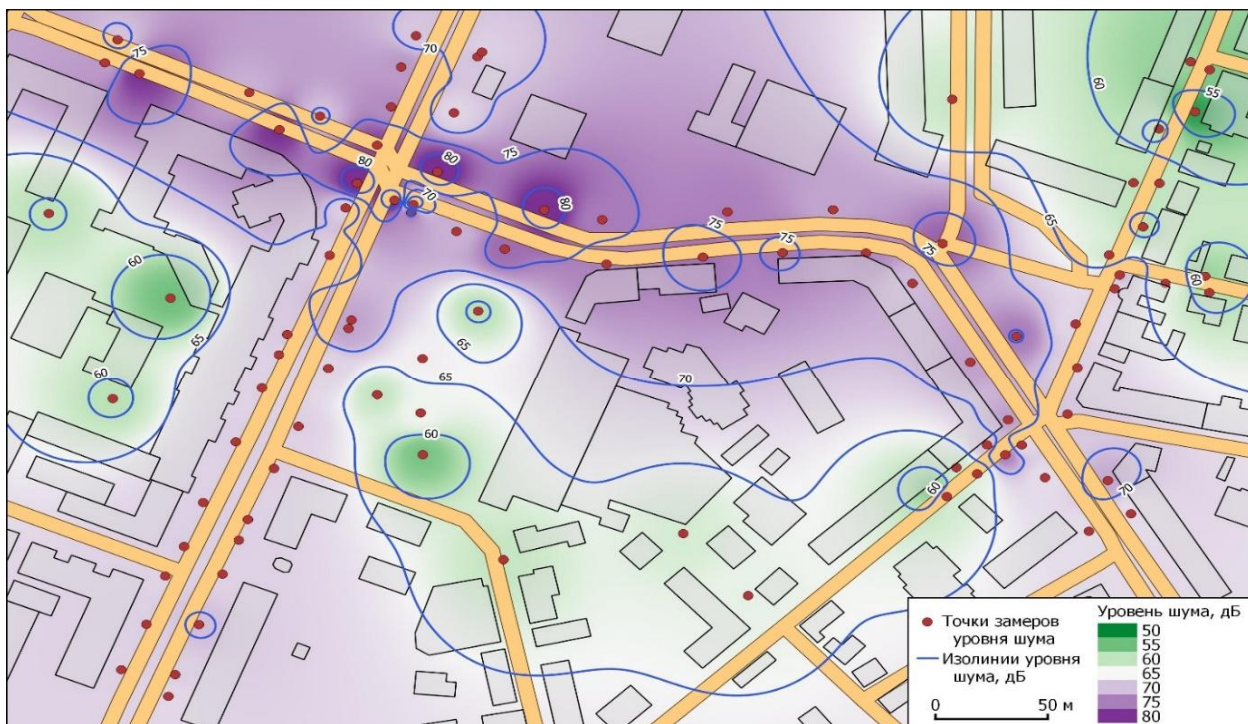


Рис. 4. Схема акустической нагрузки района «Петровский сквер»
● - точка отбора пробы

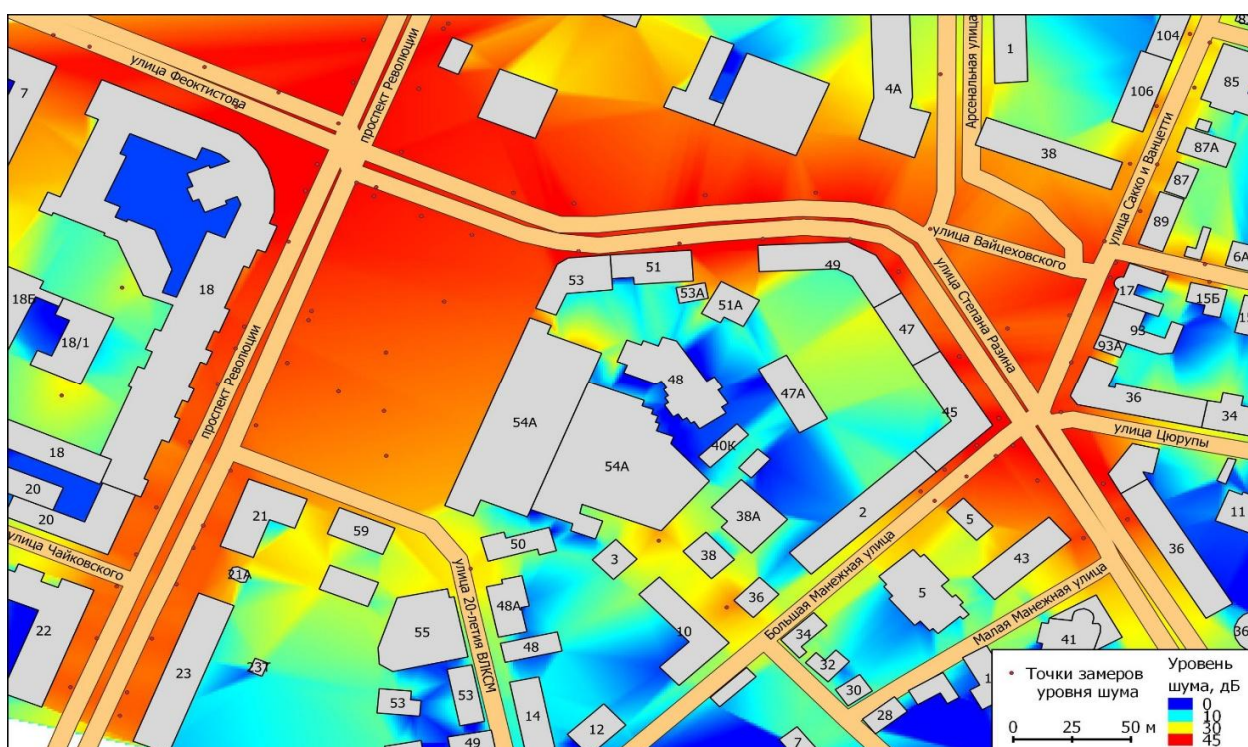


Рис. 5. Схема акустической нагрузки района «Петровский сквер»
с применением «барьерного метода»
● точка отбора пробы

Снижение шума за счет озеленения и застройки составило по нашим оценкам в среднем от 12 до 20 дБ на участках интенсивного движения транспорта.

На остальных территориях, относящихся к зонам акустического дискомфорта, различные уровни приведенного риска заболеваний сердечно-сосудистой системы сформируются в более поздние сроки.

Приведенный риск заболеваний органов слуха под воздействием транспортного шума оценивается, как низкий, слабо влияющий на уровень состояния здоровья. Приведенный риск заболеваний нервной системы во всех 70 точках акустического дискомфорта оценивается как низкий. К наиболее эффективным мероприятиям по снижению звукового дискомфорта можно отнести: формирование общегородской системы зеленых насаждений, которые играют существенную роль в снижении звука его при распространении; строительство шумозащитных экранов, зонирование территории, направленное на выделение и изоляцию ареалов с повышенным уровнем шума; сосредоточение источников шума на территории промышленных зон, удаленных от застройки; разработка рациональной транспортной сети территории, предусматривающая трассировку скоростных и железных дорог в обход жилых кварталов городов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Виноградов П.М. Оценка акустической и автотранспортной нагрузки в городе Воронеж / П.М. Виноградов, А.П. Карпова // Медико-экологическая диагностика состояния окружающей среды города Воронежа: сб. науч. статей / Под общ. редакцией С.А. Куролапа и О.В. Клепикова. – Воронеж: Изд-во «Научная книга», 2017. – С. 70-78.
2. Иванов Н.И. Основы виброакустики: учебник/ Н.И. Иванов, А.С. Никифоров – Санкт-Петербург: Политехника, 2000. - 482 с.
3. Интегральная экологическая оценка состояния городской среды / С.А. Куролап, О.В. Клепиков, П.М. Виноградов и др. – Воронеж: Изд-во «Цифровая полиграфия», 2015. - 235 с.
4. 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.
5. МР 2.1.10.0059-12 «Оценка риска здоровью населения от воздействия транспортного шума» (утв. главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 23.03.2011. – 40 с.
6. Состояние здоровья населения в связи с состоянием окружающей среды и условиями проживания населения, оценка риска

здоровью населения от воздействия транспортного шума // Методические рекомендации МР 2.1.10.0059-12 – Москва, 2009. - 40 с.

7. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» утв. постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 31 октября 1996 г. N 36) – 10 с.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ В РЕКЕ ДОН И ВЛИЯНИЯ НА НЕГО ТЕХНОГЕННЫХ ФАКТОРОВ

О.В. Клепиков, Ю.С. Калашников, В.А. Оберемко, А.Г. Баскакова

Практически для каждой территории России характерны свои особенности формирования качества воды поверхностных водных объектов.

Относительно недавно проведенные эколого-гигиенические исследования на обширной территории бассейна Верхнего Дона, на которой имеет место воздействие природных и техногенных факторов, показали ненадежность систем централизованного питьевого водоснабжения сельских районов [1, 8], необходимость совершенствования системы мониторинга качества воды в реке Дон для получения более объективной информации [2], существующие проблемы рекреационного водопользования населения Подворонежья [3, 4, 6], а также имеющее место техногенное воздействие на качество воды притока Дона – ручья «Голубой Дунай» [7].

В продолжение этих исследований нами оценивалось качество воды Верхнего Дона на территории Рамонского, Семилукского, Хохольского и Каширского районов, а также городского округа г. Воронеж, так как именно областной центр оказывает существенное неблагоприятное влияние на качество воды в реке Дон, поскольку со значительной территории правобережной части города (Коминтерновский, Советский, Центральный, Ленинский административные районы) сточные воды через систему канализации поступают на Правобережные очистные сооружения. В свою очередь, сток с Правобережных очистных сооружений поступает в ручей «Голубой Дунай» (кадастровое название - малая река Песчаный Лог) и далее в реку Дон.

Вторым наиболее значимым аспектом влияния на качество воды в реке Дон является сброс воды с плотины Воронежского водохранилища, качество воды в котором, с учетом техногенного влияния города, значительно отличается от относительно чистых природных водных объектов Воронежской области.

Обследуемый в нашей работе участок реки Дон территориально находится на территории 4-х муниципальных районов и городского округа город Воронеж. Протяженность обследуемого участка составляет около 50 километров (рис. 1).

Анализ данных информационного фонда региональной системы социально-гигиенического мониторинга Воронежской области и «Водного реестра Воронежской области», ведущегося в ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области», показал, что в действующей региональной системе мониторинга качества воды в реке Дон имеются 4 контрольные точки отбора проб воды ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области». При этом действующая система мониторинга качества воды в водоемах ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области» ориентирована только на контроль качества воды в местах рекреации и не ориентирована на оценку влияния техногенно измененных притоков на качество воды.

Нами проведена оценка рекреационного неблагополучия мест отдыха на реке Дон по трем группам критериев (качество воды, природный комплекс, уровень техногенной нагрузки (табл. 1).

Установлено, что в настоящее время ни одно из мест не может обеспечить безопасной и комфортной среды для отдыха населения и полностью гарантировать безопасность для его здоровья, поскольку минимальной суммы рангов (4) не получило ни одно из мест рекреации.

При визуальном обследовании наиболее значимого техногенно измененного притока Дона - ручья «Голубой Дунай» со сбросами условно-чистых вод с Правобережных очистных сооружений были определены места отбора проб воды: 1) в ручье «Голубой Дунай» (Песчаный Лог) до сброса условно-чистых сточных вод с Правобережных очистных сооружений; 2) в ручье «Голубой Дунай» (Песчаный Лог) ниже сброса вод условно-чистых сточных вод с Правобережных очистных сооружений; 3) в реке Дон выше впадения в него ручья «Голубой Дунай» на расстоянии в 2,8 км, которая была принята за фоновую точку мониторинга; 4) в реке Дон в месте смешения, т.е. впадения ручья «Голубой Дунай»; 5) ниже точки впадения

на расстоянии 200 метров; 6) ниже точки впадения на расстоянии в 500 м; 7) ниже точки впадения на расстоянии в 2 км.

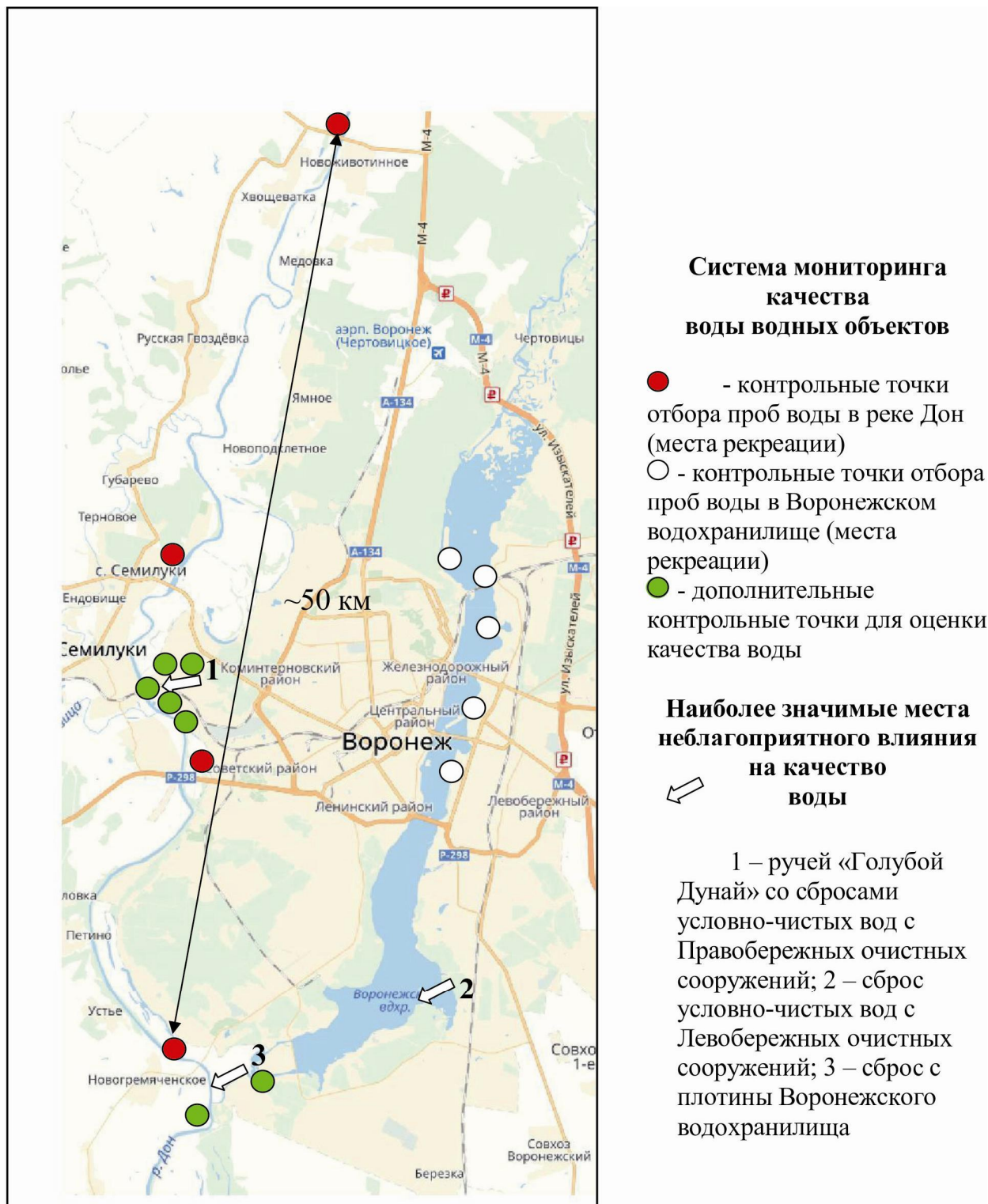


Рис. 1. Действующая система мониторинга качества воды в водоемах (ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области») и дополнительные точки отбора проб воды

Таблица 1

**Комплексная оценка неудовлетворительного состояния
мест рекреационного водопользования реки Дон**

Муниципальный район	Место рекреационного водопользования	Качество воды ^{*)}				Природный комплекс ^{**)}					Уровень техногенной нагрузки ^{*)}					Сумма рангов ^{***)}
		% проб по сан.-хим. показателям	Ранг	% проб по микро-биол. показателям	Ранг	Лесной массив	Луг	Живописность окружающей среды	Сумма баллов	Ранг	ТБО в месте рекреации	Неорганизованный проезд автотранспорта в пойму	Близость выпуска условно-чистых сточных вод в водоем	Сумма баллов	Ранг	
Рамонский р-н	р. Дон, с.Ново-животинное (фоновая к/т)	1,9	1	13,9	1	0	0	1	1	3	1	1	0	2	2	7
Семи-лук-ский р-н	р. Дон - г.Семилуки (место отдыха), к/т №3	0	1	2,1	1	0	0	1	1	3	1	0	0	1	1	6
ГО г.Воронеж	р. Дон, пос. Первое мая (к/т №7)	2,9	2	8,2	1	0	0	1	1	3	1	1	1	3	3	9
ГО г.Воронеж	р.Дон, пгт. Шилово (к/т №8)	1,2	1	4,5	1	0	0	1	1	3	0	0	1	1	1	6

*) Данные ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области»;

**) 0 – фактор отсутствует, 1 – фактор имеет место;

***) – чем выше сумма рангов, тем состояние мест рекреации более неудовлетворительное.

Пробы воды в реке Дон (мониторинговые точки №3 и №7) регулярно отбираются специалистами Центра гигиены и эпидемиологии в Воронежской области. Отбор проб в точках №1 и №2 ручья «Голубой Дунай», а также в контрольных точках №4 (место впадения ручья), №5, №6 (дополнительные контрольные точки мониторинга ниже по течению) был организован в одни и те же дни с отбором проб в точках №3 и №7 (контрольные точки систематического мониторинга, осуществляемого силами ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области»).

Таблица 2

Результаты мониторинга оценки влияния стока с Правобережных очистных сооружений, ручья «Голубой Дунай» на качество воды в реке Дон (санитарно-химические показатели)

Показатель	ПДК или норматив ^{*)}	Ручей «Голубой Дунай»		Река Дон				
		До стока с ПОС (к/т №1)	После стока с ПОС (к/т №2)	До сброса (к/т №3)	Место смешения (к/т №4)	Ниже смешения (200 м) (к/т №5)	Ниже смешения (500 м) (к/т №6)	Ниже смешения (2 км) (к/т №7)
Аммоний-ион (NH_4^+), мг/дм ³	1,5	12,21±0,8	18,34±0,9	0,35±0,12	14,62±3,07	10,20±2,14	7,27±1,53	0,47±0,23
Нефтепродукты, мг/дм ³	0,3	0,02±0,001	0,03±0,002	0,03±0,001	0,03±0,001	0,02±0,001	0,02±0,001	0,02±0,001
Нитраты (по NO_3^-), мг/дм ³	45	10,23±0,58	18,23±1,12	6,10±0,37	7,83±0,47	7,19±0,43	6,65±0,40	3,22±0,38
Нитриты (по NO_2^-), мг/дм ³	3,3	1,31±0,09	1,92±0,22	0,044±0,004	1,63±0,11	1,30±0,09	0,76±0,05	0,73±0,06
Взвешенные вещества, мг/дм ³	0,75 к фону	38,8±3,4	82,3±4,5	18,8±2,4	77,2±7,9	65,3±3,9	32,8±2,8	23,7±2,3
Хлориды, мг/дм ³	350	42,3±1,9	110,9±5,4	18,6±3,0	101,0±9,1	75,7±6,8	53,3±4,8	26,8±3,3
Сульфаты, мг/дм ³	500	50,8±3,3	64,3±5,7	37,8±2,6	54,8±8,2	50,3±7,5	41,4±8,3	40,9±5,5
Фосфат-ион, мг/дм ³	3,5	6,33±0,35	7,88±0,63	0,22±0,03	5,14±0,41	3,21±0,33	2,90±0,32	1,92±0,16
Жесткость, мг-экв./дм ³	7,0	6,2±0,9	6,7±0,8	5,0±0,8	5,8±0,8	5,4±0,8	5,2±0,7	5,1±0,7
Сухой остаток	1000	517,3±20,2	529,1±28,8	373,7±16,8	496,9±22,4	470,0±21,5	422,1±19,0	395,1±18,3
БПК, мг/дм ³	4	8,7±0,9	11,2±1,2	3,55±0,5	10,3±1,2	9,2±1,1	8,3±1,4	6,7±1,1
ХПК, мг/дм ³	30	20,9±1,8	35,8±3,7	16,5±2,2	32,3±3,2	29,5±2,8	22,3±3,3	18,7±3,1
Водородный показатель, pH, ед.	6,5-8,5 ^{**)†}	7,89±0,31	8,22±0,52	7,72±0,41	8,29±0,15	7,95±0,13	7,83±0,12	7,82±0,11

^{*)} ГН 2.1.5.1315-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования» и СанПиН 2.1.5.980-00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод»

^{**)†} Интервал значений водородного показателя для природных вод 6,5-8,5.

Пробы отбирались ежемесячно в различные периоды года (весна, лето, осень) на протяжении двух последних лет. В каждой

контрольной точке отобрано по 54 пробы. Кроме того, нами был расширен список контролируемых показателей, в который дополнительно было включено определение фосфат-иона, жесткости и сухого остатка.

Анализ полученных данных свидетельствует о значительном техногенном влиянии стока ручья «Голубой Дунай», смешанного со стоком с Правобережных очистных сооружений, на качество воды в реке Дон практически по всем санитарно-химическим показателям (табл. 2).

Наиболее значимое техногенное влияние ручья «Голубой Дунай» в смеси со стоком условно-чистых вод с Правобережных очистных сооружений выявлено по аммоний-иону, превышения ПДК которого отмечено в месте смешения в 9,75 раз, ниже впадения на расстоянии в 200 м (в 6,80 раз), и в 500 м (в 4,85 раз); фосфат- иону – превышение ПДК в месте смешения в 1,47 раза, а также показателям БПК в 1,68-2,58 раза и ХПК в 1,07 раза (табл. 3).

Таблица 3

Кратность превышения гигиенических нормативов по санитарно-химическим показателям в мониторинге оценки влияния стока с Правобережных очистных сооружений, ручья «Голубой Дунай» на качество воды в реке Дон

Показатель	Ручей «Голубой Дунай»		Река Дон				
	до стока с ПОС (к/т №1)	после стока с ПОС (к/т №2)	До сброса (к/т №3)	Место смешения (к/т №4)	Ниже смешения (200 м) (к/т №5)	Ниже смешения (500 м) (к/т №6)	Ниже смешения (2 км) (к/т №7)
Аммоний-ион (NH_4^+)	8,14	12,23	0,23	9,75	6,80	4,85	0,31
Нефтепродукты,	0,07	0,10	0,10	0,10	0,07	0,07	0,07
Нитраты (по NO_3^-)	0,23	0,41	0,14	0,17	0,16	0,15	0,07
Нитриты (по NO_2^-)	0,40	0,58	0,01	0,49	0,39	0,23	0,22
Взвешенные вещества							
Хлориды	0,12	0,32	0,05	0,29	0,22	0,15	0,08
Сульфаты	0,10	0,13	0,08	0,11	0,10	0,08	0,08
Фосфат-ион (полифосфаты)	1,81	2,25	0,06	1,47	0,92	0,83	0,34
Жесткость	0,89	0,96	0,71	0,83	0,77	0,74	0,73
Сухой остаток	0,52	0,53	0,37	0,50	0,47	0,42	0,40
БПК	2,18	2,80	0,89	2,58	1,55	2,08	1,68
ХПК	0,70	1,19	0,55	1,07	0,98	0,74	0,62
Водородный показатель, pH	Не выходил за пределы диапазона природных вод Воронежской области						

Проведенные исследования воды на микробиологические показатели в месте смешения в летний период (к/т №4) свидетельствуют о крайне небезопасном в эпидемиологическом отношении качества воды: общие колиформные бактерии – более $2,4 \cdot 10^6$ КОЕ/100, термотолерантные колиформные бактерии – до 230 КОЕ/100мл при нормативе не более 100 КОЕ/100мл, из возбудителей кишечных инфекций обнаружена *Salmonella Thompson*.

Таким образом, нами обоснованы предложения по совершенствованию существующей системы мониторинга качества воды в реке Дон в месте впадения ручья «Голубой Дунай»: для получения объективной информации необходимо существующую систему мониторинга качества воды в реке Дон на данном участке дополнить тремя контрольными точками отбора проб (№4,5,6), а также осуществлять контроль качества воды в ручье «Голубой Дунай» как минимум в двух контрольных точках (до впадения стока условно-чистых вод с Правобережных очистных сооружений - №1 и после места впадения - №2).

Следует увеличить периодичность отбора проб, учитывая паводковый период и межень, а также расширить перечень контролируемых загрязнителей, включив в него фосфаты, которые являются надежным индикатором загрязнения.

Вторым существенным объектом влияния на качество воды в реке Дон является сброс с платины Воронежского водохранилища, 2/3 акватории которого находится в городской черте.

На качество воды в Воронежском водохранилище влияют ливневые и талые воды, попадающие в него с территории города, а также сброс условно-чистых вод с Левобережных очистных сооружений.

Система мониторинга качества воды в Воронежском водохранилище в настоящее время включает отбор и анализ проб воды в 5 контрольных точках (местах рекреации – организованных пляжах) по 9-ти санитарно-химическим и 5 показателям эпидемиологической безопасности.

Первая контрольная точка на Воронежском водохранилище - место отдыха у санатория имени Максима Горького (пляж санатория). Расположена в верхней части водохранилища на его правом берегу. Это оборудованный песочный пляж. Есть душ. Имеются зонтики для защиты от солнечного излучения. Практически рядом

корт для игры в большой теннис и детская площадка. В прокате можно взять лодку и катамаран. Имеется кафе.

Вторая контрольная точка - организованный пляж у стадиона «Локомотив» в Железнодорожном районе (район Отрожки) – песчаный пляж. Расположена в верхней части водохранилища на его левом берегу, практически напротив первой точки. Пляжная инфраструктура имеется (солнцезащитные зонтики, в пешей доступности кафе). Пляж примыкает к инфраструктуре стадиона «Локомотив», который прошел капитальное переоборудование к Чемпионату мира по футболу 2018 года как тренировочная база для команд.

Третья контрольная точка - место отдыха у парка "Дельфин" - оборудованный песчаный пляж. Расположен в средней части акватории водохранилища на его левом берегу. Есть кафе, туалет, прокат лодок и катамаранов.

Четвертая контрольная точка - место отдыха в парке "Алые паруса" - оборудованный песчаный пляж. Пляж расположен в средней части акватории водохранилища на его левом берегу. Имеется кафе, туалет, прокат лодок и катамаранов.

Пятая контрольная точка - место отдыха у ДК им. Кирова – песчаный пляж. Пляжная инфраструктура в настоящее время не развита.

Анализ данных о качестве воды в рассматриваемых местах рекреации за 2013-2017 годы показывает, что из числа мониторируемых санитарно-химических показателей имелись факты превышений гигиенических нормативов по ХПК (в 2,61 раза) и БПК (в 8,33 раза). Кроме того, максимальное значение водородного показателя, равное 9,5, выходило за пределы интервала рН, характерного для природных вод Воронежского региона (табл. 4).

Средние арифметические значения показателей, включая ХПК и БПК, не превышали гигиенических нормативов качества воды для поверхностных водных объектов.

Максимальные значения показателя ХПК (78,3 мг/дм³) отмечены в контрольной точке "место отдыха в парке "Алые паруса", ул. Арзамасская, 4) 22.07.2015 г., показателя БПК (33,3 мг/дм³) - в контрольной точке "место отдыха у ДК им. Кирова, ул. Набережная Авиастроителей, 4" 22.08.2013 г., водородного показателя - в контрольной точке "место отдыха у ДК им. Кирова, ул. Набережная Авиастроителей, 4" 26.05.2014 г.

Особое опасение вызывает неудовлетворительное качество воды водохранилища по микробиологическим показателям в летний период (табл. 5).

В летние периоды 2013-2017 годов неблагоприятная ситуация по микробиологическим показателям отмечалась практически во всех местах отдыха у Воронежского водохранилища. За данный период отобрано и проанализировано 280 проб воды на холеру, из них в 126 пробах обнаружены культуры непатогенного для человека холероподобного вибриона (места отдыха у стадиона "Локомотив", у парка "Дельфин", в парке "Алые паруса"); 104 пробы - на обнаружение ротавирусов, из них в 2-х пробах они были обнаружены (место отдыха у санатория им. Максима Горького), 110 проб воды на обнаружение антигена вирусного гепатита, из них в 1 пробе он был обнаружен (место отдыха у санатория им. Горького).

Таблица 4

Санитарно-химические показатели качества воды в местах
рекреации Воронежского водохранилища
(данные 2013-2017 гг.)

Показатель	Число определений	Минимум	Максимум	Среднее $M \pm m$	ПДК или норматив	Средн./норматив	Макс./норматив
Аммоний-йон (NH_4^+), мг/дм ³	189	0,02	1,39	0,10±0,05	1,5	0,07	0,93
Нефтепродукты, мг/дм ³	189	0,02	0,02	0,02±0,00	0,3	0,07	0,07
Нитраты (по NO_3^-), мг/дм ³	189	0,01	6,50	0,98±0,34	45	0,02	0,14
Нитриты (по NO_2^-), мг/дм ³	189	0,01	0,70	0,06±0,03	3,3	0,02	0,21
Взвешенные вещества, мг/дм ³	188	1,50	67,00	9,64±3,19	+0,75к фону	-	-
Хлориды, мг/дм ³	189	7,20	74,00	25,41±2,21	300,00	0,07	0,21
Сульфаты, мг/дм ³	0	-	-	-	100,00	-	-
БПК, мг/дм ³	65	0,47	33,30	3,83±1,58	4,00	0,96	8,33
ХПК, мг/дм ³	118	6,20	78,30	20,22±3,74	30	0,67	2,61
Водородный показатель, pH, ед.	189	6,74	9,50	8,13±0,13	6,5-8,5 ^{*)}	-	

^{*)} Интервал значений водородного показателя для природных вод 6,5-8,5.

Периодически, особенно в теплую погоду, регистрировалось превышение норматива содержания термотолерантных колиформных бактерий (бактерий группы кишечной палочки) до 240 раз.

Поскольку качество воды Воронежского водохранилища контролируется только в местах рекреации, а одной из задач исследования являлась оценка влияния качества воды, сбрасываемой в реку Дон с плотины водохранилища, при этом ближайшая контрольная точка (ДК им. Кирова ул. Набережная Авиастроителей, 4) не учитывает сброс условно-чистых вод с Левобережных очистных сооружений и поступление ливнево-талых вод с техногенно загрязненной территории города ниже Вогрэсовского моста, нами были проведены дополнительные исследования качества воды после водосброса с плотины.

Таблица 5

Микробиологические показатели качества воды в местах рекреации
Воронежского водохранилища ^{*)}
(данные 2013-2017 гг.)

Показатель	Норматив ^{**)}	Место рекреации (место отдыха)				
		у санатория им. Горького	у стадиона "Локомотив"	у парка "Дельфин"	в парке "Алые паруса" ул. Арзамасская, 4	у ДК им. Кирова ул. Набережная Авиастроителей, 4
Термотолерантные колиформные бактерии, КОЕ/100 мл	Не более 100	от 50 до 2400	от 50 до 2400	от 50 до 24000	от 50 до 24000	от 50 до 24000
Ротавирусы	отсутствие	обнаружены	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены
Холероподобный вибрион	отсутствие	не обнаружен	обнаружен	обнаружен	обнаружен	не обнаружен
Колифаги, БОЕ/100 мл	Не более 10	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены	от 15 до 100
Антиген вируса гепатита А	отсутствие	обнаружен	не обнаружен	не обнаружен	не обнаружен	не обнаружен

^{*)} для ротавирусов, холероподобного вибриона, антигена вируса гепатита А отмечался факт обнаружения за анализируемый период из числа всех проанализированных проб.

^{**)} по СанПиН 2.1.5.980-00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод».

Из действующей системы мониторинга реки Дон на участке ниже границы городской черты имеется только одна контрольная точка №8 (контроль осуществляет ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области») в пгт. Шилово (зона рекреации), расположенная выше впадения сброса воды с плотины Воронежского водохранилища.

В этой связи, для оценки вероятного техногенного влияния сброса с плотины Воронежского водохранилища на качество воды в реке Дон, нами предложен и осуществлен отбор проб воды еще в двух точках: в русле сброса (дополнительная контрольная точка №9) и ниже впадения сброса в реку Дон (дополнительная контрольная точка №10). Был расширен перечень определяемых санитарно-химических показателей: дополнительно включено определение фосфат-иона, жесткости и сухого остатка (табл. 6).

Существенное влияние на показатели качества воды в реке Дон на данном участке отмечено в основном по содержанию взвешенных веществ, концентрация которых возросла от контрольной точки пгт. Шилово с $28,5 \pm 3,6$ до $81,35 \pm 5,69$ в контрольной точке ниже сброса с плотины. Отмечено также существенное повышение показателей БПК с $7,3 \pm 0,51$ до $35,2 \pm 0,72$ мг/дм³ и ХПК с $19,7 \pm 1,41$ до $35,2 \pm 0,72$, которые в контрольной точке №10 реки Дон превышают гигиенические нормативы в 2,58 и 1,17 раза соответственно.

Таблица 6

Оценка влияния сброса с плотины Воронежского водохранилища на качество воды в реке Дон

Показатель	ПДК или норматив	Фактическое значение показателя			Соотношение с ПДК или нормативом		
		Дон, к/т №8 (до сброса с Воронежского водохранилища)	Сброс с Воронежского водохранилища (после плотины), к/т №9	Дон, к/т №10 (после сброса с Воронежского водохранилища)	Дон, к/т №8 (до сброса с Воронежского водохранилища)	Сброс с Воронежского водохранилища (после плотины), к/т №9	Дон, к/т №10 (после сброса с Воронежского водохранилища)
Аммоний-ион (NH_4^+), мг/дм ³	1,5	$0,58 \pm 0,05$	$1,46 \pm 0,11$	$1,39 \pm 0,09$	0,39	0,97	0,93
Нефтепродукты, мг/дм ³	0,3	$0,02 \pm 0,005$	$0,02 \pm 0,005$	$0,02 \pm 0,005$	0,07	0,07	0,07
Нитраты (по NO_3^-), мг/дм ³	45	$3,15 \pm 0,22$	$4,45 \pm 0,31$	$4,09 \pm 0,28$	0,07	0,10	0,09

Показатель	ПДК или норматив	Фактическое значение показателя			Соотношение с ПДК или нормативом		
		Дон, к/т №8 (до сброса с Воронежского водохранилища)	Сброс с Воронежского водохранилища (после плотины), к/т №9	Дон, к/т №10 (после сброса с Воронежского водохранилища)	Дон, к/т №8 (до сброса с Воронежского водохранилища)	Сброс с Воронежского водохранилища (после плотины), к/т №9	Дон, к/т №10 (после сброса с Воронежского водохранилища)
Нитриты (по NO_2^-), мг/дм ³	3,3	0,53±0,04	0,89±0,06	0,67±0,05	0,16	0,27	0,20
Взвешенные вещества, мг/дм ³	+0,7 5 к фо- ну	28,50±1,95	90,85±6,35	81,35±5,69	-	-	Увеличение на 52,85 мг/дм ³
Хлориды, мг/дм ³	350	30,8±2,15	37,8±2,65	34,5±2,41	0,09	0,11	0,10
Сульфаты, мг/дм ³	500	45,3±3,16	60,3±4,22	58,8±4,11	0,09	0,12	0,12
Фосфат-ион, мг/дм ³	3,5	1,85±0,12	3,52±0,24	2,98±0,20	0,53	1,01	0,85
Жесткость, мг-экв./дм ³	7	5,23±0,36	5,85±0,40	5,74±0,39	0,75	0,84	0,82
Сухой остаток	1000	458,9±32,1	518,9±36,3	505,1±35,3	0,46	0,52	0,51
БПК, мг/дм ³	4	7,3±0,51	18,51±1,29	10,3±0,72	1,83	4,63	2,58
ХПК, мг/дм ³	30	19,7±1,41	41,5±2,91	35,2±0,72	0,66	1,38	1,17
Водородный показатель, рН, ед.	6,5-8,5	7,98±0,55	8,62±0,61	8,12±0,56	0,00	0,00	0,00

Индекс загрязнения воды (ИЗВ), наряду с ХПК и БПК является интегральным показателем качества воды.

Обобщая материалы мониторинга качества воды в реке Дон на исследуемом участке, можно с достаточной степенью достоверности говорить об ухудшении её качества по сравнению с контрольной точкой начала обследуемого участка (с. Новоживотинное), показатели которой приняты за фоновые (табл. 7, рисунок 2).

Фоновая точка располагается на расстоянии 27,5 км от контрольной точки №3 выше по течению.

Установлено, что наибольшее влияние на качество воды в реке Дон оказывает приток «Голубой Дунай», в который сбрасываются условно-чистые воды с Правобережных очистных сооружений города Воронежа, что подтверждено наивысшими значениями ИЗВ (12,38), БПК (10,3), ХПК (32,2) в месте смешения (к/т №4). На расстоянии 2 км от места смешения происходит снижение ИЗВ до 8,65 единиц (к/т №7), а на расстоянии 17 км (контрольная точка №8) – до 1,39 единиц. После смешения воды реки Дон с водой сброса с пло-

тины Воронежского водохранилища происходит увеличение ИЗВ до 2,35 единиц, однако это увеличение значительно меньше, чем при смешении с притоком ручья «Голубой Дунай».

Таблица 7

Оценка влияния техногенно измененных притоков реки Дон на качество воды (интегральные показатели)

Интегральный показатель	Фоновая точка контроля реки Дон (село Новоживотинное)	Оценка влияния ручья «Голубой Дунай»			Оценка влияния сброса воды с плотины Воронежского водохранилища	
		Дон, к/т №3 (до смешения с ручьем «Голубой Дунай»)	Дон, к/т №4, место смешения с ручьем "Голубой Дунай"	Дон, к/т №7, ниже 2 км от места смешения с ручьем "Голубой Дунай"	Дон, к/т №8, до сброса с Воронежского водохранилища	Дон, к/т №10, после сброса с Воронежского водохранилища
ИЗВ ^{*)}	0,65	0,67	12,38	1,17	1,39	2,35
БПК	3,48	3,55	10,3	6,7	7,3	10,3
ХПК	10,5	16,5	32,2	18,7	19,7	35,2

^{*)} в расчет индекса загрязнения воды (ИЗВ) включены показатели содержания аммония, нефтепродуктов, нитратов, нитритов, хлоридов, сульфатов, фосфат-иона.

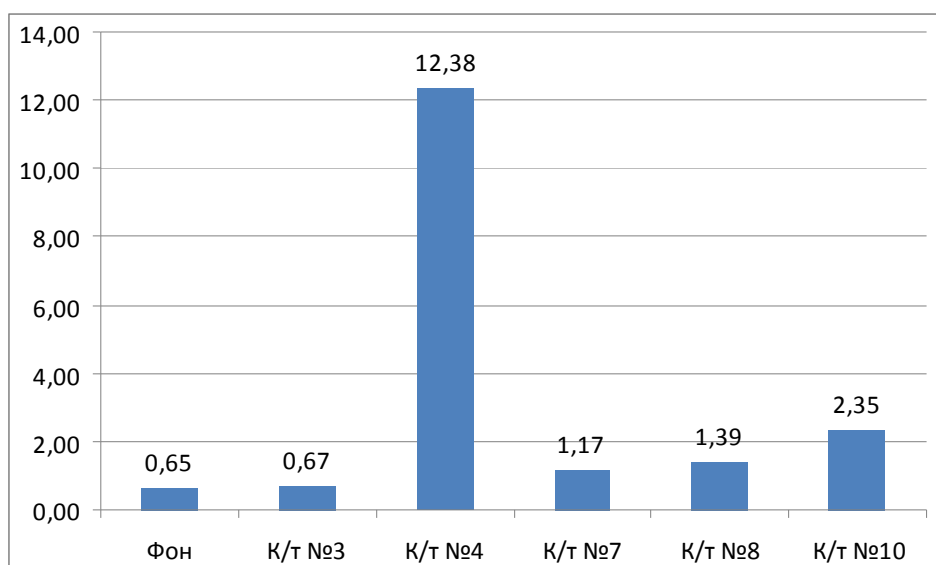


Рис. 2. Индекс загрязнения воды в контрольных точках реки Дон

Таким образом, результаты исследования показывают, что на качество воды реки Дон оказывает резко выраженное техногенное влияние город Воронеж, и, в частности, сточные воды, сбрасываемые с Правобережных очистных сооружений, а также воды с внутригородского Воронежского водохранилища, в которое поступают без очистки ливнево-талые воды с территории города и сброс условно-чистых вод с Левобережных очистных сооружений.

Существующая система мониторинга качества воды, ориентированная лишь на контроль показателей в местах рекреации, не в полной предоставляет объективную информацию о влиянии техногенных факторов. В этой связи, необходимо усовершенствовать систему мониторинга для получения объективной информации об уровне негативного влияния техногенно измененных притоков Дона – ручья «Голубой Дунай», сброса условно-чистых вод с Правобережных очистных сооружений, сброса воды с плотины Воронежского водохранилища, 2/3 акватории которого ситуационно расположено на территории города, включив в неё дополнительные контрольные точки отбора проб и определяемые показатели (фосфат-ион, жесткость, сухой остаток).

ЛИТЕРАТУРА

1. Калашников Ю.С. Оценка санитарно-эпидемиологической надежности систем централизованного питьевого водоснабжения территорий бассейна Верхнего Дона / Ю.С. Калашников, О.В. Клепиков, Н.П. Мамчик // Санитарный врач. – №8. – 2018. – С. 71-76.
2. Калашников Ю.С. Совершенствование системы мониторинга качества воды в ручье «Голубой Дунай» и реке Дон / Ю.С. Калашников, В.А. Оберемко // Научно-медицинский вестник Центрального Черноземья. Научно-практический журнал. – 2017. – №70. – С.177-182.
3. Клепиков О.В. Анализ показателей микробиологической безопасности воды водных объектов в местах рекреации / О.В. Клепиков, Л.В. Молоканова, М.О. Маслова, Ю.С. Калашников // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Серия Химия. Биология. Фармация - №4. – 2017. – С. 64-68.
4. Клепиков О.В. Интегральная эколого-гигиеническая оценка водно-рекреационного потенциала Воронежской городской агломерации / О.В. Клепиков, М.О. Маслова, Л.В. Молоканова, Ю.С. Калашников // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Серия География. Геоэкология. - 2017. - №1. - С.118-125.
5. Клепиков О.В. Оценка влияния стока условно-чистых вод с правобережных очистных сооружений города Воронежа на качество воды в ручье «Голубой Дунай» и реке Дон / О.В. Клепиков, Ю.С. Калашников, В.А. Оберемко // Медико-экологическая диагностика состояния городской среды: сб. науч. статей / Под общ. редакцией С.А. Куролапа и О.В. Клепикова. – Воронеж, 2017. – С. 106-116.

6. Мамчик Н.П. Оценка качества воды реки Дон в местах рекреационного водопользования населения / Н.П. Мамчик, Ю.С. Калашников // Сборник статей по итогам региональной конференции, посвящённой 95-летию санитарно-эпидемиологической службы России под ред. И. И. Механтьева и Ю. И. Стёпкина. – Воронеж, 2017. - С. 37-40.

7. Оберемко В.А. Экологическое обследование ручья «Голубой Дунай» и оценка его техногенного влияния на качество воды в реке Дон / В.А. Оберемко, С.А. Куролап, Ю.С. Калашников // Сборник статей по материалам III межвузовской научно-практической конференции «Гигиенические и экологические аспекты профилактики заболеваемости на региональном уровне». - Воронеж, 2018. – С. 30-34.

8. Стёпкин Ю.И. Оценка риска воздействия нитратов на здоровье населения Воронежской области / Ю.И.Стёпкин, И.В. Колнет, В.И. Русин, Ю.С. Калашников // Современная экология: образование, наука, практика: мат-лы межд. науч.-практ. конф. – Воронеж, 2017. – Т 2. – С. 176-179.

РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГА ВЛИЯНИЯ СБРОСОВ ГОРОДСКИХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ НА КАЧЕСТВО ВОДЫ ВОРОНЕЖСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Т.И. Прожорина, Т.В. Нагих

Экологическое состояние поверхностных вод – это общественная проблема. Вода – важнейший природный ресурс, благодаря которому весь хозяйственный комплекс, социальные, культурные и гигиенические потребности общества нормально функционируют. Качество воды водных экосистем зависит от сосредоточенного сброса сточных вод промышленных предприятий и коммунального хозяйства.

Поэтому в настоящее время приоритетными являются вопросы рационального использования и охраны водных ресурсов от возрастающего уровня антропогенных нагрузок, а также мероприятия по очистке сточных вод. Прежде всего, это очистка сточных вод на централизованных и локальных очистных сооружениях.

К основному водному объекту города Воронежа относится Воронежское водохранилище, которое является источником технического водоснабжения многочисленных промышленных предприятий и сельскохозяйственных угодий, в том числе используется для орошения посевов, в рекреационных целях, а также для рыболовства [1].

Несмотря на свою значимость, наблюдается ежегодное усиление антропогенного воздействия на водоем. Основными источниками загрязнения акватории Воронежского водохранилища являются: сброс недостаточно очищенных вод с левобережных очистных сооружений (ООО «ЛОС»); неочищенный поверхностный сток ливневых и талых вод с селитебных территорий и промышленных площадок города; пылегазовые выбросы, а также поступление загрязняющих веществ в водоем с территории водосбора [2].

Загрязнение водохранилища делает его непригодным для купания, рекреации, использования для различных видов водного спорта и, самое главное, приводит к ухудшению качества водопроводной воды, а иногда даже и для использования в технических целях [3].

Современная канализация города Воронежа делится на две самостоятельные системы: левобережную (мощность 200 тысяч $\text{м}^3/\text{сутки}$) и правобережную (мощность 400 тысяч $\text{м}^3/\text{сутки}$), которые находятся на балансе ООО «РВК-Воронеж».

В 2015г. из общего объема водоотведения 220,08 млн. м^3 в год, в поверхностные водные объекты г. Воронежа сброшено 219,75 млн. м^3 . В суммарном объеме сброшенных стоков 154,11 млн. м^3 являются загрязненными, 65,63 млн. м^3 - нормативно-чистыми; при этом объем сброса в Воронежское водохранилище составил 125,22 млн. м^3 .

Главным источником негативного воздействия на состояние Воронежского водохранилища является неудовлетворительная работа левобережных очистных сооружений. В структуре левобережных очистных сооружений городские сточные воды проходят две стадии очистки: механическую и биохимическую. После очистки сточные воды левобережных очистных сооружений сбрасываются в Воронежское водохранилище.

Данные Управления Росприроднадзора по Воронежской области о составе сбрасываемых стоков показывают, что при сбросе сточных вод в Воронежское водохранилище имеют место превышения нормативов качества поверхностных вод. Концентрации веществ в выпуске левобережных очистных сооружений превышают нормативные по следующим загрязняющим веществам: взвешенным веществам (2,5 ПДК_{рх}), БПК (5,4 ПДК_{рх}), аммонийному азоту (2,4 ПДК_{рх}),

нитритному азоту (1,2 ПДК_{рх}), фосфатам (12,3 ПДК_{рх}), железу (3,7 ПДК_{рх}), меди (7,0 ПДК_{рх}), алюминию (9,0 ПДК_{рх}), нефтепродуктам (7,2 ПДК_{рх}), СПАВ (2,0 ПДК_{рх}), сульфатам (1,2 ПДК_{рх}) [4,5].

Неудовлетворительная работа очистных сооружений связана с тем, что городские канализационные системы, построенные в 70-х годах прошлого века, работают более 40 лет, поэтому как морально, так и физически устарели. Фактическая мощность очистных станций недостаточна, так как численность населения города превысила уже 1 млн. человек, объемы промышленности постоянно растут и количество сточных вод ежегодно увеличиваются, поэтому станции перегружены. Кроме того, традиционно используемые технологии обработки воды недостаточно эффективны и нуждаются в современных методах [6,7].

В мае 2012г. городская дума Воронежа отвергла инвестиционную программу ООО "Левобережные очистные сооружения" на 2012-2019 годы. Однако, спустя три года, постановлением администрации городского округа город Воронеж от 29.12.2015 утверждено «Техническое задание по разработке инвестиционной программы ООО "ЛЕВОБЕРЕЖНЫЕ ОЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ" на 2016 - 2025 годы». Целью разработки инвестиционной программы является реализация мероприятий Программы комплексного развития, которые направлены на решение следующих задач:

- строительство новых объектов водоотведения и очистки сточных вод;
- реконструкция существующих объектов водоотведения и очистки сточных вод;
- внедрение новых технологий, нового оборудования, новых материалов в системе водоотведения и очистки сточных вод;
- уменьшение техногенного воздействия на окружающую среду.

В связи с вышеперечисленным вопрос о сохранении чистоты важного водного объекта стоит достаточно остро. Поэтому одной из первоочередных природоохранных задач города является контроль за качеством работы городских очистных сооружений. Все вышесказанное подтверждает актуальность выбранного исследования.

Цель данной работы заключалась в исследовании влияния сточных вод левобережных городских очистных сооружений на качество вод Воронежского водохранилища на основании результатов мониторинга химического состава воды в период с 2017 по 2018 гг.

Чтобы судить о характере и степени загрязнения исследуемого водного объекта под влиянием сбросов городских очистных соору-

жений, нами было проведено сравнение фоновых показателей - на 500 м выше источника загрязнения (проба №1) с показателями качества воды в пробах, отобранных непосредственно в месте сброса (проба №2) и на 1000 м ниже источников загрязнения (проба №3) [8].

Для этих целей 13.06.2017г. были отобраны три разовые пробы воды из Воронежского водохранилища. Однако прежде, чем провести отбор проб, были детально изучены аэрофотоснимки расположения очистных сооружений и мест выпуска сточных вод с помощью приложения GoogleMap.

Химический анализ некоторых загрязнителей исследуемых проб воды проводился в аттестованной эколого-аналитической лаборатории факультета географии, геоэкологии и туризма Воронежского госуниверситета с применением следующих методов анализа: весовой (взвешенные вещества); титриметрический (общая жесткость); потенциометрический (pH); кондуктометрический (общая минерализация); фотоколориметрический ($\text{Fe}_{\text{общ}}$, NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , цветность); вольтамперометрический (Mg^{2+} , Cd^{2+} , Pb^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+}) и метод аэрофотосъемки [9, 10].

Результаты химического анализа отобранных проб воды представлены в таблице 1.

Таблица 1

Химический состав водных проб из Воронежского водохранилища (данные 2017 г.)

Показатели	№ 1 На 500 м выше сброса (фон)	№ 2 В месте сброса сточных вод	№ 3 На 1000 м ниже сброса	ПДК рыбохо- зяйственного назначения
Запах, баллы	IV	IV	III	
Цветность, градусы	20	70	25	
pH	6,7	6,3	6,5	6,5-8,5
Взвешенные вещества, мг/л	61,5	395,0	139,5	Фон+ 0,75
Минерализация, мг/л	509	850	558	1000
Общая жест- кость, ммоль/л	4,48	5,58	4,54	7,0
$\text{Fe}_{\text{общ}}$, мг/л	0,13	0,36	0,14	0,1
NH_4^+ , мг/л	2,88	12,95	5,82	0,5
NO_2^- , мг/л	0,96	1,17	1,08	0,08
NO_3^- , мг/л	70,94	122,75	99,67	40
PO_4^{3-} , мг/л	1,16	3,29	1,57	0,6

По результатам химического анализа сделаны следующие выводы:

1. Фоновые значения концентраций загрязняющих веществ в исследуемых водных объектах (500 м выше сброса сточных вод городских очистных сооружений) не соответствуют нормативам для вод рыбохозяйственного назначения. В пробах воды из Воронежского водохранилища обнаружены следующие превышения ПДК: NH_4^+ в 5,8 раза; NO_2^- в 12 раз; NO_3^- в 1,8 раза; PO_4^{3-} в 1,9 раза; $\text{Fe}_{\text{общ}}$ в 1,3 раза. Приведенные данные свидетельствует о загрязненности природных вод (принятых в качестве фоновых) источниками, расположенными выше по течению.

2. Фактические концентрации загрязняющих веществ в пробах воды, отобранных непосредственно в местах выпуска сточных вод ООО «ЛЮС», не соответствуют нормативам для вод рыбохозяйственного назначения. Так, например, установлены превышения ПДК: NH_4^+ в 25,9 раза; NO_2^- в 14,6 раза; NO_3^- в 3,1 раз; PO_4^{3-} в 5,5 раза; $\text{Fe}_{\text{общ}}$ в 3,6 раза; взвешенные вещества в 6,4 раза.

Во всех пробах воды отмечаются неудовлетворительные органолептические показатели, так как повышена цветность и интенсивность запаха.

Результаты анализа свидетельствуют о низкой эффективности работы левобережных очистных сооружений г. Воронежа.

3. В пробах воды, отобранных после сброса сточных вод (на 1000 м ниже источников загрязнения), не происходит полного самоочищения воды за счет перемешивания и разбавления загрязняющих веществ со свежими порциями водных потоков, так как значения некоторых показателей превышают фоновые. Так, в пробах воды из Воронежского водохранилища обнаружены следующие превышения ПДК: NH_4^+ в 11,6 раза; NO_2^- в 13,5 раза; NO_3^- в 2,5 раза; PO_4^{3-} в 2,6 раза; $\text{Fe}_{\text{общ}}$ в 1,4 раза; взвешенные вещества в 2,2 раза.

Таким образом, повышение фактических концентраций загрязняющих веществ в пробах воды, отобранных ниже сброса сточных вод, свидетельствует о том, что левобережные очистные сооружения г. Воронежа являются источником загрязнения Воронежского водохранилища.

В 2018 году был продолжен мониторинг вод Воронежского водохранилища. Для этих целей летом этого года были отобраны разовые пробы воды в тех же точках и выполнен химический анализ водных проб, результаты которого приведены в таблице 2.

Результаты анализа показали, что сточные воды левобережных очистных сооружений (проба №2) являются недостаточно очищенными, так как в них наблюдаются превышения ПДК по следующим ингредиентам: взвешенные вещества в 1,4 раза; общая жесткость в 1,6 раза; $\text{Fe}_{\text{общ}}$ в 3,8 раза; NH_4^+ в 8,7 раза; NO_2^- в 5,6 раза; NO_3^- в 1,1 раза; PO_4^{3-} в 1,9 раза; Pb^{2+} в 1,1 раза; Cu^{2+} в 12 раз; Zn^{2+} в 2,8 раза.

Сравнение фоновых показателей (на 500 м выше источника загрязнения) с показателями качества воды в пробе, отобранной на 1000 м ниже источника загрязнения, позволяет судить о характере и степени загрязнения Воронежского водохранилища под влиянием сбросов левобережных очистных сооружений. Исследуемые водные пробы (как выше, так и ниже выпуска сточных вод) также не отвечают нормативным требованиям и характеризуются одинаковыми загрязнителями со сточными водами ООО «ЛЮС».

Таблица 2

Химический состав водных проб из Воронежского водохранилища (данные 2018 г.)

Показатели	№ 1 на 500 м выше сброса (фон)	№ 2 в месте сброса сточных вод	№ 3 на 1000 м ниже сброса	ПДК рыбохоз. назначения
Запах, баллы	IV	V	III	
Цветность, градусы	40	50	40	
Осадок	Большой хлопьевидный коричнево- зеленый	Большой хлопьевидный черный	Заметный хлопьевид- ный серый	
pH	7,4	7,3	7,2	6,5-8,5
Взвешенные вещества, мг/л	268,0	369,5	289,5	Фон+ 0,75
Минерализация, мг/л	278	896	775	1000
Общая жесткость, ммоль/л	3,63	11,07	4,73	7
$\text{Fe}_{\text{общ}}$, мг/л	0,16	0,38	0,24	0,1
NH_4^+ , мг/л	0,1	4,37	1,78	0,5
NO_2^- , мг/л	0,03	0,45	0,03	0,08
NO_3^- , мг/л	8,08	40,03	19,79	40
PO_4^{3-} , мг/л	2,48	1,12	2,03	0,6
Cd^{2+} , мг/л	0,000005	0,000006	0,000006	0,0005
Pb^{2+} , мг/л	0,0056	0,0062	0,0055	0,006
Cu^{2+} , мг/л	0,009	0,012	0,010	0,001
Zn^{2+} , мг/л	0,023	0,028	0,025	0,01

Однако, химический анализ проб воды, отобранных ниже по течению сброса сточных вод (проба №3), показал динамику роста концентраций загрязняющих веществ по сравнению с фоновыми значениями (проба №1). Так, например, выявлен рост превышений: по взвешенным веществам до 1,1 раза; по общей жесткости с 0,5 до 0,7 раза; по $\text{Fe}_{\text{общ}}$ с 1,6 до 2,4 раза; по NH_4^+ с 0,2 до 3,6 раза; по NO_3^- с 0,2 до 0,5 раза; по Cd^{2+} с 0,01 до 0,012 раза; по Cu^{2+} с 9 до 10 раз; по Zn^{2+} с 2,3 до 2,5 раза.

Фоновая минерализация воды относится к среднеминерализованной, а в месте сброса (проба №2) имеет повышенную минерализацию (896 мг/л), в результате чего минерализация пробы воды ниже по течению (проба №3) остается в пределах нормы, однако, возрастает по сравнению с фоном в 3 раза (755 мг/л). Во всех отобранных пробах воды неудовлетворительные органолептические показатели, характеризующиеся повышением цветности, интенсивности запаха и количеством осадка.

Таким образом, на основании результатов мониторинга вод Воронежского водохранилища в период с 2017 по 2018 годы можно заключить, что наблюдается увеличение концентраций загрязняющих веществ в исследуемых водных пробах. Это свидетельствует о возрастающей антропогенной нагрузке и ухудшении качества вод Воронежского водохранилища под воздействием сбросов левобережных очистных сооружений города.

Дальнейшая эксплуатация левобережных очистных сооружений без увеличения их мощности приведет к необратимым экологическим последствиям для водохранилища. Предотвратить деградацию Воронежского водохранилища, а также повысить эффективность очистки сточных вод, помогут технологические мероприятия по реконструкции старых или строительству новых очистных сооружений города Воронежа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воронежского водохранилище : тезисы III научно-практической конференции / Адм. Воронеж. обл. [и др.]; редкол.: Д.М. Жуков [и др.] .— Воронеж, 2005. — 175 с.
2. Интегральная экологическая оценка состояния городской среды / под общ. ред. С.А. Куролапа, О.В. Клепикова - Воронеж: Цифровая полиграфия, 2015. - 234 с.
3. Гидрологическая и экологическая безопасность Воронежского водохранилища : монография / В.М. Мишон. — Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2008 .— 278 с.

4. Сейдалиев Г.С. Проблемы рационального природопользования в бассейне Воронежского водохранилища / Г.С. Сейдалиев // Вестник Воронежского гос. ун-та. Серия География. Геоэкология. – 2007. – №2. – С. 106 – 110.

5. Сравнительная гидрогеохимическая характеристика поверхностных и подземных вод Воронежского водохранилища / В.Л. Бочаров, М.Н. Бугреева, Л.Н. Строгонова, М.И. Шкляр; — Воронеж: ИПЦ ВГУ, 2008. – 123 с.

6. Геоэкологические проблемы Воронежского водохранилища / А. Я. Смирнова, Е. Н. Кислякова. - Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2008.- 84 с.

7. Проблемы Воронежского водохранилища / Под ред. И. С. Суровцева .— Воронеж : Изд-во Воронеж.ун-та, 1998 .— 164 с.

8. Муравьев, А.Г. Руководство по определению показателей качества воды полевыми методами. 2-е изд. перераб. и дополн. / А.Г.Муравьев – Санкт-Петербург: «Крисмас+», 1999. – 232 с.

9. Руководство по анализу воды. Питьевая и природная вода, почвенные вытяжки / Под ред. к.х.н. А.Г. Муравьева. – Санкт-Петербург: «Крисмас+», 2011. – 264 с.

10. Эколого-аналитические методы исследования окружающей среды: учеб.пособие / Т.И. Прожорина [и др.] – Воронеж: Истоки, 2010. – 304 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ В ПРЕДЕЛАХ ГОРОДА ВОРОНЕЖА И ЕГО ОКРЕСТНОСТЕЙ

Т.И. Прожорина, Т.В. Нагих

Состояние питьевого водоснабжения продолжает оставаться одной из актуальных задач по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия населения Воронежской области, поскольку является одним из определяющих факторов охраны здоровья населения.

Проблемы в сфере водоснабжения городского округа город Воронеж типичны для населенных пунктов Центрального федерального округа: загрязненность и истощение месторождений под-

земных вод, изношенность разводящих сетей, неудовлетворительное состояние зон санитарной охраны водозаборных скважин, неполная обеспеченность жилищного фонда централизованным водоснабжением. Так, централизованным водоснабжением охвачено 61,8% населения Воронежской области, в городском округе город Воронеж - 95%. На долю децентрализованного питьевого водоснабжения (колодцы, одиночные скважины, колонки, родники) приходится 5% [2].

В 2015 году в Воронежской области насчитывалось 175 источников нецентрализованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, из них 159 (91%) – в сельской местности. Так как городские и сельские жители активно пользуются водой из децентрализованных источников для питьевых целей, то управлением Роспотребнадзора по Воронежской области ежегодно организуется отбор проб и лабораторные исследования воды по санитарно–химическим и микробиологическим показателям.

В динамике за последние три года, в целом по Воронежской области, по данным лабораторного контроля отмечено ухудшение показателей состояния питьевой воды систем нецентрализованного хозяйственно-питьевого водоснабжения; удельный вес проб воды, не соответствующих гигиеническим нормативам по санитарно-химическим и микробиологическим показателям, увеличился и составил 50,3% (2013 г. - 42,2%) и 6,7% (2013 г. - 4,6%) соответственно.

В 2015 году наиболее неблагополучными территориями по санитарно-химическим показателям в источниках нецентрализованного хозяйственно-питьевого водоснабжения (показатель выше среднеобластного уровня) определены 10 муниципальных образований: Бобровский (100%), Воробьевский (100%), Таловский (100%), Каширский (100%), Петропавловский (63,2%), Кантемировский (66,7%), Подгоренский (66,7%), Калачеевский (52,9%) районы; Борисоглебский ГО (72,7%) и ГО г. Воронеж (53,3%). Приоритетным загрязнителем источников децентрализованного водоснабжения остаются нитраты. Доля проб питьевой воды в источниках нецентрализованного водоснабжения, не соответствующих гигиеническим нормативам по микробиологическим показателям, превысила среднеобластной показатель в Каменском (100%), Воробьевском (33,3%), Терновском (33,3%), Эртильском (33,3%), Новохоперском (28,6%), Россошанском (10,0%) районах и ГО г. Воронеж (30,8%) [2].

Давно отмечена связь между заболеваемостью населения и характером водоснабжения. Хозяйственно-питьевое водоснабжение населения Воронежской области и г. Воронежа, в частности, обеспечивается из подземных водоисточников, в водах которых содержится избыточное количество таких ингредиентов как железо, бор, марганец имеющих природное происхождение, и нитраты - антропогенного происхождения.

Несмотря на то, что в г. Воронеже осуществляется долгосрочная муниципальная целевая программа "Чистая вода городского округа город Воронеж на 2011-2017 годы", а также проводятся различные водоохранные мероприятия, качество питьевой воды нуждается в постоянном мониторинге и контроле [3].

Цель работы заключается в оценке качества воды источников децентрализованного питьевого водоснабжения в пределах г. Воронежа и его окрестностей.

В связи с тем, что население города Воронежа и его окрестностей активно использует воду из колонок, одиночных скважин, колодцев и родников в питьевых целях, считая ее более чистой, чем питьевая вода из водопровода, в соответствии с ГОСТом 17.1.5.05.-85 авторами работы было отобрано 10 проб воды из децентрализованных источников водоснабжения, характеристика которых приведена в таблице 1.

Исследования химического состава проб воды проводились на базе аттестованной эколого-аналитической лаборатории факультета географии, геоэкологии и туризма Воронежского госуниверситета.

Химический анализ некоторых загрязнителей исследуемых проб воды был выполнен на следующий день после отбора проб с применением следующих методов анализа: титриметрический (общая жесткость, Ca^{+2} , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^-); кондуктометрический (общая минерализация); потенциометрический (pH); фотоколориметрический (общее железо, нитраты); расчетный (Mg^{+2}) [5].

Вода, используемая в питьевых целях, должна соответствовать СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества», иметь благоприятные органолептические свойства, быть безвредной по химическому составу и безопасной в эпидемическом и радиационном отношении [4].

Таблица 1

Точки отбора проб воды из децентрализованных
источников в пределах г. Воронежа и его окрестностей

№ точки (пробы)	Характеристика источника	Адрес взятия пробы
1	Водопроводная колонка	г. Воронеж, ул. Хользунова д. 12
2	Водопроводная колонка	г. Воронеж, Бауманский переулок д. 19
3	Скважина глубиной 42м	Село Подгорное ул.Апраксина 76
4	Скважина глубиной 30м	г. Воронеж, ул. Колхозный путь 72
5	Родник "Митрофановский"	г. Воронеж, ул. Софьи Перовской 96
6	Родник «Святого Тихона Чудотворца»	В селе Подгорное
7	Родник №2	Пос. Рыбачий в центральной части
8	Родник "Забота"	расположен в Шиловском лесу, на ул. Чапаева.
9	Родник "Центральный"	Г. Воронеж, расположен в центральной части парка «Динамо»
10	Родник "Факел"	Пос. Тепличный, в районе базы отдыха ""Факел"

Безвредность питьевой воды из водопроводной сети по химическому составу определяется ее соответствием нормативам ПДК для вод хозяйственно-питьевого назначения. Эта вода проходит специальную очистку на городских станциях водоподготовки. Однако, вода из колодцев, скважин, родников и колонок, потребляется населением в питьевых целях без предварительной очистки. В связи с чем, для вод из децентрализованных источников в СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода» установлены менее жесткие ПДК.

На основании результатов химического анализа исследуемых проб воды были сделаны следующие выводы.

Из 10 отобранных проб воды, в пяти пробах установлено, что общая минерализация не соответствует требуемым нормативам. Пресной считается вода, имеющая общее солесодержание, или минерализацию, не более 1000 мг/л. Среди пресных вод, в зависимости от величины солесодержания, выделяют воды: ультрапресные

(менее 100 мг/л); маломинерализованные (100-200 мг/л); среднеминерализованные (200-500 мг/л); повышенной минерализации (500-1000 мг/л). Однако, еще во времена СССР имелись рекомендации ВОЗ, по которым для питьевой воды солесодержание не должно превышать 500 мг/л [1].

Результаты анализа показали, что в пробах родников «Митрофановский» (720 мг/л), «Святого Тихона Чудотворца» (515 мг/л), «Центральный» парке Динамо (616 мг/л), «Факел» в пос. Тепличный (732 мг/л) и в пробе №2 из скважины в с. Подгорное (520 мг/л) минерализация характеризуется как «повышенная».

Кроме того, обнаружено, что в пробах воды из родников «Митрофановский» и «Центральный» из парка Динамо общая жесткость превышает ПДК (≤ 7 ммоль/л) в 1,04 и 1,34 раза соответственно. Воды этих источников характеризуются как «жесткие» и «очень жесткие». Употребление такой воды в питьевых целях может привести к зашлаковыванию организма и образованию камней в органах мочеполовой системы.

Содержание нитрат-ионов во четырех пробах воды также не соответствует требованиям гигиенических нормативов [4], в них наблюдаются значительное содержание нитратного азота, имеющего вероятно, антропогенный характер. Так, например, при норме до 45 мг/л, в пробах №3,5,6,8 содержание нитратов составляет 248,5; 58,5; 50,19 и 123,6 мг/л соответственно. Наличие соединений азота в воде может стать причиной ухудшения качества воды по микробиологическим показателям.

Стоит отметить, что несмотря на повышенное содержание железа в подземных водоносных горизонтах г. Воронежа, в исследуемых пробах превышений не обнаружено.

Таким образом, из 10 проб воды исследуемых источников централизованного питьевого водоснабжения, отобранных в пределах г. Воронежа и его окрестностей, по санитарно-химическим показателям *наилучшим качеством* обладают пробы воды:

- из водопроводной колонки по ул. Хользунова д.12 и пер. Бауманский д.19 (проба «1 и 2»);
- из скважины (глубиной 30м) по ул. ул. Колхозный путь д.72 (проба №4);
- из родника №2 в центральной части пос. Рыбачий (проба №7).

Однако, для рекомендации этих родниковых вод в питьевых целях, необходимо дополнительно провести микробиологический

анализ. Основными причинами низкого качества питьевой воды являются:

- продолжающееся антропогенное загрязнение поверхностных и подземных вод;
- природное загрязнение воды;
- сброс неочищенных сточных вод в водные объекты;
- загрязненность атмосферы выбросами промышленных предприятий, коммунальными отходами частного сектора, домовладений без канализационной сети;
- недостаточный контроль за режимом хозяйствования;
- отсутствие у источников водоснабжения зон санитарной охраны, устроенных надлежащим образом;
- наличие бесхозных водозаборов;
- рост несанкционированных свалок и др.

Сведения об обеспеченности населения доброкачественной питьевой водой исполнение требований Федерального закона от 07.12.2011 №416-ФЗ «О водоснабжении и водоотведении», а также реализация государственных программ Воронежской области изменили подход к проблеме качества питьевой воды и обеспечили совершенствование системы государственного контроля и регулирования в сфере водоснабжения и обеспечения качества жизни населения. В 2015 году 94% от общей численности населения Воронежской области было обеспечено централизованным водоснабжением. В динамике за последние три года сохраняется стабильный рост удельного веса населения, обеспеченного водой надлежащего качества, который в 2015 году составил 99,4%, против 95,8% в 2013 году, в том числе сельского населения – 98,8% (2013 г. – 90,5%) 2].

Однако необходимо продолжить мониторинг и контроль за качеством децентрализованного питьевого водоснабжения, а населению города нужно пользоваться фильтрами для доочистки питьевой воды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гальцова В.В. Практикум по водной экологии и мониторингу состояния водных экосистем / В.В. Гальцова, В.В. Дмитриев. – СПб., 2007. –17 с.

2. Доклад о состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения Воронежской области в 2015 году.- Воронеж: Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты

прав потребителей и благополучия человека по Воронежской области, 2016. – 233 с.

3. Долгосрочная муниципальная целевая программа «Чистая вода городского округа город Воронеж на 2011-2017 годы» (2010). Электронный ресурс, режим доступа:

<http://docs.pravo.ru/document/view/15401785/33638704>.

4. СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества». Электронный ресурс, режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901798042>.

5. Эколого-аналитические методы исследования окружающей среды: Учеб. Пособие /Т.И. Прожорина и [др.]. Воронеж: Истоки, 2010. – 304 с.

ИСТОРИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ И АНАЛИЗ КОЛИЧЕСТВЕННОГО УЧАСТИЯ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ В ЗЕЛЕННЫХ НАСАЖДЕНИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ГОРОДА ВОРОНЕЖА

М.А. Клевцова, К.М. Коваленко

Зеленые насаждения являются неотъемлемой частью городской экосистемы. Они играют огромную экологическую роль. Растения окружают города «зеленым поясом» пригородных лесов, лесопарков, сельскохозяйственных угодий. Городской экологический каркас выполняет различные функции: природоохранную, средообразующую, оздоровительную и рекреационную, обеспечивая таким образом благоприятные условия жизни для населения. Природные сообщества за счет биологического разнообразия обладают способностью сглаживать высокую антропогенную нагрузку и позволяют урболандштафтам поддерживать комфортную среду обитания для людей [4].

Общепринятым критерием озелененности городов считается показатель количества озелененных территорий из расчета на одного жителя города. Но резервы самовосстановления таких сообществ не бесконечны. Если нагрузки на экосистему превосходят допустимый предел, то она разрушается, а локальный участок, на котором

она существовала, становится фактором ухудшения экологической обстановки. Риск особо велик для небольших, изолированных природных сообществ друг от друга. В таком случае создание и эффективное функционирование экологического каркаса городской территории является важным компонентом сохранения биоразнообразия и уменьшения фактора экологического риска [2].

История формирования современного облика экологического каркаса города Воронежа насчитывает несколько столетий. Она неразрывно связана с историческими событиями, социальными и экономическими процессами, наложившими определенный отпечаток на темпы развития и структуру каркаса, а также на видовой состав растений, составляющих его [1].

Сам город и его система озеленения развивались постепенно. Так, с 1920 по 1980 год в Воронеже было более 20 парков и скверов, таких как: «Дельфин», парк «Победы», парк «Патриотов», «Алые паруса», «Танаис», «Шинников» и др. Основной видовой состав древесно-кустарниковой флоры включал в себя: *Populus balsamifera* L., *P. alba* L., *P. nigra* L., *Acer tataricum* L., *A. platanoides* L., *Tilia platyphyllos* Scop., *T. cordata* Mill. С появлением новых объектов озеленения растения – интродуценты были наиболее востребованы в условиях городской среды в городах СССР, в том числе и в Воронеже [1].

От ул. Феоктистова (бывший Петровский переулок) до ул. Комиссаржевской (бывший Тулиновский переулок) парковый массив стоял непрерывно, выходя к ул. Ф. Энгельса (бывшая М. Дворянская). На углу улиц Комиссаржевской и Ф. Энгельса, там, где сейчас стоят жилые дома напротив современного кинотеатра «Юность» в усадьбе Шуриновых располагался большой парк со многими аллеями, искусственными ручьями и мостиками через них, с зарослями сирени. Это было самое «соловьиное» место в Воронеже. Большие сады были за гостиницей «Бристоль», при клубах Семейного Общественного собрания.

В 20-30-х гг. XX века из-за интенсивного строительства площадь воронежских парков уменьшилась в несколько раз. Некоторые зелёные массивы вообще были ликвидированы.

В октябре 1940 г. площадь III Интернационала была превращена в парк (сейчас это парк «Орленок»). Территорию засадили ценными породами деревьев и кустарников, которые выделил ВГУ из своего ботанического сада. Также в этом году в городе появился еще один парк на территории Ново-Митрофановского кладбища. В на-

стоящее время это парк культуры и отдыха Ленинского района (парк им. Дурова). Вплоть до Великой отечественной войны велись работы по благоустройству Центрального парка культуры и отдыха [9].

Война нанесла огромный ущерб садам и паркам города. Были уничтожены целые зеленые массивы. После войны сначала реконструировали все существовавшие парки, а после приступили к созданию новых. Только в 1954 г. было посажено 111 тыс. деревьев и 228 тыс. кустарников.

К середине 50-х гг. XX века в Воронеже уже было 11 благоустроенных парков, скверов и садов, располагавшихся в правобережной части города. В левобережной части приступили к возрождению парка завода им. Кирова. В перспективе планировалось создание большого парка при выходе Б. Стрелецкой улицы к реке. По склону и дну карьерных выработок кирпичных заводов в районе улиц Громова и Транспортной намеревались разбить еще один крупный парк. Но, к сожалению, этот замысел, предусмотренный Генпланом 1952 г. и проектом детальной планировки города, так и не был осуществлен [12].

Администрация Воронежской области в 1951 г. передала лесные земли на площади 6039 га в ведение Воронежского областного управления лесного хозяйства для создания зеленых насаждений вокруг г. Воронежа с целью закрепления оврагов и песков и организации на основе этого лесопарков как базы для отдыха населения в природной обстановке.

На этой территории было проведено комплексное агролесомелиоративное обследование и запланированы следующие мероприятия: сплошное облесение песков; посадка защитных лесных насаждений; облесение существующих оврагов и балок. Для осуществления данных видов работ были разработаны схемы посадки и выбран ассортимент древесных и кустарниковых растений. Эти работы были реализованы с 1951 по 1955 гг. Имеющиеся насаждения выступают основой «зеленого кольца» г. Воронежа [3].

Парковый комплекс г. Воронежа создавался согласно современным градостроительным принципам формирования благоустроенной городской среды, образующейся на территории города и его зеленого пояса единой системы озеленения.

Генплан Воронежа, созданный в 1970 г., определил этап, связанный с научным подходом создания урбанизированных ландшафтов, основывающийся на соотношении открытых пространств

(включая покрытые территории) и закрытых территорий. Здесь ведущая роль отведена природно-территориальному комплексу (ПТК) города. ПТК – это совокупность территорий с особым режимом использования земель. Они выделяются в составе городских территорий для сохранения экологически эффективных и озелененных территорий. Они должны составлять единую эколого-градообразующую систему и являться важнейшим фактором стабилизации и улучшения состояния окружающей среды. В состав ПТК входят природные, озелененные и ООПТ (особо охраняемые природные территории). Из всего ПТК наиболее доступными для посещения людьми являются сады, парки, скверы, которые принимают на себя максимальную рекреационную нагрузку.

В дальнейшем создание парков происходило на основе окрестных лесных массивов, попадавших в окружение городской застройки (парки «Дельфин» и «Алые паруса», парк культуры и отдыха Советского района). Были предприняты меры по благоустройству Воронежа. Наибольшее внимание уделялось озеленению улиц и дворов. Это связано с активным развитием промышленности, грузового и легкового автопарка, в связи с чем, воронежцы впервые столкнулись с проблемой загазованности воздуха. Именно в этот период Воронеж приобрел славу «зеленого города». Так, всего лишь за весну 1976 г. в городе было посажено 30 тысяч роз. Только в 1999 г. был заложен новый парк на территории Советского жилого массива [7].

Как мы видим, темпы зеленого строительства Воронежа значительно отставали от темпов жилищного. Наблюдается хроническая нехватка благоустроенных мест отдыха населения. Площадь внутригородских зеленых насаждений в центральной части города, по приблизительным подсчётам, уменьшилась в 6 раз. Вместе с тем, за счет вовлечения в зеленые насаждения города ряда окрестных лесных массивов, попавших в окружение городской застройки, обеспеченность 1 жителя Воронежа площадью зеленых насаждений выросла с 5,2 до 10,0 м². Наиболее насыщенными озелененными территориями является Центральный район (186,7 га).

Эффективность работы «зеленых легких города» зависит от многих факторов: от расположения зеленых зон на территории города, их величины, формы и многих других характеристик. Вопросам озеленения городов России уделяется много внимания, система озеленения является составной и обязательной частью Генерального плана города. При решении системы озеленения города можно вы-

делить две основные группы задач: повышение оздоровительной эффективности озелененных территорий и создание оптимальных и благоприятных условий для роста и развития растений. Сложность состоит в том, что в решении данных задач есть противоречие, порой трудно разрешимое.

В городском озеленении необходимо выделить два основных вида озелененных территорий: внутригородские и пригородные, выполняющие свои специфические роли в оздоровлении городской среды. Пригородные леса испытывают значительные рекреационные нагрузки, являясь главными поставщиками кислорода, выполняя водоохраные функции и являясь местом организации загородного кратковременного и долгосрочного отдыха горожан.

Формирование системы внутригородского озеленения подчинено специфическим городским условиям и иным закономерностям. В городах нашей страны общепринятой является концепция создания единой непрерывной системы озеленения города, состоящей из элементов различного иерархического уровня. Различаются три вида городского озеленения: общественного назначения, ограниченного пользования и специального назначения. Первая группа озелененных территорий представлена городскими и районными парками, скверами, бульварами, озеленением улиц и площадей и является главным «зеленым фасадом» города. Вторая группа насаждений включает озеленённые участки жилых дворов, школ, детских садов, больниц и других общественных учреждений. К третьей группе относятся так называемые средозащитные насаждения, представленные ветро-, пыле- и шумозащитными полосами, озелененные территории санитарно-защитных зон, промышленных предприятий и т.д. [10, 13].

Несмотря на соседство с прекрасными лесами и водоемами, Воронеж обладает достаточно обеднённой планировочной структурой, в которой практически отсутствует единая, общегородская система озеленения. Озеленение Воронежа ни по каким параметрам не соответствует этому ёмкому градостроительному понятию: оно случайно, хаотично, не имеет чёткого планировочного каркаса и единой пространственно-композиционной идеи. Зелёные насаждения мозаично вкраплены в жилую застройку крайне редко и неравномерно, общая площадь их явно недостаточна. Крайне уязвимыми делает зелёные насаждения их небольшая величина и вытянутые, либо сложные, формы плана. Парки в историческом центре города

были основаны еще в XVII – XIX вв. и неоднократно планировались и благоустраивались заново.

Основой планировочного каркаса города Воронеж, системы озеленения должны стать реки Дон, Воронеж, Усмань и Воронежское водохранилище, что позволило бы усилить защиту водных акваторий и самих зелёных насаждений. При этом значительно бы повысились рекреационные качества базовых природно-территориальных комплексов, обогатились бы архитектурно-планировочная композиция города и художественно-эстетическая выразительность городского ландшафта [1].

Реконструкция внутригородского озеленения должна идти по пути возможного увеличения площади существующих участков парков, скверов и бульваров, улучшения структуры имеющихся насаждений и тщательного подбора видового и породного состава. Это позволило бы повысить санитарно-гигиеническую, оздоровительную, рекреационную и эстетическую ценность насаждений. А также повысить их устойчивость к неблагоприятным воздействиям городской среды.

Необходимо начать поиск резервных территорий для создания новых городских и районных парков. На предполагаемых участках нужно определить режим функционирования с целью постепенного освобождения от части строений и перехода к новому функциональному использованию. Строительство этих парков не может быть осуществлено за несколько десятилетий.

Для оценки современного видового разнообразия древесных растений исторической центральной части города Воронежа в летний период 2017-2018 гг. на 17 объектах исследования (в трех скверах и на 14 улицах) нами проведено обследование зеленых насаждений (рис. 1, табл. 1).

Таблица 1

Объекты исследования

№ п/п	Наименование объекта
1	ул. Плехановская (от ВГУ до ул. Кольцовской)
2	ул. Кольцовская (от ул. Плехановской до Цирка)
3	ул. 20-летия Октября (от Цирка до ост. «Некрасова»)
4	ул. Кирова
5	пр-т Революции (до ост. «Работницы»)
6	ул. Пушкинская
7	ул. Никитинская
8	ул. Фр. Энгельса

№ п/п	Наименование объекта
9	ул. Куколкина
10	ул. Красноармейская (от ул. Кольцовской до ул. Кирова)
11	ул. Куцыгина
12	ул. Свободы (от ул. Кольцовской до ул. Кирова)
13	ул. 9 января (от ул. Кольцовской до ул. Пушкинской)
14	Кольцовский сквер
15	Сквер им. Платонова
16	Романовский сквер
17	Сквер Советский

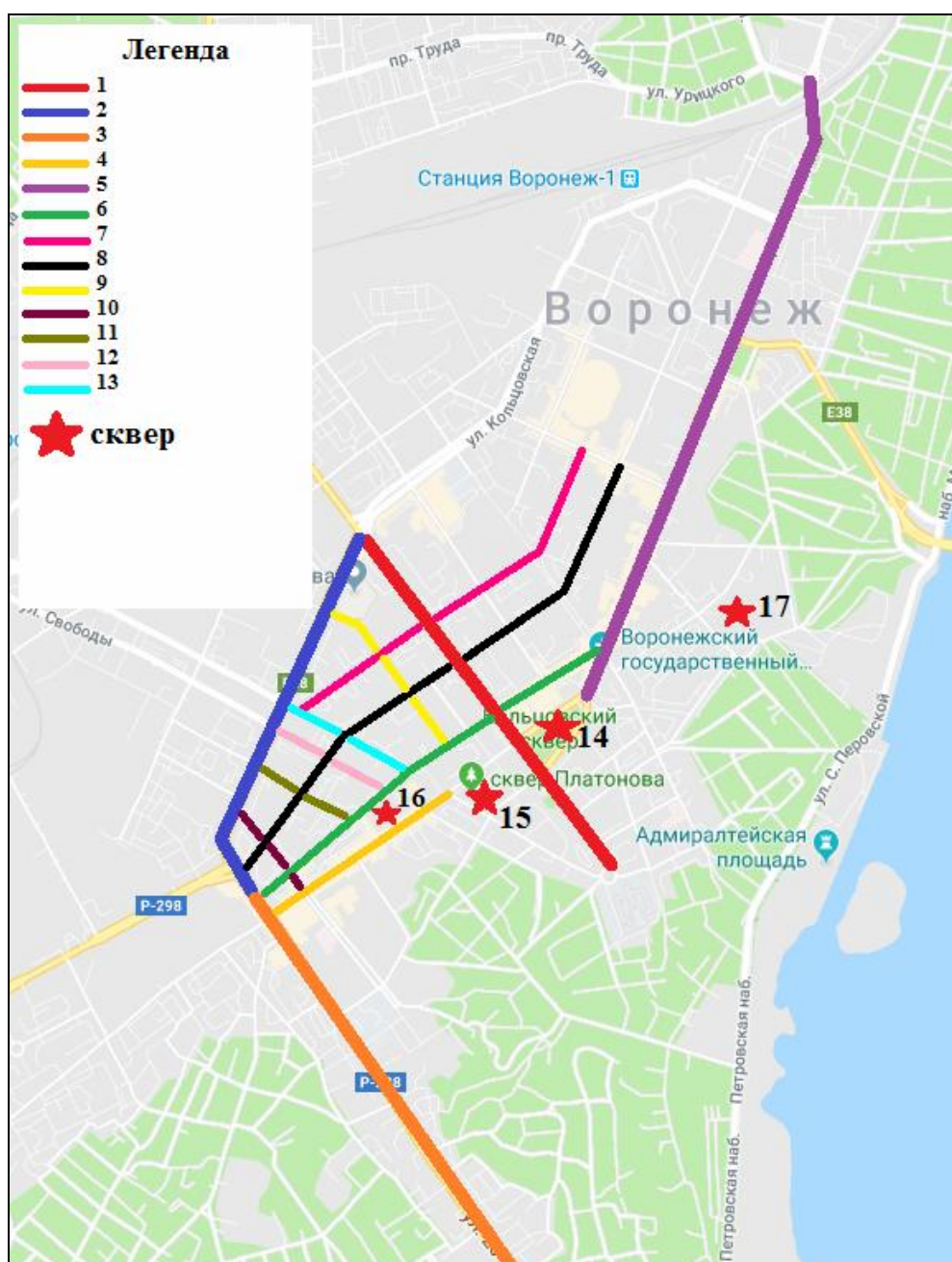


Рис. 1. Линейные и площадные объекты исследования

С учетом рекомендаций Соколовой И.Г. [8], Парахиной Е.А. [5], Сперанской Н.Ю. [11] для оценки степени присутствия и равномерности распределения определенного вида или набора видов для всего или части ареала распространения применяли такой количественный показатель, как встречаемость или частота встречаемости вида. Для определения встречаемости использовался метод подсчета частоты нахождения особей на пробных площадках. По степени встречаемости виды разделяли на следующие категории: I – очень редкий вид (встречается единично, вид представлен на исследуемой территории количеством от 1 до 10 экземпляров); II – редкий вид (вид встречается в 20% от числа исследуемых точек); III – умеренно встречающийся вид (встречается в 21-40%); IV – обычный вид (встречается в 41-60% от числа исследуемых точек); V – часто встречающийся вид (встречается в более чем 61%).

Частота встречаемости вида определяется по формуле (1):

$$R = n/a * 100 \%, \quad (1)$$

где n – число пробных площадок, на которых встречается вид (обследованных улиц и скверов);

a – общее число пробных площадок (обследованных улиц и скверов).

В первую группу по показателю встречаемости вошли следующие виды: *Populus alba* L., *Rhus typhina* L., *Malus domestica* Borkh., *Sorbus intermedia* (Ehrh.) Pers., *Juglans regia* L., *Quercus robur* L., *Q. rubra* L., *Acer ginnala* Maxim., *Gymnocladus dioica* (L.) K. Koch, *Phellodendron amurense* Rupr., *Juglans mandshurica* Maxim., *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco, *Picea abies* (L.) H. Karst, *Larix decidua* Mill., *Pinus nigra* Arnold. Подавляющая часть из них является интродуцентами, за исключением дуба черешчатого, тополя белого и клена приречного, яблони домашней. В категорию «редкий вид» включены *Populus laurifolia* Ledeb., *P. nigra* L., *Tilia begoniifolia* Steven., *Thuja occidentalis* L. Умеренно встречаются такие виды как *Catalpa bignonioides* Walter, *Acer saccharinum* L., *Robinia pseudoacacia* L.

Встречаемость от 41 до 60% отмечена у четырех видов, два из них являются интродуцентами из Северной Америки (рис. 2).

Наиболее распространенными как на площадных, так и в линейных зеленых насаждениях являются восемь видов. Среди них и такой гибрид как *Populus pyramidalis* Roz. × *P. nigra* L. Самый высокий показатель встречаемости отмечен у *Tilia cordata* Mill. Эта порода очень широко представлена во всех категориях насаждений правобережной части Воронежа.

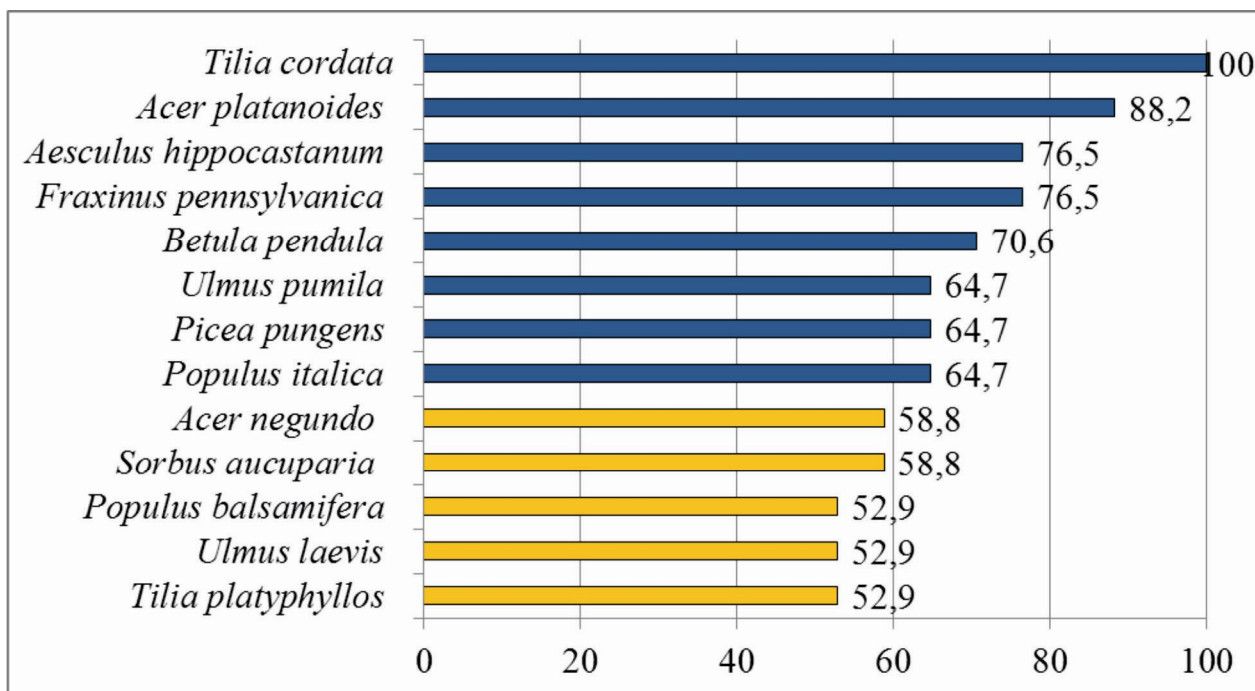


Рис. 2. Встречаемость древесных растений: категория «обычные виды» (выделено желтым) и «часто встречающиеся виды» (выделено синим), %

Интродуцированные виды преобладают во всех категориях (рис. 3), причем большая часть естественно произрастает в Северной Америке.

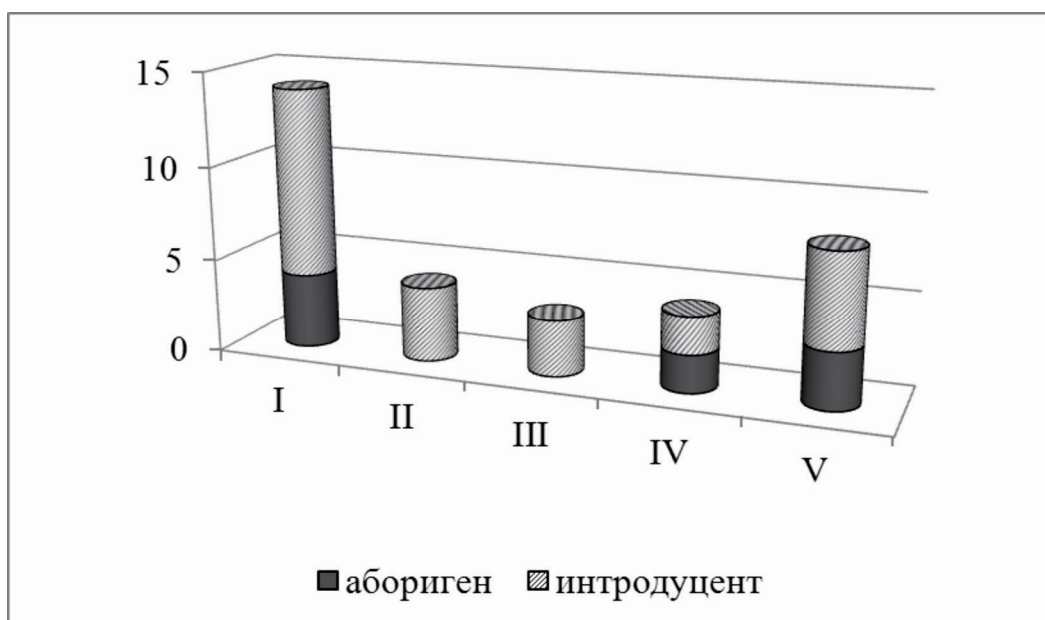


Рис. 3. Распределение видов древесных растений по категориям встречаемости

С учетом рекомендаций Поляковой Е.В. [6] в наших исследованиях доля участия вида в насаждении определялась путем закладки временных пробных площадок и рассчитывалась как отношение

количества деревьев данного вида к общему числу обследованных деревьев всех пород (во взятой выборке зеленых насаждений).

Доля участия вида определяется по формуле (2):

$$V_d = n_i/N \cdot 100\% , \quad (2)$$

где n_i – количество деревьев данного вида на исследуемой территории;

N – общее количество деревьев всех видов на исследуемой территории.

На основе структурного анализа все виды были сгруппированы в пять классов в зависимости от доли их участия в насаждениях: 1 класс – виды с очень низкой долей участия (менее 0,5 % от всех особей); 2 класс – с низкой долей участия (от 0,5 до 1%); 3 класс – со средней долей участия (от 1 до 5 % включительно); 4 класс – с высокой (от 5 до 10 %); 5 класс – с очень высокой долей участия (более 10 %). Результаты вычислений представлены в таблице 2.

Таблица 2

Классификация видов деревьев по долевному участию
в зеленых насаждениях

Класс участия	Виды
1	<i>Populus alba</i> L., <i>Rhus typhina</i> L., <i>Sorbus intermedia</i> (Ehrh.) Pers., <i>Juglans regia</i> L., <i>Malus domestica</i> Borkh., <i>Quercus robur</i> L., <i>Larix decidua</i> Mill., <i>Acer ginnala</i> Maxim., <i>Quercus robur</i> L., <i>Pinus nigra</i> Arnold., <i>Gymnocladus dioica</i> (L.) K. Koch, <i>Phellodendron amurense</i> Rupr., <i>Juglans mandshurica</i> Maxim., <i>Pseudotsuga menziesii</i> (Mirb.) Franco, <i>Picea abies</i> (L.)
2	<i>Thuja occidentalis</i> L., <i>Populus laurifolia</i> Ledeb., <i>P. nigra</i> L., <i>Tilia begoniifolia</i> Steven.
3	<i>Betula pendula</i> Roth., <i>Populus italica</i> (Du Roi) Moench, <i>Sorbus aucuparia</i> L., <i>Ulmus laevis</i> Pall., <i>Acer negundo</i> L., <i>Fraxinus pennsylvanica</i> Marshall, <i>Acer saccharinum</i> L., <i>Robinia pseudoacacia</i> L., <i>Picea pungens</i> Engelm., <i>Ulmus pumila</i> L., <i>Populus balsamifera</i> L., <i>Catalpa bignonioides</i> Walter
4	<i>Aesculus hippocastanum</i> L., <i>Tilia platyphyllos</i> Scop.
5	<i>Tilia cordata</i> Mill., <i>Acer platanoides</i> L.

Для трех видов-индикаторов в графическом формате представлена доля их участия в насаждениях (рис. 4). Так, установлено, что липа мелколистная относится к 5 классу и имеет высокую долю участия на всех объектах исследования.

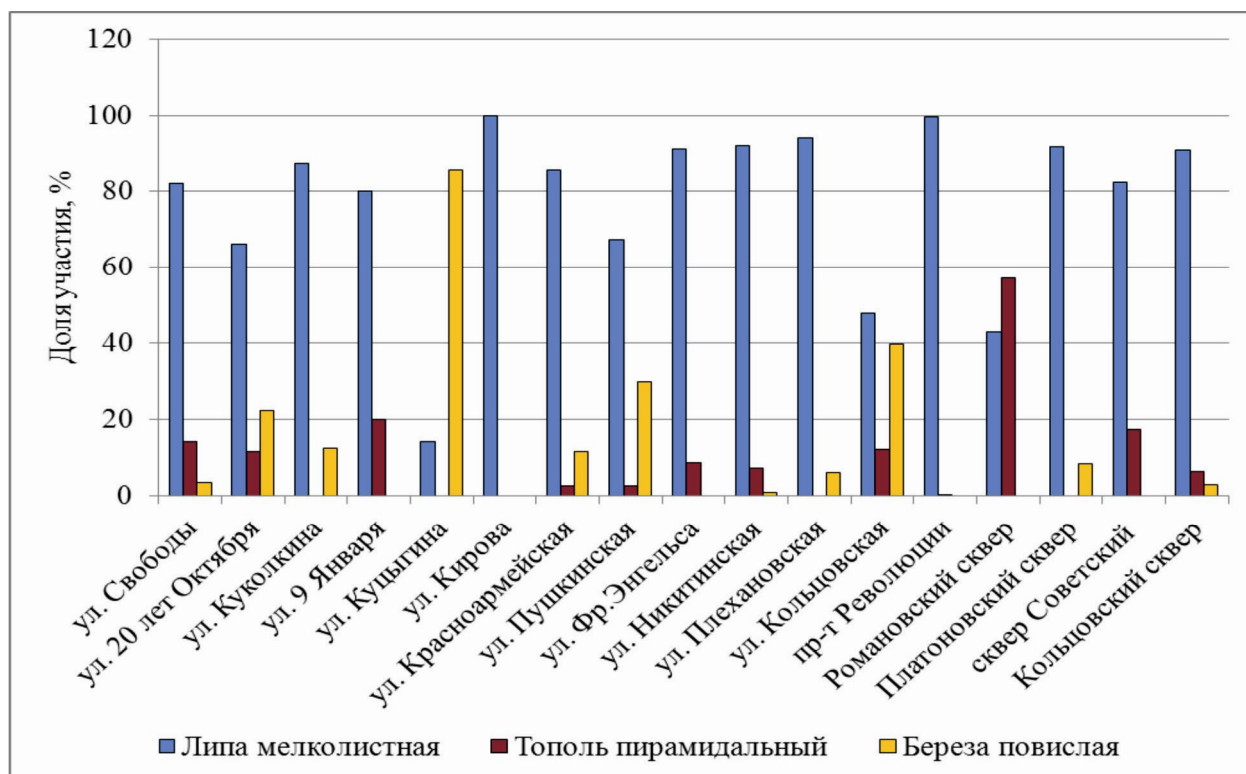


Рис. 4. Доля участия наиболее распространенных видов древесных растений

Тополь пирамидальный имеет следующие показатели: низкая доля участия (от 0,5 до 1%): ул. Никитинская; средняя (от 1 до 5 %): ул. Свободы, Кольцовский сквер; высокая (от 5 до 10 %): ул. Плехановская, сквер им. Платонова; очень высокая доля участия (более 10%): ул.20 лет Октября, ул. Куколкина, ул. Куцыгина, ул. Красноармейская, ул. Пушкинская, ул. Кольцовская. На улицах Фр. Энгельса, 9 Января, Кирова, пр-те Революции, в скверах «Советский» и «Романовский» данный вид не был отмечен.

Береза повислая: очень низкая доля участия (менее 0,5 %): пр-т Революции; средняя (от 1 до 5 %): ул. Красноармейская, ул. Пушкинская; высокая (от 5 до 10 %): Кольцовский сквер, ул. Фр. Энгельса, ул. Никитинская; очень высокая доля участия (более 10%): ул. Свободы, ул.20 лет Октября, ул.9 Января, ул. Кольцовская, скверы Романовский и Советский. На улицах Куколкина, Куцыгина, Кирова, Плехановская, сквере им. Платонова данный вид не отмечен.

Согласно данным учета степени присутствия и равномерности распределения определенного вида или набора видов с применением таких количественных показателей, как частота встречаемости вида и доля участия вида установлено, что только липа мелколистная встречалась на всех 17 исследуемых объектах и имела высокую долю участия (более 14%).

Таким образом, в настоящее время природный комплекс г. Воронежа, включающий зеленые насаждения разного происхождения (как естественного, так и искусственного) находится в неудовлетворительном состоянии. Можно выделить следующие причины данной ситуации.

Во-первых, при создании и выращивании древесных насаждений нарушаются агротехнические требования. В частности, отсутствие научно-обоснованного подхода к подбору ассортимента для тех или иных категорий насаждений приводит к снижению их устойчивости к факторам среды, преждевременному старению и гибели. Так, в центральной исторической части Воронежа значительная доля представлена средне- и старовозрастными посадками.

Во-вторых, наблюдается преобладание монодоминантных посадок в линейных объектах озеленения. Повсеместно зафиксирована несвоевременная обрезка и потеря декоративности насаждений вследствие угнетения роста при ремонте инфраструктурных сооружений. Довольно бедное видовое разнообразие древесных растений озелененных территорий с преобладанием интродуцентов.

В-третьих, отсутствие единой службы, осуществляющих мониторинг зеленых насаждений и уход за ними. Недостаточный объем работ по реконструкции линейных насаждений, в том числе и в центральной части г. Воронежа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Григорьевская А.Я. Зеленые насаждения города Воронежа, как природный элемент многоструктурной системы экологического каркаса / А.Я. Григорьевская, О.С. Лисова // Научный диалог. – 2012. – Екатеринбург, 2012. – № 2. – С. 100-111.
2. Зеленые насаждения Воронежа: история, санитарное состояние, динамика, основы управления / О.П. Негробов [и др.]. – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. пед. ун-та, 2001.– 38с.
3. Кругляк В.В. Исторические этапы озеленения г. Воронежа / В.В. Кругляк // Лесной вестник. – 2006. – №6. – С. 84-86.
4. Лунц Л.Б. Городское зеленое строительство / Л.Б. Лунц. – Москва: Стройиздат, 1974. – 275с.
5. Парахина Е.А. Деревья и кустарники Орловской области: дикорастущие и интродуцированные: автореф. дис. ...канд. биол. наук / Е. А. Парахина. – Санкт-Петербург, 2007. – 23 с.
6. Полякова Е.В. Особенности развития и жизнеспособность древесных растений в условиях городской среды (на примере г. Вла-

дивостока) : автореф. дис. . канд. биол. наук / Е.В. Полякова. – Владивосток, 2004. – 23 с.

7. Разинкова А.К. История развития и видовое разнообразие системы озеленения г. Воронежа / А.К. Разинкова // Научный журнал КубГАУ. – 2014. – №102(08). – С. 50-58.

8. Соколова И. Г. Деревья и кустарники города Пскова / И. Г. Соколова // Ботанический журнал. – 2003. – Т.88, №11. – С. 79-86.

9. Солодкин Я.Г. Первые годы существования Воронежа / Я.Г. Солодкин // Из истории города Воронежа. – Воронеж : Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 1984. – С.42-51.

10. Состояние зеленых насаждений на улицах Воронежа / К.В. Успенский [и др.] // Экология, мониторинг и рациональное природопользование. – Москва: Изд-во Моск. гос. ун-та леса. – 2002. – С.79-84.

11. Сперанская Н. Ю. Состав и жизненное состояние древесных растений г. Барнаула: автореф. дис. ...канд. биол. наук / Н. Ю. Сперанская – Барнаул, 2007. – 16 с.

12. Троицкий Н.В. Сады и парки старого Воронежа / Н.В. Троицкий, Б.В. Троицкий. – Воронеж: Центр.-Черноз. кн. изд-во, 1981. – 350 с.

13. Фирсова Г.В. Справочник озеленителя / Г.В. Фирсова, Н.В. Кувшинов. – Москва: Высшая школа, 1995. – 336 с.

АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗЕЛЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ИСТОРИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ГОРОДА ВОРОНЕЖА

М.А. Клевцова, К.М. Коваленко

Основную роль в системе саморегуляции природных процессов играют зелёные насаждения. Поддерживая в норме и стабилизируя среду существования человека, которую он постоянно меняет часто не в лучшую сторону, они являются неотъемлемой частью такого природно-антропогенного комплекса, как город. Почвозащитные, водорегулирующие, средообразующие, санитарные и другие экологические функции деревьев необходимы для нормального проживания человека в городской среде.

Зеленые насаждения могут значительно оказывать влияние на микроклимат городских территорий: понижают температуру и увеличивают скорость движения воздуха, защищают жарким летом от избыточного перегрева почвы, тротуары и стены зданий, тем самым создавая комфортные условия для жителей города. Это преимущественно объясняется снижением интенсивности прямой солнечной радиации, посредством воздействия растений на радиационный режим. Помимо этого, они воздействуют на влажность воздуха, обладая большой испаряющей способностью. Таким образом, благодаря смягчающему действию растений на летний температурный режим, создаются благоприятные для человека микроклиматические условия [8,10,11].

Санитарно-гигиеническая функция зелёных насаждений, является одной из наиболее важных в городе, заключающаяся в очищении окружающей среды от загрязняющих веществ. Для озеленения урбанизированных территорий следует отбирать растения, которые способны активно поглощать вредные газы, адсорбировать пыль, а не только обладающие декоративными свойствами [3,4,7].

Целью данной работы являлся анализ экологического состояния зеленых насаждений центральной исторической части города Воронежа. Актуальность темы обусловлена недостаточным количеством биоиндикационных исследований и ухудшением состояния системы озеленения, связанным с расширением застройки и увеличением антропогенных выбросов транспорта в Воронеже [5,9].

Объектом исследования являлись линейные зеленые насаждения (уличные) и скверы в пределах центральной исторической части города Воронежа.

Сбор первичной информации об исследуемых объектах – изучение литературы по вопросу исследования; данные, полученные исследователем в результате практической работы с предметом исследования. Применялся метод визуальной оценки состояния деревьев по сумме основных биоморфологических признаков (густота кроны, суховершинность), методы биоиндикации, обработки статистической информации. Работа является результатом исследований, проведенных в период с 2016 по 2018 гг.

Впервые проведены комплексные исследования видового разнообразия и жизненного состояния древесных растений в центральной исторической части г. Воронежа.

Оценка устойчивости к неблагоприятным факторам среды основана на свойстве древесных растений накапливать химические вещества, которые являются загрязнителями. Древесные растения являются аккумуляторами поллютантов. При этом определенные виды накапливают разные вещества, поэтому содержание загрязнителей в растениях можно использовать при биоиндикации и биотестировании.

Категории жизненного состояния деревьев характеризуются рядом специфических признаков. По определенным внешним характеристикам (признакам) с помощью данных категорий жизненного состояния экспериментатор может выявить состояние дерева, в диапазоне от здоровых экземпляров до старого сухостоя. Общий вид деревьев по внешним признакам поражения кроны и ствола характеризуется шестью категориями их жизненного состояния (табл. 1) [1, 6].

Морфологические изменения растений являются хорошими индикаторными признаками загрязнений окружающей среды. Макроскопические реакции семенных растений на различные стрессоры проявляется, прежде всего, в изменении окраски листьев, к которым относятся хлорозы, пожелтение, побурение, побронзовение, посеребрение листьев, изменения тургора (листья, как будто пропитанные водой) и др.

Существует много методик, позволяющих оценить состояние древесных растений. В лесном хозяйстве страны применяется метод визуальной оценки состояния деревьев по сумме основных биоморфологических признаков (густота кроны, суховершинность).

В пределах центральной части города Воронежа проводилось обследование в летние периоды 2017 – 2018 гг. на 17 объектах.

Начинать анализ необходимо после завершения интенсивного роста листьев. В средней полосе России это соответствует концу мая — началу июня. Исследование проводилось в два периода: 1-ый период (июнь), 2-й период (конец августа – начало сентября). Определялись такие параметры, как: породный состав зелёных насаждений, диаметр / высота дерева, жизненное состояние деревьев.

Весь собранный материал должен быть снабжен точной информацией о месте исследования, наличии вблизи возможного загрязнения интенсивности движения транспорта и дате исследования. В камеральных условиях вычисляют средневзвешенный класс повреждения деревьев и делают соответствующие выводы.

Таблица 1

Категории состояния (жизнеспособности)

Балл	Категории состояния деревьев	Признаки деревьев разных категорий состояния
1	Без признаков ослабления	Внешние признаки угнетения, а также повреждения ствола и кроны отсутствуют. Крона густая, нормальной формы и развития. Мертвые и отмирающие ветви единичны, приурочены к нижней части кроны.
2	Ослабленные	На отдельных ветвях кроны наблюдается уменьшение размеров ассимиляционного аппарата. Крона направлена вверх, но встречается асимметричность. Уменьшение степени облиственности на 30% , наличие до 30% усыхающих ветвей. Возможны признаки повреждения ствола и ветвей. Густота кроны может быть снижена на 30% за счет преждевременного опадения листвы или в результате изреживания скелетной части кроны.
3	Сильно ослабленные	Угнетение внешне ярко выражено, крона или ствол повреждены, жизненность дерева снижена и достигает 60%, отмирание верхушки кроны, сильное повреждение ассимиляционного аппарата или изреживание скелетной части кроны. Крона зачастую сдавлена с двух и более сторон. Ветвление по главному стволу близко друг к другу, что указывает на слабую интенсивность роста дерева.
4	Усыхающие	Крона разрушена, густота менее 15-20%, более 70% ветвей, в том числе верхней половины сухие или усыхающие.
5	Сухостой текущего года	Листва усохла, увяла или преждевременно опала. На стволе и ветвях наблюдаются признаки повреждения стволовыми вредителями.
6	Сухостой прошлых лет	Дерево усохшее, но продолжающее стоять в древостое. Кора разрушена или опала на большей части ствола. Сильное повреждение стволовыми вредителями и грибами.

Оценку жизненного состояния древостоев производили с использованием индекса состояния по формуле (1):

$$I = \frac{(\sum_{i=1}^4 i w_i)}{W} \quad (1)$$

где i – номера классов повреждения деревьев, баллы;

w_i – количество деревьев i -го класса повреждения в данном насаждении;

W – общее число деревьев.

По величине индекса состояния по А.С. Алексееву древостои классифицируются на следующие категории: здоровые – (0-0,5), ослабленные – (0,6-1,5), сильно ослабленные – (1,6-2,5), усыхающие – (2,6-3,5), сухостой – ($> 3,6$) [1,2].

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили по липе мелколистной (*Tilia cordata*), березе повислой (*Betula pendula*) и тополи пирамидальному (*Populus pyramidalis*) для каждого объекта исследования отдельно. Всего было обследовано более 1200 экземпляров.

Оценка жизненного состояния древесных растений проводится в полевых условиях с записей всех результатов в сводную ведомость. Кроме того, необходимо измерить диаметр деревьев на высоте 1,3 м (на уровне груди) с помощью мерной вилки (рис. 1) и высоту с помощью эклиметра. Измеренным экземплярам присваивают порядковый номер.



Рис.1. Измерение диаметра дерева с помощью мерной вилки

Для количественной характеристики древостоя мы определяли средний диаметр $D_{\text{ср}}$ и среднюю высоту $H_{\text{ср}}$ деревьев. Эти два таксационных показателя находятся в тесной зависимости. С увеличением диаметров деревьев увеличивается и их высота. Средний диаметр древостоя $D_{\text{ср}}$ – это средняя толщина древесных стволов на высоте 1,3 м (высота груди человека среднего роста) от шейки корня дерева. Среднеарифметический диаметр определяется как частное от деления суммы диаметров всех деревьев элемента леса на число деревьев.

Средняя высота древостоя $H_{\text{ср}}$ – важный таксационный показатель. В сочетании с другими показателями (возрастом, диаметром, полнотой) она служит для численной характеристики состояния и производительности как древостоя, так и качества условий местопроизрастания. Данные измерений заносили в таблицу 2. Из полученных результатов видно, что наибольший средний показатель диаметра и высоты отмечен на ул. Свободы у тополя пирамидальный.

Нами отмечен наименьший средний диаметр на ул. Никитинской у березы повислой, а наименьшая средняя высота зафиксирована в сквере «Романовский» у липы мелколистной.

Таблица 2

Средний диаметр и высота древостоев

Виды	$D_{\text{ср}}, \text{см}$	$H_{\text{ср}}, \text{м}$
ул. Свободы		
Липа мелколистная	20,9	20,7
Тополь пирамидальный	100	40
Береза повислая	32	34,5
ул. 20 лет Октября		
Липа мелколистная	28,5	15,3
Тополь пирамидальный	45,3	20,8
Береза повислая	22,4	9,3
ул. Куколкина		
Липа мелколистная	30,1	13,9
Тополь пирамидальный	79	20,5
ул. 9 Января		
Липа мелколистная	8,2	5,4
Береза повислая	36	20,3
ул. Куцыгина		
Липа мелколистная	28	13
Тополь пирамидальный	60,3	17,7
ул. Кирова		
Липа мелколистная	28,1	10,7
ул. Красноармейская		
Липа мелколистная	27,4	11,9
Тополь пирамидальный	49,1	20,6
Береза повислая	17,3	12,9
ул. Пушкинская		
Липа мелколистная	24,1	11,3
Тополь пирамидальный	60	18,7
Береза повислая	30	15
ул. Фр.Энгельса		
Липа мелколистная	20,7	9
Береза повислая	24,2	14,7

Виды	D _{ср} , см	H _{ср} , м
ул. Никитинская		
Липа мелколистная	24,3	11,1
Тополь пирамидальный	46	16
Береза повислая	5,3	11,4
ул. Плехановская		
Липа мелколистная	11,2	6,6
Тополь пирамидальный	43,7	17,3
ул. Кольцовская		
Липа мелколистная	16,6	8,1
Тополь пирамидальный	34,9	15,5
Береза повислая	20,8	12,6
пр-т Революции		
Липа мелколистная	26	11,2
Береза повислая	13	11
Романовский сквер		
Липа мелколистная	8	4
Береза повислая	35	15,3
Сквер им. Платонова		
Липа мелколистная	19	13,5
Тополь пирамидальный	56,7	21,3
Сквер Советский		
Липа мелколистная	35,6	13,9
Береза повислая	23,5	15,5
Кольцовский сквер		
Липа мелколистная	26,9	11,7
Тополь пирамидальный	50,7	18,7
Береза повислая	25	12,4

Эти два показателя необходимы для нахождения коэффициента корреляции между средним диаметром ствола и средней высотой кроны, они находятся в тесной зависимости. С увеличением диаметров деревьев увеличивается и их высота. Данный статистический показатель позволяет не только проверить предположение о существовании линейной взаимосвязи между признаками, но и установить ее силу. Отмечается, что изменение соотношений между диаметром и высотой (появление криволинейной зависимости) в основном определяется не возрастом деревьев, а уровнем конкуренции, которая приводит к росту деревьев преимущественно в высоту.

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили для липы мелколистной (*Tilia cordata*) на основе [12] с помощью пакета анализа Microsoft Excel.

Так, используя средние показатели диаметра, находили среднее арифметическое, среднее квадратическое отклонение, коэффициент вариации, минимальные и максимальные значения (табл. 3).

Статистическая обработка данных показала, что весьма сильная корреляционная связь наблюдается на улицах Свободы, 9 Января, Кирова, Плехановская, Кольцовская и пр-те Революции. Более слабая связь между переменными отмечена на ул. Куколкина и в Романовском сквере.

Таблица 3

Статистическая обработка данных диаметра стволов
липы мелколистной

Объект	M	$\pm\sigma$	V, %	X _{min}	X _{max}	R
ул. Свободы	20,96	8,91	42,54	2,5	33	0,91
ул. 20 лет Октября	28,50	10,92	38,32	2,5	54	0,67
ул. Куколкина	30,14	10,36	34,37	18	60	0,56
ул. 9 Января	14,13	10,39	73,58	3	30	0,98
ул. Куцыгина	25,17	3,82	15,17	19	30	0,66
ул. Кирова	27,92	10,98	39,33	2	55	0,85
Романовский сквер	8,67	0,58	6,66	8	9	0,50
ул. Красноармейская	27,29	9,06	33,19	4	50	0,75
ул. Пушкинская	24,11	11,89	49,31	7	48	0,78
ул. Фр. Энгельса	23,60	17,46	74,00	4	100	0,73
Сквер им. Платонова	32,32	15,00	46,41	5	100	0,65
ул. Никитинская	24,56	9,9	40,33	7	50	0,68
ул. Плехановская	11,21	8,12	74,42	1,5	34	0,94
ул. Кольцовская	16,61	13,81	83,18	2,5	60	0,87
сквер Советский	35,58	10,74	30,17	21	50	0,83
пр. Революции	25,99	11,51	44,29	2	50	0,86
Кольцовский сквер	26,54	12,37	46,62	5	55	0,82

Оценка жизненного состояния древесных растений проводилась в полевых условиях с записей всех результатов в сводные ведомости, на основе которых рассчитывался индекс состояния по А.С. Алексееву. Полученные данные (табл. 4) свидетельствуют о том, что жизненное состояние индикаторных видов на всех объектах исследования ослабленное и сильноослабленное, что свидетельствует о неблагоприятной экологической обстановке в центральной исторической части г. Воронежа, обусловленной высокой антропогенной нагрузкой от значительных выбросов автотранспорта.

Таблица 4

Оценка жизненного состояния древостоев

Название объекта	Вид	Жизненное состояние
ул. Свободы	Липа мелколистная	ослабленное
	Тополь пирамидальный	-«-
	Береза повислая	-«-
ул. 20 лет Октября	Липа мелколистная	сильно ослабленное
	Тополь пирамидальный	-«-
	Береза повислая	-«-
ул. Куколкина	Липа мелколистная	-«-
	Тополь пирамидальный	ослабленное
ул. 9 Января	Липа мелколистная	сильно ослабленное
	Береза повислая	ослабленное
ул. Куцыгина	Липа мелколистная	-«-
	Тополь пирамидальный	сильно ослабленное
ул. Кирова	Липа мелколистная	сильно ослабленное
ул. Плехановская	Липа мелколистная	сильно ослабленное
	Тополь пирамидальный	-«-
ул. Кольцовская	Липа мелколистная	сильно ослабленное
	Тополь пирамидальный	-«-
	Береза повислая	усыхающее
пр. Революции	Липа мелколистная	сильно ослабленное
	Береза повислая	усыхающее
ул. Красноармейская	Липа мелколистная	сильно ослабленное
	Тополь пирамидальный	ослабленное
	Береза повислая	-«-
ул. Пушкинская	Липа мелколистная	сильно ослабленное
	Тополь пирамидальный	ослабленное
	Береза повислая	-«-
ул. Фр. Энгельса	Липа мелколистная	сильно ослабленное
	Береза повислая	сильно ослабленное
ул. Никитинская	Липа мелколистная	-«-
	Тополь пирамидальный	ослабленное
	Береза повислая	ослабленное
Сквер Советский	Липа мелколистная	сильно ослабленное
	Тополь пирамидальный	-«-
	Береза повислая	-«-
Кольцовский сквер	Липа мелколистная	ослабленное
	Тополь пирамидальный	-«-
	Береза повислая	сильно ослабленное
Романовский сквер	Липа мелколистная	ослабленное
	Береза повислая	сильно ослабленное
Платоновский сквер	Липа мелколистная	-«-
	Тополь пирамидальный	усыхающее

Таким образом, визуальная оценка состояния зеленых насаждений находит широкое применение для решения многих задач экологического характера. К ним относятся: оценка долговечности древесных растений в урбанизированной среде; мониторинг состояния насаждений; изучение наиболее адаптированных видов к экстремальным условиям произрастания; контроль приживаемости растений на объектах озеленения и т. д.

Участки г. Воронежа, где проводились исследования, отличаются по уровню загрязнения окружающей среды и по степени экстремальности абиотических условий (рис. 2-6). При этом наиболее неблагоприятным в этом отношении являются уличные насаждения, т.к. именно здесь растения испытывают переуплотнение почвенного покрова, загрязнение противогололедными материалами, дефицит влаги, влияние газообразных веществ и т.п.

Следует уточнить, что жизненность деревьев – это оценка их жизненного состояния в момент наблюдения, которая проявляется в морфометрических признаках развития и роста, связанная с конкуренцией и взаимодействием между деревьями в сообществе, а также влиянием среды, т.е. это мера устойчивости к неблагоприятным условиям произрастания.



Рис. 2. Повреждение ствола (слева) и усыхание отдельных листовых пластинок в кроне у конского каштана обыкновенного (справа) (сквер Советский (25.06.17))



Рис.3. Краевые некрозы листовых пластинок липы мелколистной (слева) и клена остролистного (справа) (ул. Плехановская (27.06.17)



Рис. 4. Сухостой клена остролистного по ул. Красноармейской (слева) (16.06.17) и сухостой тополя бальзамического по ул. 20 лет Октября (справа) (15.06.17)



Рис. 5. Поражение липы мелколистной галловым клещом (слева) и усыхающий экземпляр липы мелколистной (справа) (пр-т Революции, 19.06.17)



Рис. 6. Поражение листьев конского каштана обыкновенного охридским минёром (слева) и усыхание ели колючей (справа) (Кольцовский сквер, 19.06.17)

На основе проведенных нами исследований можно сделать следующие выводы.

Во-первых, анализ экологического состояния зеленых насаждений исторической части г. Воронежа на примере таких видов как липа мелколистная, тополь пирамидальный и береза повислая, показал, что данные породы являются хорошими индикаторами для оценки состояния среды. Они проявляют сильную ответную реакцию на антропогенные стрессоры.

Во-вторых, оценка жизненного состояния зеленых насаждений выявила, что морфологическое состояние индикаторных видов на всех обследуемых озелененных территориях ослабленное и сильно ослабленное, что свидетельствует о неблагоприятной экологической обстановке в центральной исторической части г. Воронежа, обусловленной высокой антропогенной нагрузкой со стороны значительных выбросов автотранспорта. Многие экземпляры являются старовозрастными и нуждаются в скорейшей замене. При этом следует отметить, что молодые посадки, также представленные на обследуемой территории, находятся в неудовлетворительном состоянии, вследствие нерегулярного санитарного ухода.

В-третьих, при проведении инвентаризационного обследования зеленых насаждений мы наблюдали визуальное (физиономическое) проявление повреждений листовых пластинок у следующих видов: липа мелколистная, клен остролистный, конский каштан конский. Отмечаются повреждения в виде биогеохимических хлорозов и некрозов, а также паразитарных поражений. В ряде случаев наблюдается процесс дефолиации у каштана и липы (по ул. Плехановской, ул. Кирова). У хвойных, в частности, у ели обыкновенной и колючей зафиксировано усыхание ветвей, несмотря на произрастание их в скверах.

Если сравнивать жизненное состояние линейных зеленых насаждений и площадных (скверов), то следует отметить наличие сильно ослабленных и усыхающих экземпляров в основном в первой категории. Это объясняется, прежде всего, такими стрессовыми факторами, угнетающими рост и развитие растений как переуплотнение почвенного покрова, экранизация почв и снижение доступа влаги, приводящих к ее дефициту, перегрев стволов, влияние газообразных выбросов от автомобильного транспорта.

В-четвертых, для современного этапа развития г. Воронежа характерно практически полное отсутствие единой системы озеленения, хаотичное и бесструктурное распределение насаждений по территории города.

Основными проблемами озеленения в городской черте являются:

- необходимость реконструкции исторических парков и скверов;
- высокая плотность и массовость застройки;
- комплексное антропогенное воздействие, вызывающее деградацию зелёных насаждений;
- городские зеленые насаждения требуют планового обновления;
- одновозрастные насаждения способствуют быстрому распространению патологических изменений.

В-пятых, на основании дальнейшего мониторинга необходима разработка оптимизационных мер по расширению озеленения городского ландшафта, посадка газо- и пылеулавливающих растений вдоль магистральных дорог, устойчивых к загрязнению окружающей среды. Но одной посадки газоустойчивых растений недостаточно, необходимо уделить должное внимание качественному очищенному топливу, внедрению автоматизированных систем регулирования движения с целью сокращения времени работы автомобильных двигателей в режиме холостого хода и набора скорости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев В. А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев / В.А. Алексеев // Лесоведение. – 1989. – №4. – С. 51-57.
2. Алексеев В.А. Некоторые вопросы диагностики и классификации поврежденных загрязнением лесных экосистем / В.А. Алексеев // Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. – Ленинград: Наука, 1990. – С. 38-53.
3. Горохов В.А. Зеленая природа города : учеб. пособие для вузов / В.А. Горохов. – Москва: Стройиздат, 2003. – 527 с.
4. Горышина Т.К. Растения в городе / Т.К. Горышина. – Ленинград: Изд-во Ле-нин. гос. ун-та, 1991. – 149 с.
5. Зеленые насаждения Воронежа: история, санитарное состояние, динамика, основы управления / О.П. Негробов [и др.]. – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. пед. ун-та, 2001. – 38с.
6. Клевцова М.А. Лабораторно-полевой практикум по биоиндикации: учеб. пособие для вузов / М.А. Клевцова. – Воронеж: Изд-во Воронеж: Научная книга, 2016 . – 105 с.
7. Машинский Л.О. Город и природа (Городские зеленые насаждения) / Л.О. Машинский. – Москва: Стройиздат, 1973. – 227с.
8. Лунц Л.Б. Городское зеленое строительство. – Москва: Стройиздат, 1974. – 275с.

9. Мониторинг состояния зеленых насаждений / О.П. Негробов [и др.]. – Воронеж: Воронеж. гос. ун-та, 2005. – 115 с.
10. Озеленение населенных мест: Справочник / В. И. Ерохина [и др.]. – Москва: Стройиздат, 1987. – 480 с.
11. Опекунова М.Г. Биоиндикация загрязнений: учеб. пособие / М.Г. Опекунова. – Санкт-Петербург: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2016. – 300 с.
12. Практикум по информационным технологиям : учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по специальностям 020802 - "Природопользование", 020804 - "Геоэкология" и по направлению 020800 - "Экология и природопользование" / С.А. Куролап [и др.] ; Воронеж. гос. ун-т; под ред. В.С. Тикунова, С.А. Куролапа .— Воронеж : Воронеж. гос. ун-т, 2008 .— 265 с.

СОДЕРЖАНИЕ БЕНЗ(А)ПИРЕНА В ПОЧВЕННОМ ПОКРОВЕ ГОРОДА ВОРОНЕЖА

Н.В. Каверина, Н.Н. Назаренко

Развитие крупных городов возможно при надежной защите окружающей природной среды от негативных последствий техногенных воздействий. Преобразование естественных экосистем в городах является неизбежным результатом антропогенной деятельности. При этом происходит формирование урбоэкосистем, в которых проблемы качества окружающей среды становятся приоритетными. Актуальным становится загрязнение соединениями с высоким классом опасности и устойчивостью к естественной деградации [2].

Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) – соединения с токсичными, мутагенными, канцерогенными свойствами. В России контроль и нормирование содержаний ПАУ в объектах окружающей среды проводится по бенз(а)пирену.

Последнее время проблеме изучения содержания, пространственного распределения и поведения бенз(а)пирена в городских почвах уделяется пристальное внимание [6, 7, 8, 9, 11]. Уголь, газ, нефть и нефтепродукты, применяемые в производственных процессах, являются источниками поступления ПАУ в окружающую среду. При этом доказано, что наибольшие количества бенз(а)пирена

попадают в почву в результате работы транспорта [7]. Углеводороды, образующие от техногенных источников, рассеиваются в атмосфере, оседают и накапливаются в почвах и донных отложениях водоемов, образуют устойчивые ореолы загрязнения.

Цель работы – получение новых обобщенных данных о содержании бенз(а)пирена в почвах различных функциональных зон города Воронежа и оценка степени антропогенного воздействия.

Почва является депонирующей (аккумулирующей) средой, химический состав которой определяется многолетними воздействиями. По этой причине контроль за содержанием бенз(а)пирена принято проводить в почвенном покрове, используя в качестве ПДК общесанитарный показатель вредности 0,02 мг/кг.

Воронеж - крупный индустриальный город Центрально-Черноземного района с развитой транспортной инфраструктурой, преобладанием в производственном секторе предприятий химической промышленности, машиностроения и металлообработки и с населением более 1 миллиона человек [1].

Для организации мониторинговых наблюдений в различных функциональных зонах г. Воронежа были выбраны ключевые участки, равномерно-разряжено распределённые по городской территории (табл. 1). Территории для наблюдения выбирались по типу застройки, транспортной нагрузки и степени «зрелости» внутрисистемных связей природной составляющей.

Таблица 1

Точки отбора проб почв в различных функциональных зонах города Воронежа

№ п/п	Функциональная зона (ФЗ)	Количество точек
1	Промышленная (П)	12
2	Транспортная (Т)	27
3	Селитебная (С), в том числе: - жилая малоэтажная застройка до 3 этажей; - жилая среднеэтажная застройка до 8 этажей; - жилая многоэтажная застройка 9 этажей и выше.	10 6 2 2
4	Сельскохозяйственная (СХ)	2
5	Рекреационная (Р), в том числе: - зона лесных насаждений; - зона зеленых насаждений общего пользования; - прибрежная зона отдыха; - зона особоохраняемых территорий	14 8 4 1 1

Воронеж - сложный для изучения объект, в современной ландшафтной и функциональной структуре которого преобладают антропогенные (техногенные) составляющие, сочетающиеся с природными комплексами (рис.1). В целом городская территория представляет собой слабо организованный комплекс функциональных зон, формировавшийся длительный исторический период.

Анализ ключевых участков выявил весомый перевес транспортных и промышленных функциональных зон. В пределах городской черты расположены обширные площади природных ландшафтов, слабо затронутых антропогенной деятельностью (сельскохозяйственные функциональные зоны) и достаточное количество зеленых насаждений, которые можно отнести к потенциально резервным территориям экологического планирования (зона лесных насаждений).

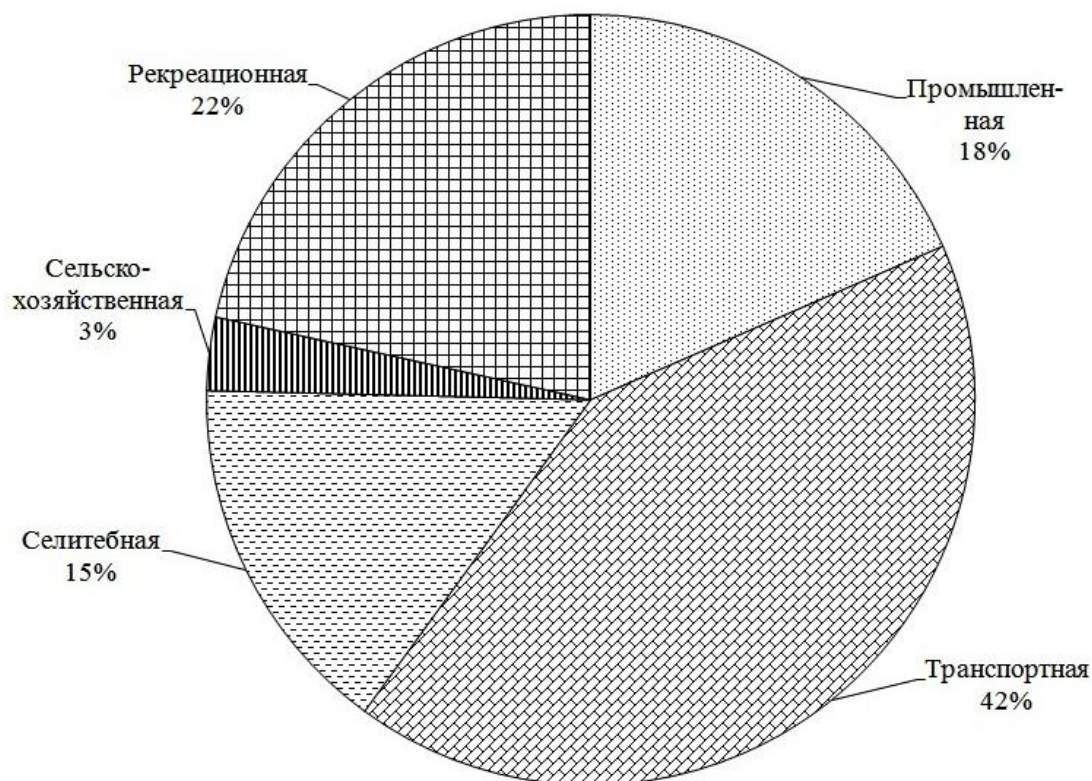


Рис. 1. Распределение ключевых участков по функциональным зонам города Воронеж

В левобережной части города Воронежа нами выбрано 21 ключевых участков. Они охватывают преимущественно транспортные и промышленные функциональные зоны, основная часть которых расположена преимущественно на северо-востоке города: ПФЗ «Стальмост»; ПФЗ «Терминал»; ПФЗ «ВШЗ»; ПФЗ «Автоматика»;

ПФЗ «ВАСО»; ПФЗ «ЛОС»; ПФЗ «Синтезкаучук»; ПФЗ «ТЭЦ-1»; ПФЗ «Инжиниринг»).

В *правобережной части* города намечено 44 ключевых участков, чуть меньше половины из которых характеризует транспортные функциональные зоны (территория аэродрома, автомобильные дороги и развязки, железнодорожные станции и путепроводы).

На правом берегу весьма ограничено представлены промышленные функциональные зоны: ПФЗ «ТЭЦ-2»; ПФЗ «Тяжмехпресс»; ПФЗ «АБЗ»; ПФЗ «Мехзавод». Большая ПФЗ часть была трансформирована в селитебные зоны (жилые микрорайоны высокой этажности) и в нежилую застройку (офисы, торговые и развлекательные центры).

Жилая застройка правобережья весьма плотная и разнообразная. Селитебная застройка низкой этажности, в том числе жилая индивидуальная застройка, отвечает всем требованиям по выбору ключевых участков и подходит для геоэкологических исследований.

Территории новостроек средней и высокой этажности практически не использовались при выделении функциональных зон. Почвенный покров в них представлен насыпным, перемешанным и перемешано-насыпным грунтом. Ненарушенные почвы, как правило, приурочены к периферийным участкам селитьбы, примыкающим к транспортным или рекреационным функциональным зонам.

При выборе ключевых участков особое внимание было уделено городским территориям, отнесенным к зонам трансформации и резерву. В правобережной части города намечено 13 ключевых участков на территориях, функциональное назначение которых изменится к 2020 году (табл.2).

Таблица 2

Пункты мониторинга состояния почвенного покрова г. Воронежа

Номер участка	Функциональная зона	Тип почвы [12]
1Р	Зона особо охраняемых территорий	Темно-серые и серые лесостепные
2С	Жилая малоэтажная застройка	Почвы овражно-балочных комплексов
3С	Жилая малоэтажная застройка	Урбо-черноземы выщелоченные
4С	Жилая многоэтажная застройка	Урбо-светло-серые лесостепные
5Т	Транспортная	Почвы овражно-балочных комплексов

Номер участка	Функциональная зона	Тип почвы [12]
6Р	Зона лесных насаждений	Серые и светло-серые лесостепные
7СХ*	Зона сельскохозяйственных угодий	Урбаноземы
8С	Жилая многоэтажная застройка	Урбо-светло-серые лесостепные
9Т	Транспортная	Дерново-лесные
10Р	Зона лесных насаждений	Серые и светло-серые лесостепные
11Р	Зона зеленых насаждений общего пользования	Урбо-черноземы выщелоченные
12Т	Транспортная	Урбо-черноземы выщелоченные
13С	Жилая среднеэтажная застройка	Урбо-черноземы выщелоченные
14Т	Транспортная	Урбо-черноземы выщелоченные
16Р	Прибрежная зона отдыха	Дерново-лесные песчаные
17Т	Транспортная	Урбаноземы
18П	Промышленная	Урбаноземы
19Р	Зона лесных насаждений	Дерново-лесные песчаные
20Р	Зона лесных насаждений	Дерново-лесные песчаные
21С	Жилая малоэтажная застройка	Урбо-дерново-лесные песчаные
22Т	Транспортная	Дерново-лесные песчаные
23С	Жилая среднеэтажная застройка	Урбаноземы
24Т	Транспортная	Урбаноземы
25Т	Транспортная	Урбаноземы
26Т	Транспортная	Урбаноземы
27Т	Транспортная	Почвы овражно-балочных комплексов
28Т	Транспортная	Урбаноземы
29П	Промышленная	Дерново-намытые оглеенные
30СХ	Зона сельскохозяйственных угодий	Урбо-дерново-лесные песчаные
31Т	Транспортная	Дерново-лесные песчаные
32Т	Транспортная	Черноземы выщелоченные
33Т	Транспортная	Урбо-черноземы выщелоченные
34Р	Зона зеленых насаждений общего пользования	Урбо-дерново-лесные песчаные
35С	Жилая малоэтажная застройка	Серые и светло-серые лесостепные
36Р	Зона зеленых насаждений Общего пользования	Урбо-дерново-лесные песчаные
37Т	Транспортная	Урбаноземы
38Т	Транспортная	Почвы овражно-балочных комплексов
39Р	Зона зеленых насаждений общего пользования	Черноземы выщелоченные

Номер участка	Функциональная зона	Тип почвы [12]
40Т	Транспортная	Урбо-черноземы выщелоченные
41Т	Транспортная	Черноземы выщелоченные
42Р	Зона лесных насаждений	Темно-серые и серые лесостепные
43Р	Зона лесных насаждений	Серые и светло-серые лесостепные
44Р	Зона лесных насаждений	Темно-серые и серые лесостепные
45Т	Транспортная	Аллювиальные луговые
46Т	Транспортная	Дерново-лесные песчаные
47П	Промышленная	Аллювиальные луговые
48П	Промышленная	Урбо-дерново-лесные песчаные
49П	Промышленная	Аллювиальные луговые
50П	Промышленная	Урбо-дерново-лесные песчаные
51Т	Транспортная	Аллювиальные луговые
52П	Промышленная	Урбо-дерново-лесные песчаные
53П	Промышленная	Урбаноземы
54П	Промышленная	Урбаноземы
55П	Промышленная	Урбаноземы
56Т	Транспортная	Урбаноземы
57П	Промышленная	Урбаноземы
58П	Промышленная	Урбо-дерново-лесные песчаные
59Т	Транспортная	Урбаноземы
60Т	Транспортная	Урбаноземы
61Т	Транспортная	Аллювиальные луговые
62Р	Зона лесных насаждений	Дерново-лесные песчаные
63Т	Транспортная	Аллювиальные луговые
64С	Жилая малоэтажная застройка	Урбаноземы
65С	Жилая малоэтажная застройка	Дерново-лесные песчаные

* Участки, назначение которых будет изменено к 2020.

Отбор проб почвы выполнен в соответствии с ГОСТ 17.4.3.01-83 и ГОСТ 17.4.4.02-84 [3, 4]. Для определения бенз(а)пирена использована методика количественного химического анализа ПНД Ф 16.1:2.2.2:3.39-03 «Методика выполнения измерений массовой доли бенз(а)пирена в пробах почв, грунтов, твердых отходов, донных отложений методом высокоэффективной, жидкостной хроматографии с использованием жидкостного хроматографа "Люмахром"».

Метод измерения основан на экстракции бенз(а)пирена из почв метиленом хлористым с последующим концентрированием, очисткой на колоночной хроматографии и регистрацией сигнала с использованием флуоресцентного детектора. Дешифрирование хрома-

тограмм осуществлялось автоматически с применением программного обеспечения «МультиХром для Windows XP».

Содержание бенз(а)пирена в почвенном покрове города колеблется от 0,005 до 0,338 мг/кг и в среднем составляет 0,015 мг/кг (табл. 3). В каждой седьмой пробе почвы выявлен бенз(а)пирен.

В предыдущих исследованиях [8] содержание бенз(а)пирена определялось на ограниченной территории города и частота выявления загрязнителя была выше. Однако рекреационные функциональные зоны были охвачены частично, и это не позволило дать полную оценку степени загрязнения городской среды.

В почвах рекреационной, селитебной и сельскохозяйственной функциональных зон бенз(а)пирен находится в количествах, значительно меньше ПДК. Минимальные содержания бенз(а)пирена характерны для почв с более благоприятным водно-воздушным режимом, способствующим ускоренному разложению ПАУ.

Таблица 3

Статистические показатели бенз(а)пирена в почвах различных функциональных зонах г. Воронежа

Показатели	Функциональные зоны				
	П	Т	С	СХ	Р
Левобережная часть города					
Среднее	0,044	0,023	<0,005	-	<0,005
Min	0,005	0,009	<0,005	-	<0,005
Max	0,170	0,179	0,005	-	<0,005
Правобережная часть города					
Среднее	0,029	0,038	<0,005	<0,005	<0,005
Min	0,005	0,006	<0,005	<0,005	<0,005
Max	0,079	0,338	0,005	<0,005	<0,005
В целом по городу					
Среднее	0,051	0,042	<0,005	<0,005	<0,005
Min	0,005	0,006	<0,005	<0,005	<0,005
Max	0, 170	0,338	0,005	<0,005	<0,005

Техногенные функциональные зоны формируют аномалии на территории города с различным содержанием бенз(а)пирена. В промышленных функциональных зонах левобережья массовая доля токсикантов составляет в среднем 0,029 мг/кг. В аналогичных функциональных зонах правого берега содержание составляет 0,044 мг/кг.

Накопление ПАУ выявлено в урбаноземах промышленных зон левобережья ПФЗ «ТЭЦ-1» и ПФЗ «ВАСО». Согласно критериям

эколого-геохимической оценки почв это соответствует «чрезвычайно опасному» уровню (более 5 ПДК). Для правого берега значение этого показателя ниже (2-5 ПДК), что характеризует уровень загрязнения как «опасный».

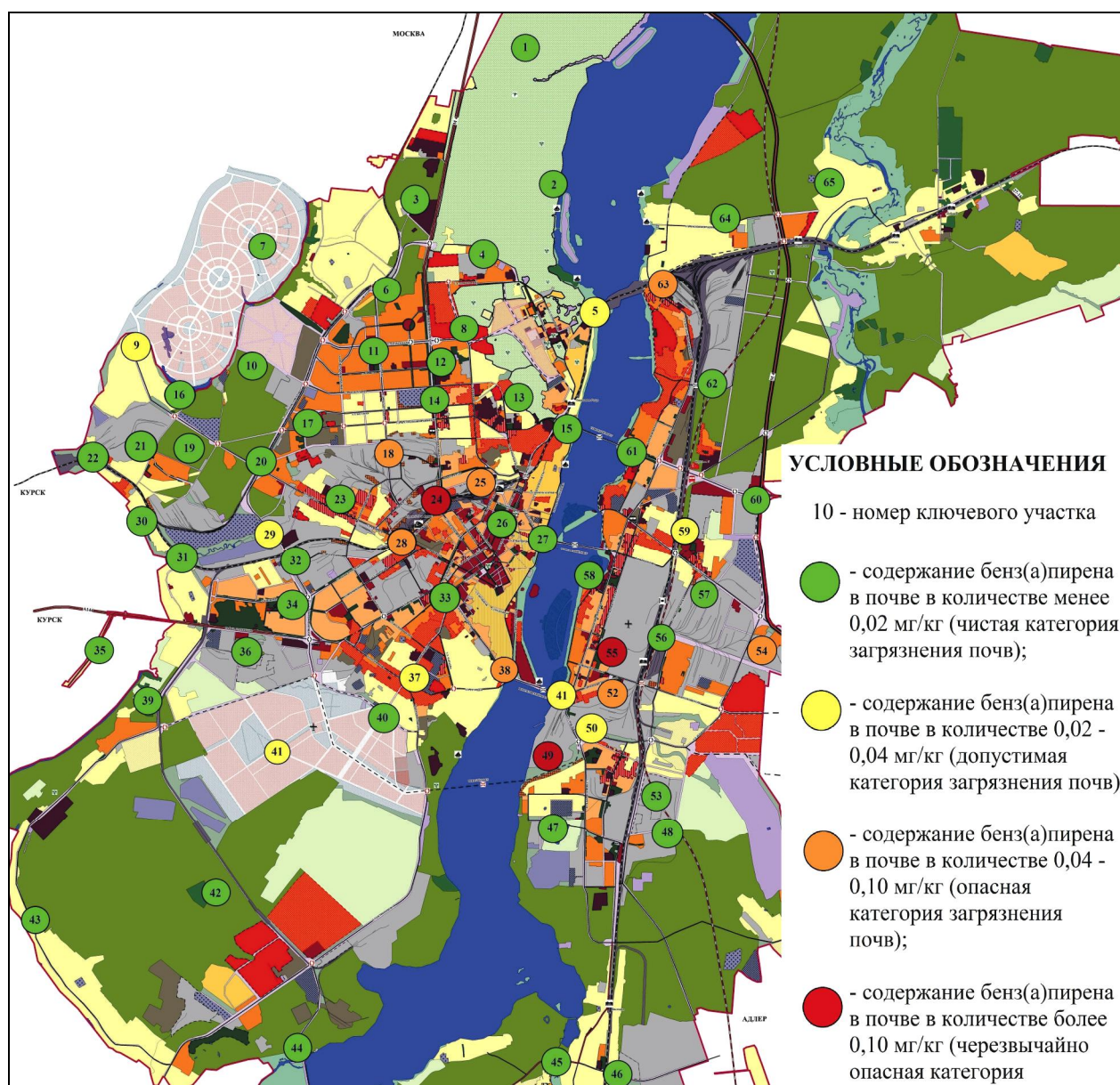


Рис. 2. Картосхема содержания бенз(а)пирена в почвах г. Воронеж

Локальная аномалия выявлена в районе ТФЗ «Застава» (рис. 2). На пересечении улиц Плехановская – Донбасская и железной дороги установлена аномалия с «рекордным» превышением ПДК в 17 раз по бенз(а) пирену.

Степень опасности сформированных аномалий для бенз(а)пирена оценивалась нами по предложенной Г.В. Мотузовой и О.С. Безугловой градации [10]:

- допустимый уровень – содержание в почве ниже ПДК;

- низкий уровень – содержание от ПДК (0,02 мг/кг) до 0,1 мг/кг;
- средний уровень – содержание от 0,1 мг/кг до 0,25 мг/кг;
- высокий уровень – содержание от 0,25 мг/кг до 0,5 мг/кг;
- очень высокий уровень – содержание выше 0,5 мг/кг.

В соответствии с вышеизложенной градацией уровень загрязнения аномалий в пределах промышленных функциональных зон можно характеризовать как средний. Доля случаев аномалии с высоким уровнем с содержанием до 0,5 мг/кг в общем количестве исследованных проб не превышает 7 %.

Опасные содержания ПАУ характерны для крупных транспортных развязок правого берега: ТФЗ «Воронеж-1», ТФЗ «Ж/д мост ул. 9 января», ТФЗ «Вогрэсовский мост – Петровская набережная».

По результатам выполненных исследований можно сделать следующие **выводы**.

1. Приведенные выше концентрации и расчетные показатели свидетельствуют об опасном уровне антропогенного загрязнения бенз(а)пиреном промышленных и транспортных зон города.

2. Благоприятный водно-воздушным режим в почвах рекреационных и селитебных функциональных зон способствует ускоренному разложению бенз(а)пирена.

3. Уровень техногенного воздействия на почву определяется функциональной структурой города. Степень загрязнения бенз(а)пирена в почве различных зон правобережья г. Воронежа увеличивается в ряду: рекреационная < сельскохозяйственная, селитебная < промышленная < транспортная зона. Для левобережья города Воронежа характерен ряд: рекреационная < селитебная < транспортная < промышленная зона.

4. Геохимическая обстановка в промышленной функциональной зоне левого берега (ПФЗ «ТЭЦ-1») и транспортной правого берега (ТФЗ «Застава») оценивается как чрезвычайно опасная.

ЛИТЕРАТУРА

1. База данных показателей муниципальных образований (Федеральная служба государственной статистики). – URL: <http://www.gks.ru/dbscripts/munst/munst20/DBInet.cgi/> (дата обращения 05.09.2018).

2. Габов Д.Н. Полициклические ароматические углеводороды в почвах техногенных ландшафтов / Д.Н. Габов, В.А. Безноси́ков,

Б.М. Кондратенко, Е.В. Яковлева // Геохимия. – 2010. - № 6. – С. 606 -617.

3. ГОСТ 17.4.3.01.-83 Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб. – М. : Изд-во стандартов, 1984. – 4 с.

4. ГОСТ 17.4.4.02-84 Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. – М. : Изд-во стандартов, 2003. – 8 с.

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

6. Кошелева Н.Е. Многолетняя динамика и факторы накопления бенз(а)пирена в городских почвах (на примере ВАО Москвы) / Н.Е. Кошелева, Е.М. Никифорова // Вестник Моск. ун-та. Сер. 17. Почвоведение. – 2011. – № 2. – С. 25-35.

7. Кошелева Н.Е. Критические нагрузки бенз(а)пирена на городские почвы / Н.Е. Кошелева, Н.С. Касимов, Д.В. Власов, Е.М. Никифорова // Доклады академии наук. – 2017. – Т.472. - №2. – С. 210 – 214.

8. Назаренко Н.Н. Углеводородное загрязнение городских почв в условиях антропогенного воздействия / Н.Н Назаренко, А.К. Сви-стов, Н.В. Каверина // Экология родного края: проблемы и пути решения: материалы науч.-практ. конф. - Киров, 2016. – С. 57-60.

9. Наместникова О.В. Содержание бензапирена в почвах крупного города // Технологии техносферной безопасности. - 2017. – Вып. 2 (72). – С. 289-295.

10. Мотузова Г.В., Безуглова О.С. Экологический мониторинг почв. – М. : Гуадеамус : Академический проспект. – 2007. – 238 с.

11. Полициклические ароматические углеводороды в почвах Васильевского острова (Санкт-Петербург) / Е.Д. Лодыгин [и др.] // Почвоведение. – 2008. - №12. – С. 1494-1500.

12. Серeda Л.О. Оценка эколого-геохимического состояния почвенного покрова городского округа город Воронеж / Л.О. Серeda, Л.А. Яблонских, С.А. Куролап // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Серия География. Геоэкология. – 2015. - № 4. - С. 59-65.

ОСОБЕННОСТИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА ВОРОНЕЖА В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИВНОГО ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Л.О. Серeda, Л.А. Яблонских

Проблема экогеохимического исследования почв урбанизированных территорий, подвергшихся негативному антропогенному воздействию, особенно остра, так как тенденция увеличения их площадей сопровождается коренным преобразованием почвенного профиля в виде механического нарушения его строения, несвойственного естественному генезису зональных почв, а также изменением эколого-геохимического состояния почв за счет влияния функционально-планировочных условий города.

Все городские земли представлены двумя категориями. В первую категорию включены земли с функционирующим почвенным покровом, обладающим биологической продуктивностью и находящимся в «незапечатанной» территории города. Во вторую категорию входит общий техногенный покров, в том числе отчужденная («запечатанная») часть ПП, занятая разными техническими объектами и не обладающая биологической продуктивностью. При этом основная часть техногенного покрова по существу «безвозвратно утеряна».

Нами разносторонне изучены обе категории городских земель. Особое внимание уделено анализу и оценке их эколого-геохимического состояния. Комплексными исследованиями почв и почвенного покрова была охвачена вся территория города Воронежа и частично пригородные зоны. Для их осуществления использованы традиционные и современные методы почвенного картографирования, химического анализа почв, экологического мониторинга [1, 2, 3, 4, 5, 6, 10].

Фоновыми компонентами функционирующего 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). Основу техногенного покрова составляют антропогенные глубокопреобразованные городские почвы – урбаноземы. Ареалы распространения городских почв показаны на обзорной почвенной карте города Воронежа (рис. 1).

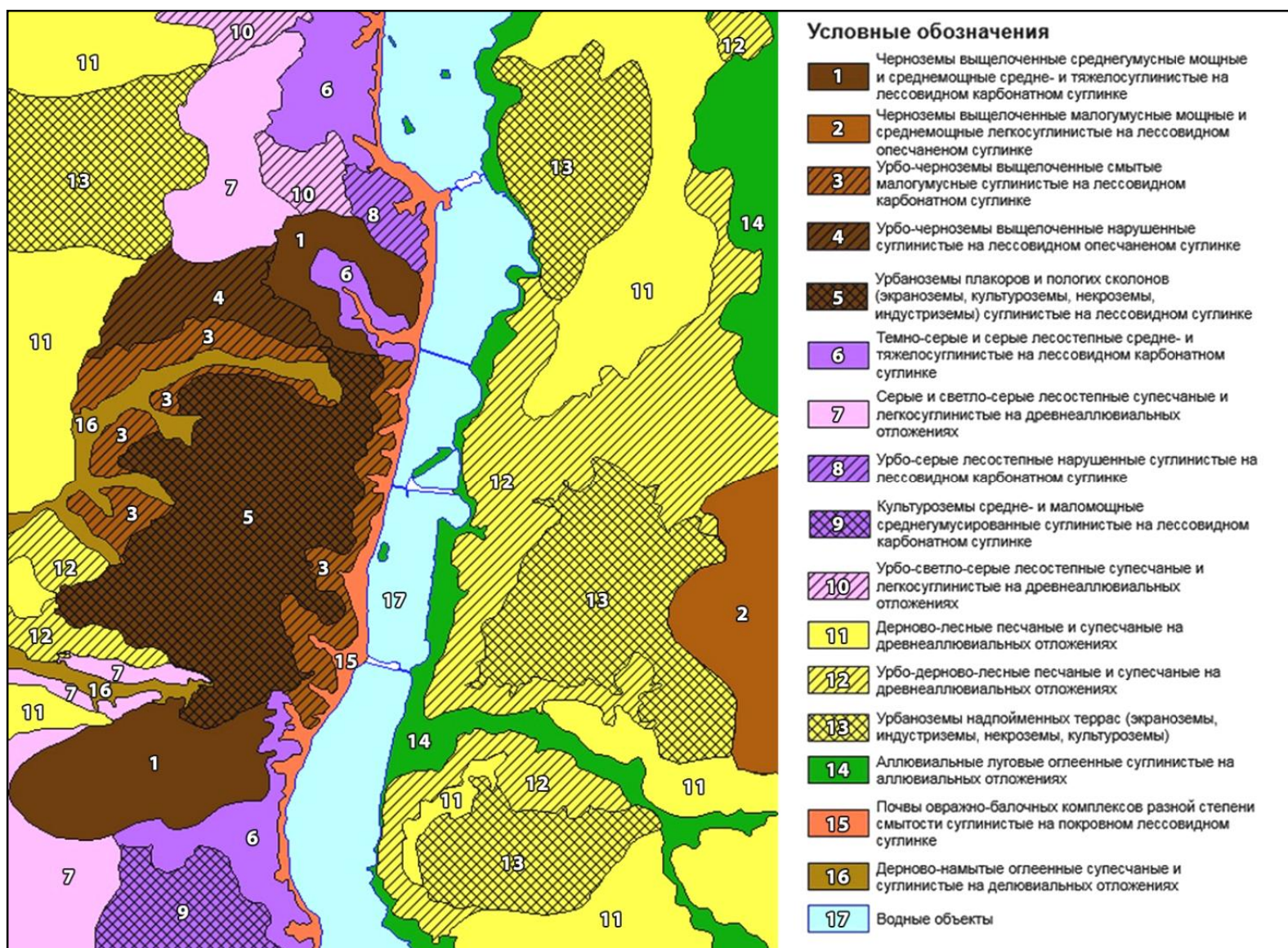


Рис. 1. Обзорная почвенная картосхема города Воронежа (составлена авторами)

При ее составлении нами использована классификация городских почв, предложенная Г.В. Добровольским [7, 8, 9].

Данная классификация разработана для почв городов Центральной части России. Она базируется на особенностях профильно-генетического (морфологического) строения почвенного профиля как достаточно простого и универсального подхода, а также на характере почвообразующих пород и грунтов. Все почвы города разделяются на группы почв: естественных ненарушенных, естественно-антропогенных поверхностно-преобразованных (естественных нарушенных), антропогенных глубокопреобразованных урбаноземов и почв техногенных поверхностных почвоподобных образований – урботехноземов.

Естественно-антропогенные поверхностно-преобразованные городские почвы подвержены поверхностному изменению почвенного профиля менее 50 см мощности. Они состоят также из горизонта «урбик» мощностью 50 см. Почвы сохраняют типовое название с указанием характера нарушения. Стоит отметить, что в настоящее время отсутствуют строгие номенклатурные названия подобных почв, т.к. они не разработаны и в общей национальной классификации почв России.

Антропогенные глубокопреобразованные почвы составляют группу городских почв урбаноземов, в которых горизонт «урбик» имеет мощность более 50 см. Их формирование происходит за счет процессов урбанизации на культурном слое или на насыпных, намывных и перемешанных грунтах мощностью более 50 см.

Культуроземы данной классификации – это почвы городских фруктовых и ботанических садов, огородов. Для них характерны большая мощность гумусового горизонта, наличие перегнойно-торфокомпостных слоев мощностью более 50 см.

При составлении картосхемы учитывались следующие факторы: ландшафтная организация города, показатели состояния почвенного покрова (гранулометрический состав, содержание органического углерода, кислотность, содержание тяжелых металлов и др.), уровень техногенной нагрузки, характер застройки, промышленно-транспортная и социальная инфраструктура [7,8,9].

Правобережная, более возвышенная часть города Воронежа, находится на холмистом плато, в то время как левобережная часть, наоборот, расположена в более пониженной равнинной местности, переходящей в речную террасу. Такой контрастный рельеф предпо-

лагает формирование разнообразных типов почв, которые испытывают и разный уровень техногенной нагрузки. Гранулометрический состав почв также неоднороден: от тяжелых суглинистых почв (в основном в правобережной части города) до песчаных и супесчаных (особенно на левом берегу).

Нами было проведено условное разделение почвенного покрова города на естественные ненарушенные, естественно-антропогенные поверхностно-преобразованные (естественные нарушенные) и антропогенные глубокопреобразованные урбанозёмы.

Почвы городских садов и парков составляют культуроземы, почвы городских кладбищ – некроземы, экраноземы располагаются под городскими дорогами, тротуарами («запечатанные почвы»), а индустриземы – под промышленно-коммунальными объектами.

Кроме того для городских почв свойственно формирование темноокрашенного горизонта, называемого урбик, который состоит из примесей антропогенных включений (пыль, строительный-бытовой мусор, промышленные отходы) (рис. 2). Формирование этого горизонта происходит на почвах различного генезиса [8].

В почвенном покрове города Воронежа преобладают урбаноземы. Для правобережной части города с высоким уровнем техногенной нагрузки характерны урбанозёмы плакоров и пологих склонов суглинистые. Среди них распространены следующие виды: а) индустриземы – 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.); г) интрузёмы (территории заправочных станций и автомобильных стоянок); д) реплантоземы – почвы селитебных территорий (рис. 3).

Крупные ареалы культурозёмов средне- и маломощных среднегумусированных занимают территорию фруктовых садов на юго-западе города [8, 9].

На территории города также остаются почвы, слабозатронутые антропогенной деятельностью. Они занимают небольшую часть городской площади и располагаются преимущественно под городскими лесами и лесопарковыми зонами в черте города (участки Шиловского ле-

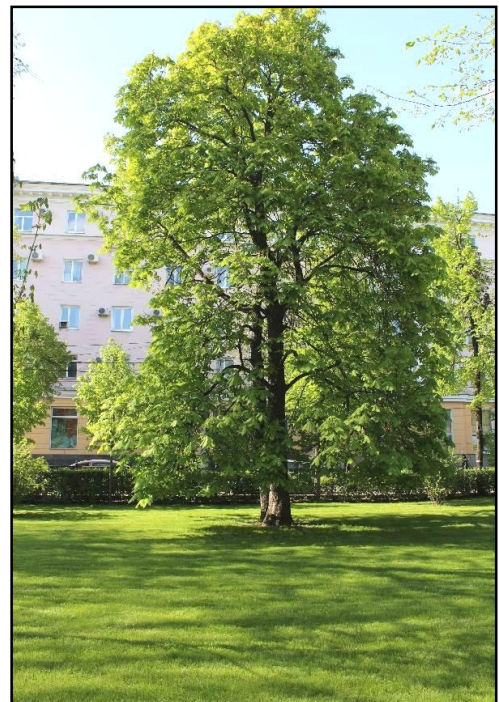
са, Правобережное лесничество УОЛ ВГЛТА, Центральный парк культуры и отдыха «Динамо», Ботанический сад ВГУ и др.).



*Рис.2 Горизонт урбик в почвенном покрове города
(фото Л.Середа)*



а) экраноземы



б) культуроземы

Рис.3 Почвенный покров города (фото Л.Середа)

Почвы овражно-балочных комплексов разной степени смытости и намытости суглинистого гранулометрического состава залегают в

основном на территории прибрежной склоновой зоны водохранилища правого берега. Напротив, аллювиальные луговые оглеенные суглинистые почвы на аллювиальных отложениях распространены в прибрежной зоне левого берега (поймы рек Воронеж, Песчанка, Усмань и Тавровка).

Для территории левого берега преимущественно характерны дерново-лесные песчаные и супесчаные почвы надпойменных террас, которые залегают вместе с их антропогенно-преобразованными аналогами в промышленной зоне левобережья (ОАО «ВАСО», ОАО «Воронежсинтезкаучук», ТЭЦ-1, ОАО ХК «Мебель Черноземья» и др.). Естественно-нечерноземные дерново-лесные песчаные и супесчаные почвы залегают в северной части левого берега (Левобережное лесничество УОЛ ВГЛТА). Однако, для этого района характерна в настоящее время интенсивная застройка. Например, для микрорайона Сомово характерны уже преобразованные естественно-нарушенные урбодерново-лесные песчаные и супесчаные почвы. Только на окраине города, в юго-восточной ее части, распространены земли сельскохозяйственного назначения с характерными для них черноземами.

Кроме того, нами было определено содержание гумуса и актуальной кислотности в почвенных образцах в разных функциональных зонах города.

Исследования содержания гумуса в образцах почв, отобранных за период исследования, показали, что значительная часть городских почв относится к малогумусным (рис 4).

Почвы с более высоким количеством гумуса залегают в зонах рекреации (парки «Орлёнок» (4,3-4,5%), Авиастроителей (4,0%), ул. Дарвина, 1 (6,77 %)) и в зоне жилой застройки (жилые районы по ул. Ломоносова, частный сектор в Советском и Левобережном районах (4,5-6,0%)). Кроме того, высокое содержание гумуса обнаружено и в почвах промышленной зоны – урбаноэмах (ул. Урицкого, 47 (7,31%); ул. Дорожная, 15 (9,5%); ул. Волгоградская, 48 (6,1%) и др.). Для городских индустриземов характерны средние и высокие значения содержания гумуса (6-10 %). Кроме того, нами были исследованы перспективные районы города под застройку, определённые Генпланом г.Воронежа (2008г.). Содержание гумуса в таких районах колебалось от 0,82 % до 8,47 %. Для городских индустриземов характерны средние и высокие значения содержания гумуса (6-10 %). Значения фоновых точек остались на прежнем уровне [8, 9].

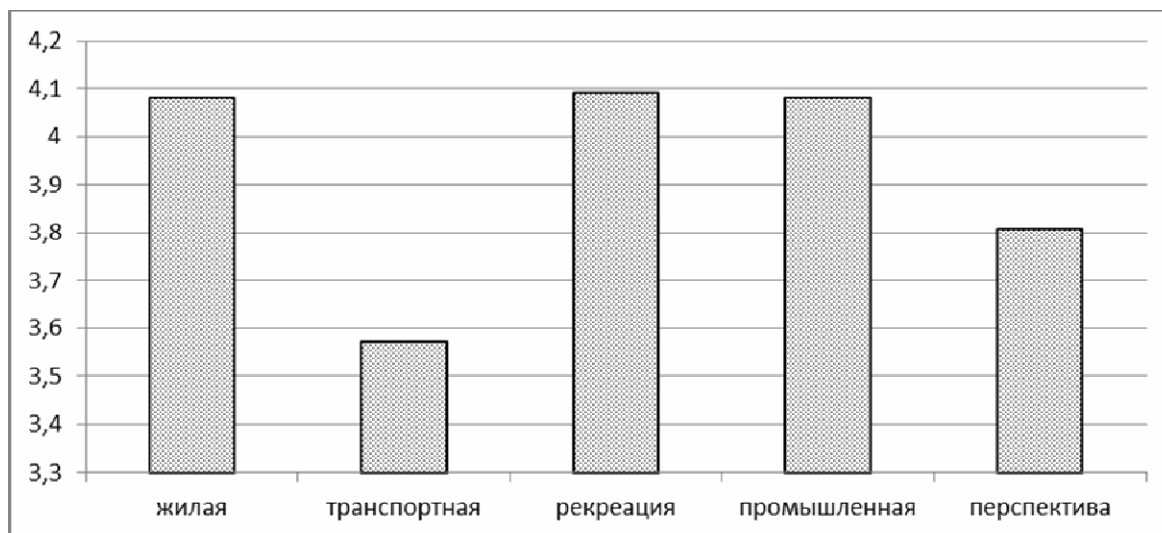


Рис. 4. Среднее содержание гумуса (%) по функциональным зонам г. Воронежа

Стоит отметить, что для городских почв точнее говорить о накоплении в них органического углерода, поскольку понятие «гумус» в условиях высокого уровня урбанизации имеет достаточно условный характер [8].

Результаты исследования актуальной кислотности (pH_{H_2O}) показали изменение реакции среды от слабокислой до слабощелочной. Для почв, залегающих в рекреационной и жилой зонах, характерны более низкие показатели актуальной кислотности, чем для почв в промышленной и транспортной зонах (рис. 5).

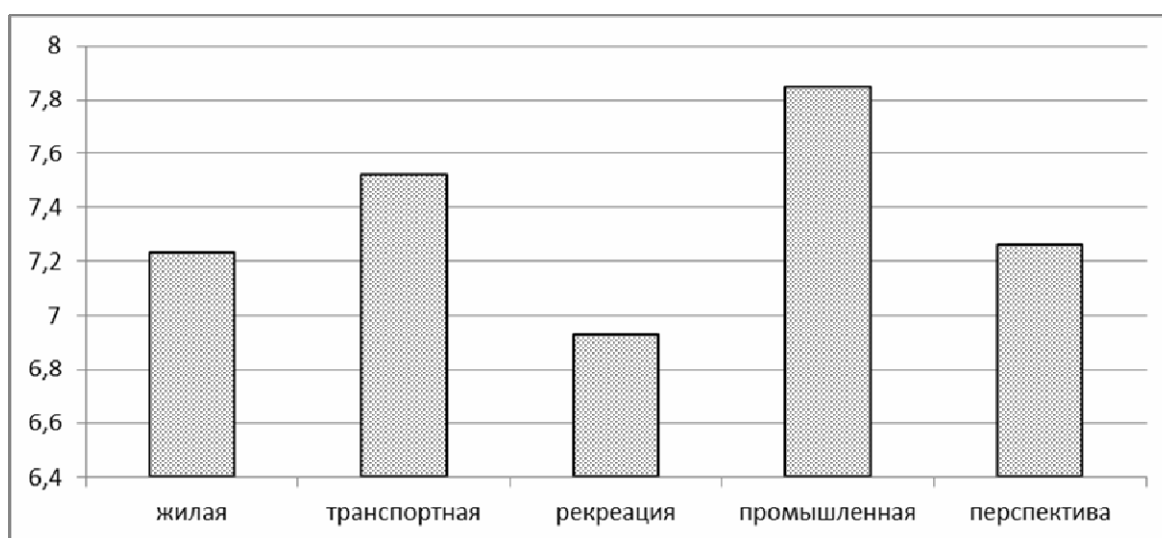


Рис. 5. Среднее значение pH_{H_2O} по функциональным зонам г. Воронежа

Таким образом, урбаноэмы и сильнонарушенные естественные почвы (ул. Ильюшина, 12б (8,4), ул. Холмистая, 41 (8,8) и др.) более

щелочные по сравнению с культуросъемами лесопарковых зон со слабокислой или кислой реакцией среды (парк «Орлёнок» (6,84), парк «Дельфин» (6,00) и др.).

Таблица 1

Содержание гумуса и значение актуальной кислотности в почвенных образцах (2014-2018 гг.)

№	Гумус, %	pH _{H2O}	№	Гумус, %	pH _{H2O}	№	Гумус, %	pH _{H2O}
1	1,97	7,85	33	4,32	6,8	67	9,46	8,1
2	2,615	8,45	34	3,24	6,5	68	4,39	7,7
3	2,27	7,9	35	3,135	7,85	69	2,205	6,8
4	3,84	6,9	36	2,185	7,5	70	5,9	7,5
5	1,475	7,7	37	4,07	7,65	71	7	6,9
6	5,11	8,4	39	5,195	7,8	72	2,73	7,4
7	5,22	8,5	40	3,75	7,2	73	4,3	7,2
8	3,34	8	41	5,67	7,2	74	4,39	6,8
9	3,19	6	42	5,05	7,75	75	4,8	7,2
10	1,25	8,5	43	3,71	7,5	76	8,47	7,1
11	1,78	6,1	44	6,52	8,2	77	7,27	7,1
12	3,57	7,6	45	4,68	7,8	78	0,58	6,8
13	2,81	7,4	46	7,42	7,7	79	2,1	7,3
14	0,96	7,1	47	1,02	7,8	80	1,42	8,1
15	3,57	7,9	48	5,17	7,7	81	6,48	7,7
16	2,5	6,7	49	5,39	7,6	82	5,23	6,2
17	3,995	7,2	50	6,11	8,8	83	0,82	5,4
18	9,62	6,3	52	2,19	7,2	84	0,87	8
19	6,465	6,85	53	2,07	6,9	85	4,85	8,8
20	6,09	7,1	54	3,04	6,3	86	5,87	6,7
21	3,26	7,2	55	0,34	7,9	87	3,54	7,8
22	2,44	7,6	56	5	7,1	88	6,24	5
23	0,34	6,8	57	1,49	7,2	89	2,33	6,4
24	2,01	7,9	58	3,54	7,1	90	1,07	7,3
25	6,43	6,6	59	4,365	7,2	91	4,49	7,9
26	5,22	7,8	60	1,98	7,2	92	4,87	7,4
27	4,23	7,75	61	10,28	7,2	93	4,59	7,4
28	2,88	7,9	62	3,89	6,9	94	4,78	6,8
29	1,14	7,1	63	7,31	7,8	95	4,46	7,13
30	1,5	8,6	64	5,43	7,2	96	3,92	7,29
31	1,83	8,8	65	5,51	7,8	102	3,24	6,88
32	5,8	7,4	66	1,81	6,9	103	5,22	6,95

Высокий уровень щелочности почвенного покрова во многом обусловлен большим количеством поступающей пыли с автомагистралей, которая содержит карбонаты Ca и Mg, а также из-за использова-

ния извести в строительном растворе, который легко выветривается с территорийстроек и оседает в почву.

На существенное подщелачивание почв влияет также поступление хлоридных солей на тротуары и дороги города в зимний период с целью их внесения для борьбы с гололедицей. Поэтому большинство почвенных образцов в транспортной зоне города имели щелочную реакцию среды (ул. Димитрова-ул. Волгоградская (8,5), ул. 9 Января – ул. Антонова-Овсеенко (8,6), Московский проспект - ул. Хользунова (7,9), Ленинский проспект, 149 (8,5)).

Данные исследований почвенных образцов на содержание гумуса и актуальной кислотности отражены в таблице 1. Так, нами отмечено, что в промышленной и транспортной зонах города залегают более щелочные почвы, чем в зоне рекреации и жилой зоне.

В зоне рекреации были отмечены низкие показатели актуальной кислотности, большинство почвенных образцов отнесены к кислым почвам (Центральный парк культуры и отдыха (6,88), больница Электроника (5,4), ул. Дарвина, 1 (6,2)). Для почв, залегающих в промышленной зоне, характерны более высокие показатели актуальной кислотности (ул. Лебедева (8,8), ул. Пирогова, 79 (8,0), ул. Лидии Рябцевой, 51б (8,2)). Значительная часть почв в транспортной зоне имела щелочную реакцию среды (ул. 20-летия Октября, 94 (8,0), Московский проспект, 36 (7,7)). В районах перспективной застройки значения актуальной кислотности колебались от 5,4 до 8,8. При этом кислые почвы получили распространение в микрорайоне Шилово с большой площадью лесистости. Эта тенденция подтверждает тот факт, что для культуроземов городских почв свойственна кислая реакция среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аринушкина, Е.В. Руководство по химическому анализу почв. - М.: Изд-во МГУ. 1970. - 488 с.
2. Берлянт, А. М. Геоинформационное картографирование / А. М. Берлянт – М. : Астрей, 1997. – 64 с.
3. Биодиагностика почв: методология и методы исследований: / К.Ш. Казеев, С.И. Колесников - Ростов-на-Дону. – Изд-во Южного федерального университета, 2012. - 260 с.
4. Биологический контроль окружающей среды (биоиндикация и биотестирование) : Учеб. пос. / под ред. О. П. Мелеховой, Е. И. Егоровой. - М. : Академия, 2007. - 288 с.

5. Интегральная экологическая оценка состояния городской среды: монография / под общ. ред. С. А. Куролапа и О. В. Клепикова. – Воронеж : Научная книга, 2015. – 232 с.
6. Касимов Н. С. Геохимическая систематика городских ландшафтов / Н. С. Касимов, А. И. Перельман // Вестник МГУ.: Серия География. - 1994. - №4. - С. 36-42.
7. Почва, город, экология / под общ. ред. Г.В. Добровольский. – М. : Фонд «За экономическую грамотность», 1997. – 320 с.
8. Серeda Л.О. Мониторинг эколого-геохимического состояния почвенного покрова города Воронежа / Л. О. Серeda, Л. А. Яблонских, С. А. Куролап // Вестн. Волгогр. гос. ун-та. - Сер. 11. Естеств. науки. - 2015. - №2 (12) - С.66-73.
9. Серeda Л.О. Оценка эколого-геохимического состояния почвенного покрова городского округа город Воронеж / Л. О. Серeda, Л. А. Яблонских, С. А. Куролап // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Серия География. Геоэкология. – 2015. - № 4. - С. 59-65.
10. Эколого-аналитические методы исследования окружающей среды: учеб.пособие / Т. И. Прожорина [и др.] – Воронеж : Истоки, 2010. – 304 с.

ЭКОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ГОРОДА ВОРОНЕЖА

Л.О. Серeda

Проблема экогеохимического исследования почв урбанизированных территорий, подвергшихся негативному антропогенному воздействию, особенно остра, так как тенденция увеличения их площадей сопровождается коренным преобразованием почвенного профиля в виде механического нарушения его строения, несвойственного естественному генезису зональных почв, а также изменением эколого-геохимического состояния почв за счет влияния функционально-планировочных условий города. Важными показателями, которые необходимо оценивать в процессе почвенного мониторинга, являются следующие: кислотность, содержание гумуса, количество нефтепродуктов и тяжелых металлов. Наиболее распро-

странёнными загрязняющими веществами городских почв являются тяжелые металлы и нефтепродукты.

Проблема техногенного загрязнения почвенного покрова актуальна для многих крупных индустриально-развитых городов, в том числе и Воронежа с миллионным населением. Он типичен для урбанизированных центров Европейской части страны, что позволяет распространить его опыт разработки мониторинговых систем городской среды на другие урбанизированные регионы и отдельные крупные промышленные центры России [2].

Для оценки состояния почвенного покрова 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 [4,5] было отобрано отобрано 116 образцов из верхних горизонтов почв (10-15 см) в весенне-летний период 2014-2018 гг. по заранее выбранным пунктам мониторинга в разных функциональных зонах (ФЗ): 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 (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. В качестве фона были выбраны 7 точек на территории пгт. Рамонь, СНТ «Северный бор», Ботанического сада ВГУ и санатория им. 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 медико-биологического 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:

- тяжелых металлов - вольтамперометрический метод исследования на анализаторе ТА-4 (ПНД Ф 16.1:2:2:2:3.48-06) [15];
- 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);

- нефтепродуктов - метод хлороформ-гексановой экстракции (ПНД Ф 16.1.41-04);
- содержания гумуса - метод И.В.Тюрина (ГОСТ 26213-91) [3,4];
- гидролитической кислотности, обменного кальция и магния – методы согласно ГОСТ 26212-91, ГОСТ 26487-85) [4,5];
- актуальной кислотности – потенциометрический.

Кроме того применялись:

- методы биотестирования (по проросткам растений-индикаторов (кресс-салат (*Lepidium sativum*) и овес посевной (*Avena sativa*), определение фитотоксического эффекта) (ГОСТ ИСО 22030-2009, 2010) [15];
- токсикологический метод анализа (методика определения токсичности почв по изменению оптической плотности культуры водоросли Хлорелла (*Chlorella vulgaris*) (ПНД Ф 14.1:2:4.10-04, 16.1:2:3:3.7-04).

Требования к качеству почвы населенных пунктов, сельскохозяйственных угодий, зон санитарной охраны источников водоснабжения, территории курортных зон и отдельных учреждений отражены в основном нормативном документе «Гигиенические нормативы ГН 2.1.7.2041-06 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве», отдельные нормативы представлены в таблице 2.4 [3].

Оценка опасности загрязнения почвы химическими веществами выражается коэффициентом опасности, который рассчитывается по формуле (1.1):

$$Ko = C / ПДК \quad (1.1)$$

где C – содержание 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.

Чем выше класс опасности загрязняющего вещества, тем выше опасность загрязнения. Для оценки состояния почвенного покрова применяют также коэффициент концентрации K_c . Он определяется по следующей формуле (1.2):

$$K_c = C_a / C_{\phi} \quad (1.2)$$

где C_a - средние концентрации элемента в городских образцах;

C_{ϕ} - средние концентрации элемента в фоновых образцах.

Кроме того, нами рассчитан суммарный показатель токсичного загрязнения (СПТЗ), с применением следующей формулы (1.3):

$$СПТЗ = \sum_{i=1}^n K_c K_T - (n - 1) \quad (1.3)$$

где K_T - коэффициент токсичности химического элемента.

При подсчете элементам первого класса опасности соответствует коэффициент токсичности, равный 1,5, элементами второго класса – 1,0, а третьего – 0,5. Рассчитывается коэффициент СПТЗ только для тех элементов, у которых K_c больше 2.

Общую геохимическую нагрузку характеризует также суммарный показатель загрязнения почв химическими элементами, который рассчитывается по формуле (1.4):

$$Z_c = \sum (K_{ci} + \dots + K_{cn}) - (n - 1) \quad (1.4)$$

где n – число химических элементов с $K_c > 1,5$.

Оценить опасность загрязнения почвенного покрова можно по шкале, представленной в таблице 1.

Шкала была разработана на основе исследований показателей состояния здоровья населения, проживающего на территории с разным уровнем загрязнения почвенного покрова [1]. Данный показатель может быть применен как для подвижных форм тяжелых металлов, так и для валового содержания [6]. Наиболее распространенные загрязняющие вещества будут являться приоритетными загрязнителями.

Таблица 1

Ориентировочная оценочная шкала опасности загрязнения почвенного покрова по суммарному показателю загрязнения

Категория загрязнения почв	СПЗ	Изменения показателей здоровья населения в очагах загрязнения
Допустимая	Менее 16	Минимальный уровень заболеваемости детей и небольшая частота встречаемости функциональных отклонений
Умеренно опасная	16-32	Увеличение общей заболеваемости
Опасная	32-128	Увеличение общей заболеваемости, числа часто болеющих детей, детей с хроническими заболеваниями, нарушениями функционального состояния сердечно-сосудистой системы
Чрезвычайно опасная	Более 128	Увеличение заболеваемости среди детей, нарушение репродуктивной функции женщин

Анализируя коэффициенты опасности в разных ФЗ города, можно отметить, что минимальный уровень загрязнения Zn отмечается в зонах рекреации, жилой современной многоэтажной постройки, частного сектора и перспективной застройки (табл. 2).

Таблица 2

Коэффициенты концентраций и коэффициенты опасности в почве города подвижных форм цинка и свинца

К	Функциональные зоны						
	Р	ТЗ	ПЗ	ЖЗ СП	ЖЗ ЧС	ЖЗ ЦИ	Персп
Zn ($K_T=1,5$, I класс опасности)							
K_c	2,39	20,05	25,79	9,56	6,90	12,89	7,68
K_o	0,23	1,94	2,50	0,93	0,67	1,25	0,74
УЗ*	минимальный	средний	сильный	минимальный	минимальный	слабый	минимальный
Pb ($K_T=1,5$, I класс опасности)							
K_c	2,51	14,31	12,83	8,85	6,66	7,50	7,07
K_o	0,50	2,86	2,59	1,77	1,33	1,50	1,36
УЗ*	минимальный	сильный	сильный	средний	слабый	слабый	слабый

*УЗ – уровень загрязнения

Слабое загрязнение установлено в жилой зоне (ЦИ), сильное загрязнение отмечено в транспортной и промышленной зонах. Сильное загрязнение Pb установлено по коэффициентам опасности также в транспортной и промышленной зонах города. Средний уровень загрязнения отмечен в жилой зоне (СП) [14].

Общую характеристику состояния почвенного покрова можно провести с помощью интегральной оценки качества почвенного покрова с использованием суммарного показателя загрязнения Z_c (СПЗ) и суммарного показателя токсичного загрязнения СПТЗ, учитывающего класс опасности загрязняющих веществ. Завершающим этапом интегральной оценки почвенного покрова было создание карт, отражающих градиентные различия СПТЗ и Z_c . Построенная карта (рис. 2) иллюстрирует территориальные различия, достигающие примерно 10-х кратного уровня по различиям СПТЗ в благополучных «спальных» микрорайонах, зонах рекреации с промышленными и транспортными зонами города. Метод IDW - интерполяции достаточно объективно характеризует общую экологическую обстановку почв города.

Данные по интегральной оценке показаны в таблице 3. Приоритетными загрязнителями, по которым проводили расчет Z_c и

СПТЗ, являлись цинк, свинец. Расчет проводили по подвижным формам тяжелых металлов.

Таблица 3

СПТЗ и Zс почвенного покрова по подвижным формам ТМ

№ пробы	Zс	СПТЗ	№ пробы	Zс	СПТЗ	№ пробы	Zс	СПТЗ
1	45	68	34	6	9	67	110	165
2	2	4	35	10	16	68	11	17
3	7	10	36	4	7	69	46	69
4	2	3	37	2	4	70	1	1
5	1	1	38	6	9	71	1	1
6	51	76	39	17	26	72	5	7
7	9	14	40	90	136	73	1	1
8	1	2	41	97	146	74	1	1
9	2	4	42	4	7	75	45	68
10	25	38	43	1	1	76	0	1
11	2	4	44	22	34	77	1	1
12	3	5	45	30	46	78	0	1
13	4	6	46	37	56	79	1	1
14	111	166	47	113	170	80	1	2
15	173	261	48	1	2	81	0	1
16	16	25	49	38	57	82	1	1
17	1	1	50	198	298	83	21	31
18	2	3	51	01	1	84	77	116
19	1	2	52	55	83	85	1	1
20	11	17	53	4	7	86	37	56
21	13	21	54	5	8	87	27	41
22	17	26	55	1	2	88	3	5
23	40	61	56	3	5	89	0	1
24	6	9	57	28	42	90	2	4
25	4	7	58	19	29	91	8	12
26	6	9	59	0	1	92	50	76
27	18	27	60	6	9	93	7	11
28	9	14	61	1	1	94	6	9
29	117	176	62	21	32	95	0	0
30	15	24	63	37	56	96	11	17
31	2	3	64	36	55	102	0	1
32	6	9	65	125	187	103	1	2
33	1	2	66	1	1			

По исследованиям 1 пункт мониторинга по показателю СПТЗ – точка №15 (ул. Куйбышева – ул. Панфилова), находящийся в транспортной зоне города Воронежа, относится к категории «чрез-

вычайно опасный уровень загрязнения» и представляет угрозу для городских жителей и биоты. Опасный уровень отмечен в ряде точек по показателю СПТЗ: № 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.

Средний СПТЗ по городу составил 34, что соответствует опасному уровню загрязнения по данному показателю. Показатель СПТЗ рекомендуется в качестве приоритетного критерия оценки опасности загрязнения почв, т.к. учитывает класс опасности веществ. Для города Воронежа показатель СПТЗ был рассчитан по подвижным формам 2-х тяжелых металлов I класса опасности. Средний уровень Z_c составил 10,43, что свидетельствует о допустимом уровне загрязнения – интегральный показатель не превышает 16 единиц.

Данные по уровням СПТЗ и Z_c в разных функциональных зонах города показаны на рисунке 1.

Как видно, по уровню СПТЗ наиболее неблагоприятными зонами являлись транспортная и промышленная. В ряде точек этих зон были отмечены опасные и чрезвычайно опасные уровни загрязнения, представляющие угрозу для городской биоты и здоровья населения.

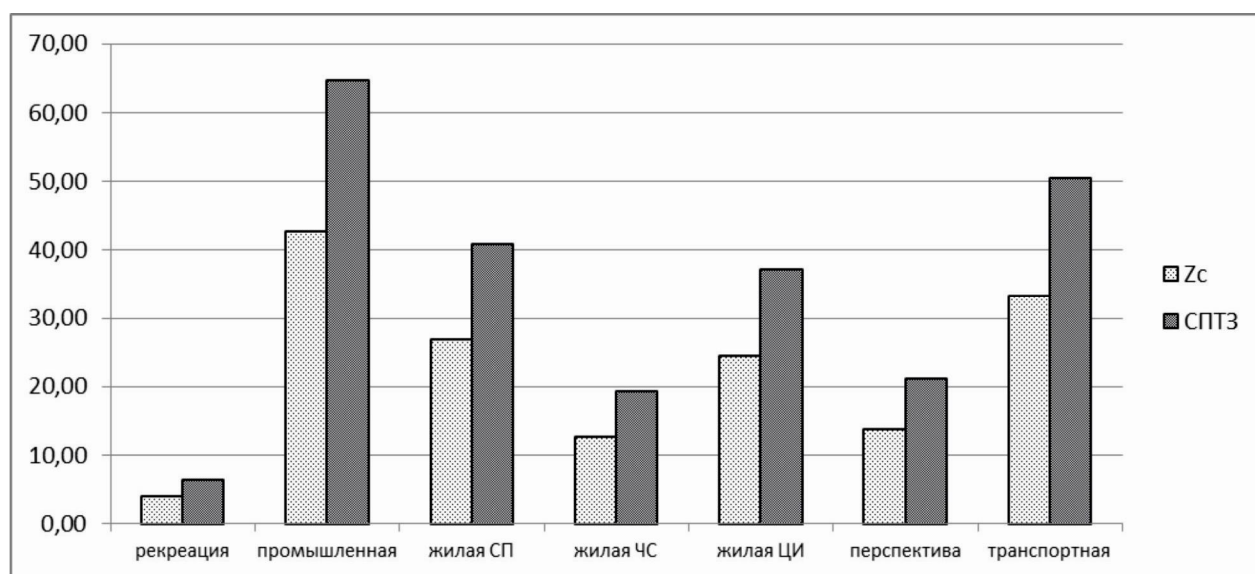


Рис. 1. Уровни СПТЗ и Z_c в разных функциональных зонах города

Повышенному уровню загрязнения в 2014-2018 гг. в жилой зоне современной многоэтажной постройки и центрально-

исторической части города способствует высокая плотность застройки, интенсивность движения автотранспорта и использование прилегающих территорий к зданиям в качестве парковочных мест для автомобилей. По загрязнению почвенного покрова ФЗ города образуют следующий ряд: рекреация < жилая ЧС < перспектива < жилая ЦИ < жилая СП < промышленная < транспортная.

По результатам мониторинга выявлены несколько очагов, в которых СПТЗ превышает допустимый уровень. Очаг на правом берегу располагается в зоне сосредоточения промышленных объектов в Коминтерновском районе (ТЭЦ-2, завод «ТяжМехПресс», бывший завод им. Коминтерна, выпускавший шагающие экскаваторы, а также ряд более мелких производств).

Крупный очаг загрязнения отмечен в районе микрорайона «Отрожка» (север левобережной части города). На данной территории исторически располагались крупные предприятия, связанные с обслуживанием и ремонтом железнодорожного транспорта. Кроме того там находятся железнодорожная развязка, железнодорожный мост и оживленный участок трассы М-4. В частном секторе «Отрожки» распространены несанкционированные свалки, в том числе опасных бытовых и промышленных отходов.

Высокий уровень СПТЗ зафиксирован в районе влияния цехов авиастроительного завода, функционирующего с 1930-х годов. Также в этом районе имеет место интенсивное движение грузового автотранспорта.

Опасный уровень СПТЗ отмечен в южной части левого берега, в зоне влияния ТЭЦ-1 и заводов «Воронежсинтезкаучук», «Рудгормаш».

Современные ПДК, применяемые к почвенному покрову, не совсем применимы для урбаноземов городской среды. Целесообразно рассмотреть интегральную оценку почвенного покрова с использованием коэффициента Z_c по подвижным формам ТМ (цинк, свинец).

Данные интегральной оценки загрязнения почвенного покрова по Z_c имеют общие черты с данными интегральной оценки по СПТЗ почв города. Так, наиболее опасный уровень загрязнения был отмечен в транспортных зонах города с интенсивным потоком автомобилей (рис. 3). Превышение над фоновым значением было в 50-100 раз. Высокие уровни коэффициента загрязнения отмечены и в промышленной зоне города.

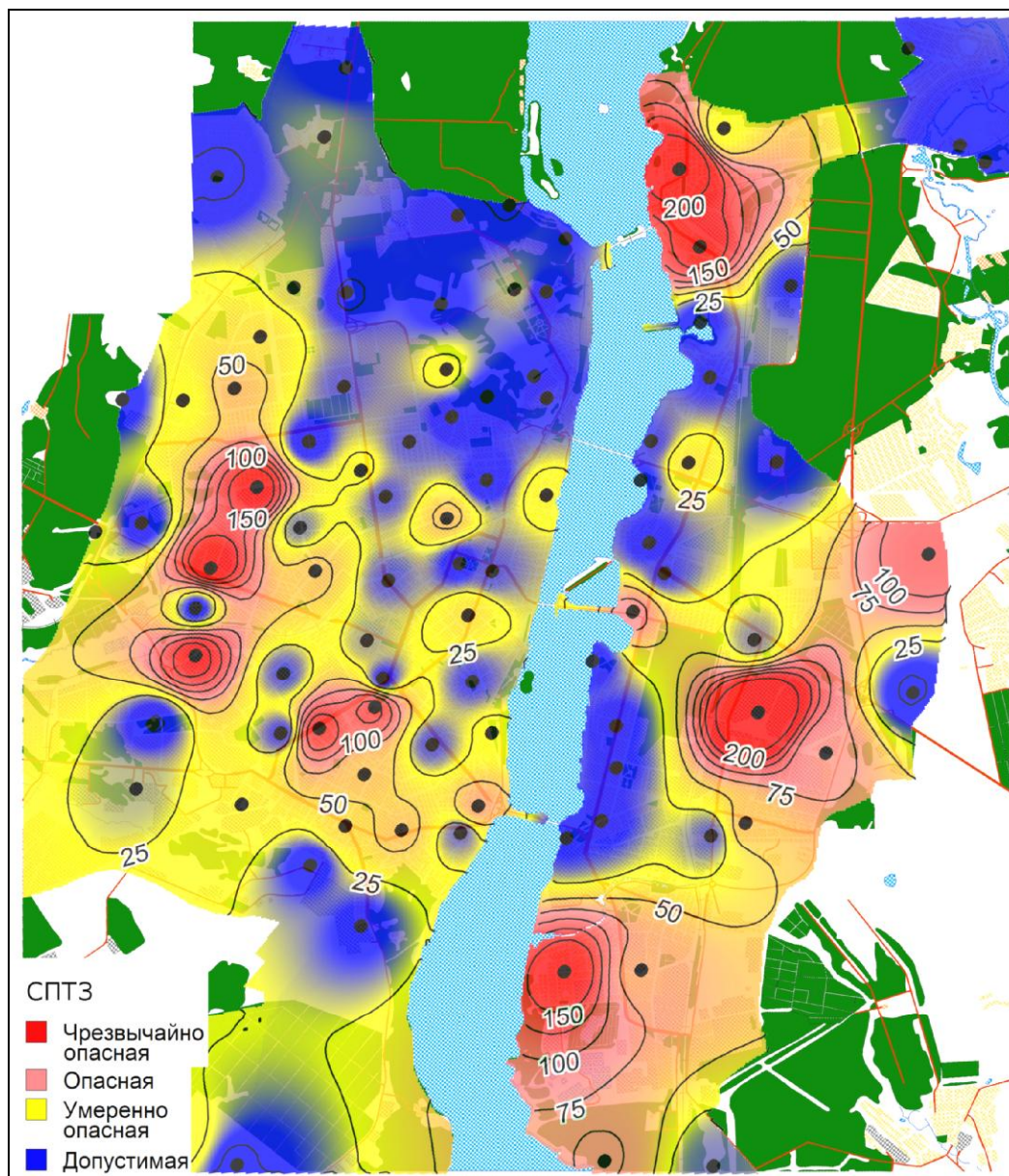


Рис. 2. Суммарный показатель токсичного загрязнения по подвижным формам тяжелых металлов почвенного покрова города Воронежа

По уровню коэффициента Z_c ПП Воронежа подвержен высокому и очень высокому уровню загрязнения. Городские почвы сильно преобразованы, даже в лесопарковых зонах наблюдается преобразование ПП. Кроме того нами рассчитан показатель Z_c по валовому содержанию поллютантов в почве города, для расчета взяли элементы с $K_c > 1,5$. Данный показатель был рассчитан для 6 загрязняющих веществ: никеля, галлия, рубидия, циркония, ниобия и свинца. Z_c по валовому содержанию поллютантов в почве города составил 37, что соответствует опасной категории загрязнения почвенного покрова.

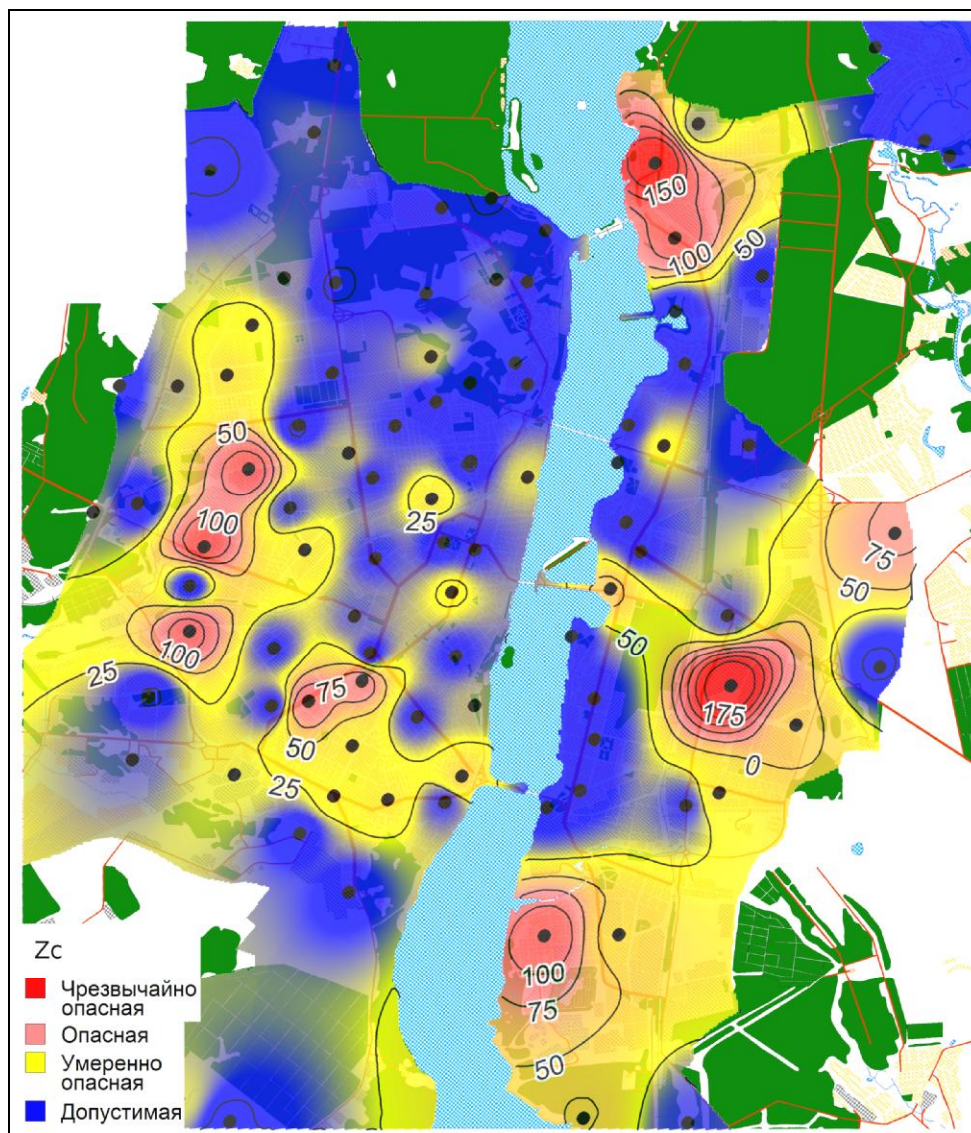


Рис. 3. Интегральная оценка загрязнения почвенного покрова города Воронежа по коэффициенту Z_c по подвижным формам ТМ

Для более точной оценки состояния почвенного покрова целесообразно рассмотреть загрязнение почвенного покрова не только по функционально-планировочным зонам, но и по внутригородским районам (рис. 4).

Наиболее высокое загрязнение почвенного покрова нефтепродуктами отмечается в Ленинском и Левобережном районах города Воронежа. Это индустриально-развитые районы с интенсивным грузопотоком по магистралям города. Наиболее низкое содержание нефтепродуктов отмечено в Центральном районе города, именно в этом районе было большое количество точек отбора в зоне рекреации, что способствовало высокому значению и органического углерода в почвенном покрове и более низкому показателю актуальной кислотности.

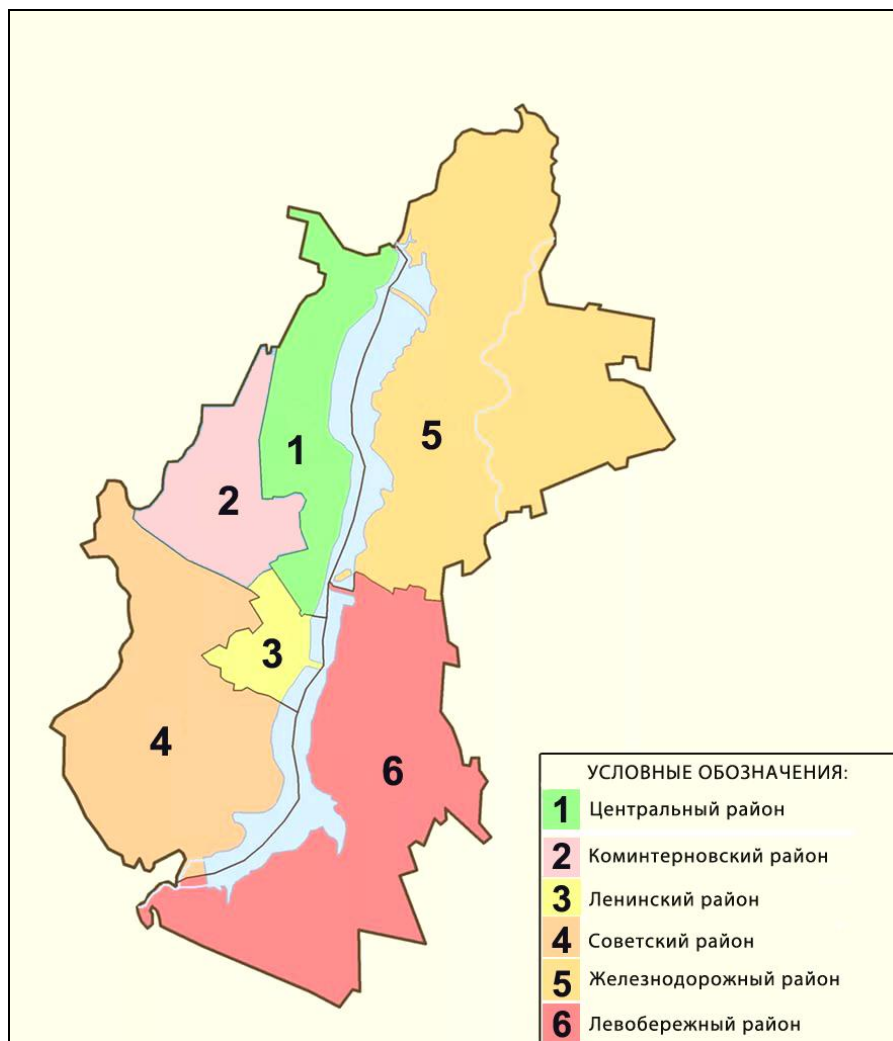


Рис. 4. Внутригородские районы Воронежа (по возрастанию Zс)

Почвы, близкие к щелочным, распространены в Ленинском и Левобережном районах города, что определяется характером техногенной и антропогенной нагрузок. Эта особенность присуща почвам промышленных и транспортных зон города. Именно в этих районах в поверхностном слое ПП идет накопление Zn других поллютантов.

Наибольшее содержание подвижной формы Zn было отмечено в Ленинском районе (35,14 мг/кг), далее следовали Левобережный (33,93 мг/кг), Коминтерновский (32,51 мг/кг) и Советский (29,16 мг/кг).

Высокое содержание подвижной формы Pb в 2014-2018 гг. отмечено в Левобережном (22,97-15,09 мг/кг) и Железнодорожном (22,14-10,68 мг/кг) районах города. Минимальные уровни содержания отмечены в Центральном районе города.

Высокое загрязнение медью отмечено в Левобережном районе города. Минимальные уровни содержания Cu и Cd отмечены в Центральном районе города.

Таблица 4

Состояние почвенного покрова в районах города

Показатели	Районы					
	Центральный	Коминтерновский	Ленинский	Левобережный	Железнодорожный	Советский
Нефтепродукты	160,42	279,43	402,77	377,21	257,42	265,19
C, %	2,835	2,325	2,655	1,91	1,495	2,17
pHН2О	7,05	7,42	7,505	7,85	7,035	7,475
Zn, мг/кг	7,195	32,515	35,14	33,935	22,275	29,165
Pb, мг/кг	4,775	8,59	12	19,03	16,41	8,94
Cd, мг/кг	0,01	0,01	0,06	0,005	0,01	0,03
Токсичность, %	21,065	31,07	19,475	17,13	11,37	25,235
Ф/э овес, %	33,975	42,715	50,625	48,57	30,68	47,43
Ф/э кресс-салат, %	26,705	38,95	32,65	39,43	19,32	37
Mn, мг/кг	415,6	354	212,3	410,7	423,25	239,4
Cu, мг/кг	0	0,025	0,685	2,84	0,525	0,095
Zc	6	23	25	36	27	25
СПТЗ	9	35	39	55	40	38

В Ленинском районе города на протяжении всего периода исследований наблюдался высокий уровень фитотоксичности для всех исследуемых тест-культур. Для территории Советского района также характерен высокий уровень фитотоксичности, что свидетельствует о загрязнении почвенного покрова и возможном влиянии на зеленые насаждения в этих районах, а также на здоровье населения. В Коминтерновском районе города отмечался средний и высокий уровень фитотоксического эффекта. Для данного района характерны высокие темпы строительства, а применение методов биотестирования может спрогнозировать возможные нарушения.

Таким образом, по состоянию почвенного покрова и по показателю СПТЗ районы города можно расположить в следующий ряд: Центральный < Коминтерновский < Советский < Ленинский < Железнодорожный < Левобережный, а по показателю Zc районы города располагаются в следующем ряду: Левобережный > Железнодорожный > Советский = Ленинский > Коминтерновский > Центральный. Исходя из этого, можно сделать вывод о том, что высокий уровень загрязнения почвенного покрова характерен для территории левого берега города Воронежа, где располагаются основные промышленные предприятия города и интенсивные городские ма-

гистрали с «пробками» в часы пик. Левобережный и Железнодорожный районы города наименее благополучные среди остальных районов города по состоянию почвенного покрова.

Минимальный уровень загрязнения отмечен в Центральном районе города, что говорит о высоком уровне комфортности для населения и городской биоты. Но, к сожалению, этот район сейчас также интенсивно застраивается и в ряде точек были отмечены уже достаточно высокие показатели содержания ЗВ, что в дальнейшем может привести к ухудшению ситуации и уменьшению уровня комфортности.

Анализируя уровень загрязнения почвенного покрова, можно сделать вывод о том, что он находится на допустимом уровне, но местами (в зонах интенсивной техногенной нагрузки) имеет умеренно опасный и опасный уровень загрязнения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Буштуева, К.А. Методы и критерии оценки состояния здоровья населения загрязнением окружающей среды / К.А. Буштуева, И.С. Случанко. – М. : Медицина, 1979. – 160 с.
2. Виноградов, П. М. Геоинформационное обеспечение геоэкологического мониторинга крупного промышленного центра (на примере города Воронежа) : автореф. дис. ... канд. геогр. наук. : 25.00.36 / Виноградов Павел Михайлович. – Воронеж, 2015. – 24 с.
3. ГН 2.1.7.2041-06 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве // Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти. – 2006. - № 10.
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. 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.
6. Закруткин, В.Е. Методика оценка опасности загрязнения почв подвижными формами тяжелых металлов на территории угледобывающих предприятий / В.Е. Закруткин, Д.Ю. Шишкина // Учебно-методическое пособие для студентов-бакалавров, обучающихся по направлению «Экология и природопользование». Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2011 – 54 с.

7. Касимов, Н. С., Экологическое состояние городов России / Н. С. Касимов, В. Р. Битюкова, Д. В. Власов // Геохимия ландшафтов и география почв. - М. : АПР, 2012. - С. 157-185.
8. Касимов, Н. С. Геохимия ландшафтов Восточной Москвы / Н. С. Касимов, Д.В. Власов, Н.Е. Кошелева, Е.М. Никифорова// М.: АПР, 2016. – 300 с.
9. Колесников С.И. Экологические последствия загрязнения почв тяжелыми металлами: Ва, Мп, Sb, Sn, Sr, V, W / С.И. Колесников, К.Ш. Казеев, В.Ф. Вальков, С.В. Пономарева. - Ростов-на-Дону: Эверест, 2008. - 200 с.
10. Колесников С.И. Нормирование химического загрязнения почв по степени нарушения их экологических функций / С.И. Колесников, К.Ш. Казеев, Т.В. Денисова, Е.В. Даденко // Экология и промышленность России. - 2011.- С. 56-59.
11. Назаренко Н.Н. Биоиндикация почвы транспортных зон г. Воронежа / Н. Н. Назаренко, И. И. Корецкая, И. Д. Свистова // Вестник Воронеж. гос. ун-та: Серия География. Геоэкология. - 2015. - №1. - С. 46-50.
12. Комплексное экологическое картографирование (Географический аспект) / Под ред. Н. С. Касимова – М. : Изд-во МГУ, 1997. - 147 с.
13. Регионы и города России: интегральная оценка экологического состояния / Под редакцией Н. С. Касимова. М. : ИП Филимонов М. В., 2014. – 560 с.
14. Серeda Л. О. Оценка эколого-геохимического состояния почвенного покрова городского округа город Воронеж / Л. О. Серeda, Л.А. Яблонских, С.А. Куролап // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Серия География. Геоэкология. – 2015. - № 4. - С. 59-65.
15. Экогеохимия городских ландшафтов / под ред. Н. С. Касимова. – М. : Изд-во МГУ, 1995. – 336 с.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА КРУПНЫХ ПРОМЫШЛЕННО РАЗВИТЫХ ГОРОДОВ

Л.О. Середа

Загрязнение почвенного покрова города характерно для большинства промышленно развитых городов. В качестве сравнительного анализа с ситуацией в городе Воронеже проведена экогеохимическая оценка почвенного покрова города Мюнхена в Баварии (Германия), где в течение теплого периода 2016 г. нами было отобрано несколько почвенных образцов в разных функциональных зонах города.

Мюнхен – крупный промышленный центр Германии. В городе проживает около 1,45 млн. жителей.

Для города характерен умеренный климат, с переходным от морского к континентальному. Зимы мягкие и малоснежные, в среднем температура января -1°C , но иногда могут наблюдаться сильные морозы из-за влияния антициклонов. В летний период много дождей, средняя температура воздуха $+18^{\circ}\text{C}$. Для города характерен неоднородный рельеф, что в определенной степени сближает его с Воронежем. Рельеф неоднородный, преобладает холмистая поверхность. Почвенный покров также разнообразный, обладающий неблагоприятными свойствами. Из всех видов почв преобладает бурозем, во многом уже нарушенный под влиянием техногенной нагрузки. Поэтому для города также характерно формирование урбаноземов – городских почв. В южной части располагаются покрытые лесом предгорья, а южнее начинаются Альпы.

Стоит отметить, что в Баварии почвенному мониторингу уделяется повышенное внимание. Еще в 1985 году на территории земли была создана сеть из 133 площадок для длительного мониторинга и охраны почв. Также на территории Германии создан Немецкий центр по наблюдению земли, состоящий из 16 филиалов, в том числе и в Мюнхене. В центре занимаются исследованием качества воздуха, почвенного и снежного покровов, водных объектов с использованием данных дистанционного зондирования.

Государственный контроль и мониторинг в Германии находится в компетенции Федерального ведомства по охране природы и Федеральной службы по охране окружающей среды. Кроме того,

функционируют Федеральные ведомства по картографии и геодезии, по радиационной безопасности, морского судоходства и гидрографии, по геонаукам и сырью. За мониторинг и контроль водных ресурсов отвечает Федеральный институт гидрологии.

В Мюнхене находится Баварское земельное министерство по охране окружающей среды и защиты потребителей. Оно занимается сохранением природы и управлением ландшафтами, контролем за загрязнением водных ресурсов, почвенного покрова и атмосферного воздуха, системой обращения с отходами и управлением переработкой отходов, контролем за уровнем шума и электромагнитного излучения, радиационной безопасностью и иными вопросами. В подчинении министерства находятся следующие учреждения: Баварское агентство по охране окружающей среды, Баварское агентство по охране здоровья и безопасности продуктов питания, Академия сохранения природы и управления ландшафтами, Фонд сохранения природы и Лесной национальный парк.

В Германии 12.07.1999 года был принят Немецкий Федеральный закон о защите Почв, в котором используются стандарты содержания химических веществ в зависимости от категории объекта и характера использования земель. Так, почвенный покров города подразделяется на 4 категории:

- 1) детские площадки (кроме песка в песочницах);
- 2) жилые зоны;
- 3) парки и зона рекреации;
- 4) промышленные объекты и коммерческая недвижимость.

В таблице 1 отражены допустимые значения загрязняющих веществ в городских почвах Германии.

В настоящее время из-за процесса урбанизации происходит нарушение целостности почвенного покрова, изменение его физико-химических свойств. Так, одной из распространённых проблем является подщелачивание почвенного покрова. Возникает подщелачивание из-за поступления карбонатной пыли, бикарбонатных атмосферных осадков и противогололёдных солей. Все это способствует ослаблению миграции ТМ и их накоплению в почве [1].

Подщелачивание почвенного покрова характерно для многих крупных городов, не исключением являются Воронеж и Мюнхен.

Нами отмечены некоторые общие черты по данным актуальной кислотности в разных функциональных зонах городов. Так, для

рекреационной зоны характерна более кислая реакция среды, что обусловлено слабым техногенным воздействием (рис. 1).

Таблица 1

Стандарты содержания загрязняющих веществ, напрямую влияющих на человека в Германии

Стандарты загрязняющих веществ (мг/кг сухого веса растертой почвы)				
Вещество	Детские площадки	Жилые зоны	Зона рекреации	Промышленные объекты
Мышьяк	25	50	125	140
Свинец	200	400	1000	2000
Кадмий	10*	20*	50	60
Цианид	50	50	50	100
Хром	200	400	1000	1000
Никель	70	140	350	900
Ртуть	10	20	50	80
Альдрин	2	4	10	-
Бенз(а)пирен	2	4	10	12
ДДТ	40	80	200	-
Гексахлорбензол	4	8	20	200
Гексахлороциклогексан	5	10	25	400
Пентахлорфенол	50	100	250	250
Полихлорбифенилы (PCP ₆) ²	0,4	0,8	2	40
Диоксины/ Фураны	100	1000	1000	10000

**Во внутренних садах или маленьких садах, где находятся дети и выращиваются продовольственные растения, показатель Стандарта для кадмия должен быть 2,0 мг/кг сухого веса.*

В жилой и транспортной зонах наблюдается подщелачивание почвенного покрова, особенно это отчетливо прослеживается в транспортной зоне городов. Подщелачивание почвенного покрова происходит за счет внесения пыли с автомагистралей, а также из-за внесения на открытые поверхности противогололедных реагентов [3, 5].

Различия по значениям актуальной кислотности наблюдаются в промышленной зоне городов. Скорее всего, это определяется более развитыми и практически экологически чистыми производствами в городе Мюнхен. На ряде производств используются современные технологии очистки, замкнутые циклы водопользования, активно применяется переработка отходов, выбросы в окружающую среду не превышают установленных норм. Для Воронежа же напротив, характерны менее развитые производства.

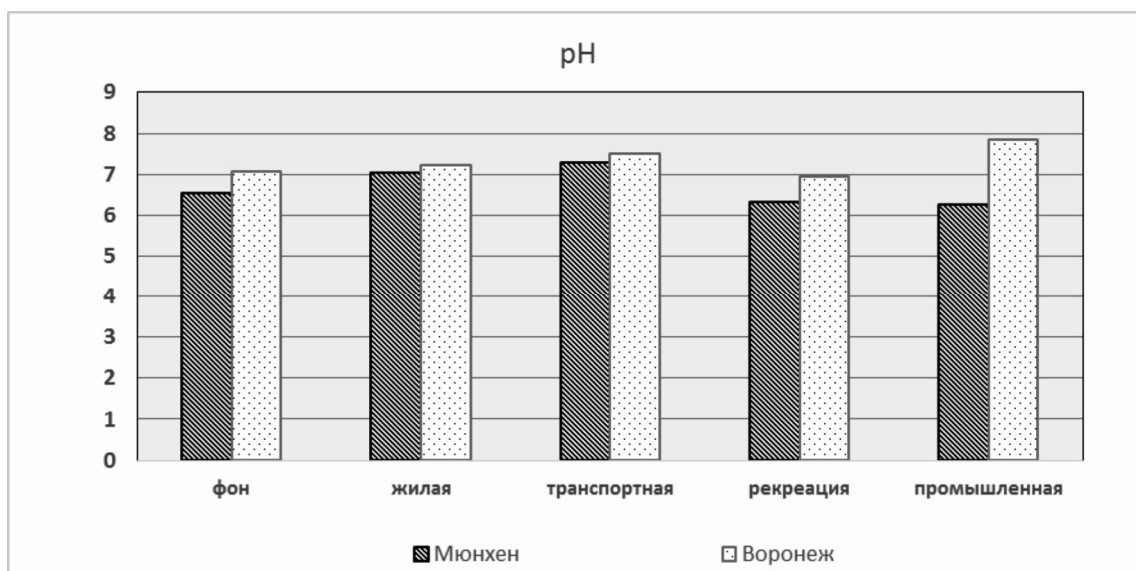


Рис. 1. pH почвенного покрова в городах Мюнхен и Воронеж

Ранее проведенные исследования по распределению pH в почвенном покрове Берлина, где подщелачивание исходно кислых лесных почв получило широкое распространение, подтверждают наши исследования [1]. В России увеличение щелочности поверхностного горизонта почвы достигло 3-4 единиц pH.

Техногенное воздействие влияет и на увеличение содержания органического углерода и гумуса в поверхностных горизонтах почвенного покрова [6]. Происходит это из-за загрязнения почв битумно-асфальтовыми смесями, битуминозными веществами, сажей, нефтью, нефтепродуктами, органическими взвешенными веществами и др. Поэтому для городских почв характерно накопление именно техногенного органического углерода, а не гумуса – показателя плодородия почв. Данная тенденция наблюдается и в городе Мюнхен, и в городе Воронеж (рис. 2).

Высокое содержание гумуса остается только лишь в некоторых точках зонах рекреации, фоновых точках городов, в зонах частного сектора жилой застройки, где почва обновляется за счет привозной лучшей качества. Высокое содержание органического углерода наблюдается в большинстве точек промышленной зоны города Воронежа. Для города Мюнхен не характерно повышенное накопление органического углерода в промышленной и транспортных зонах, что вновь свидетельствует о более экологическом подходе в городе.

Интересно рассмотреть существенные различия по уровню загрязнения нефтепродуктами почвенного покрова 2-х городов. Так, среднее содержание нефтепродуктов в транспортной зоне города Воронежа было в 6 раз больше, чем в городе Мюнхен.

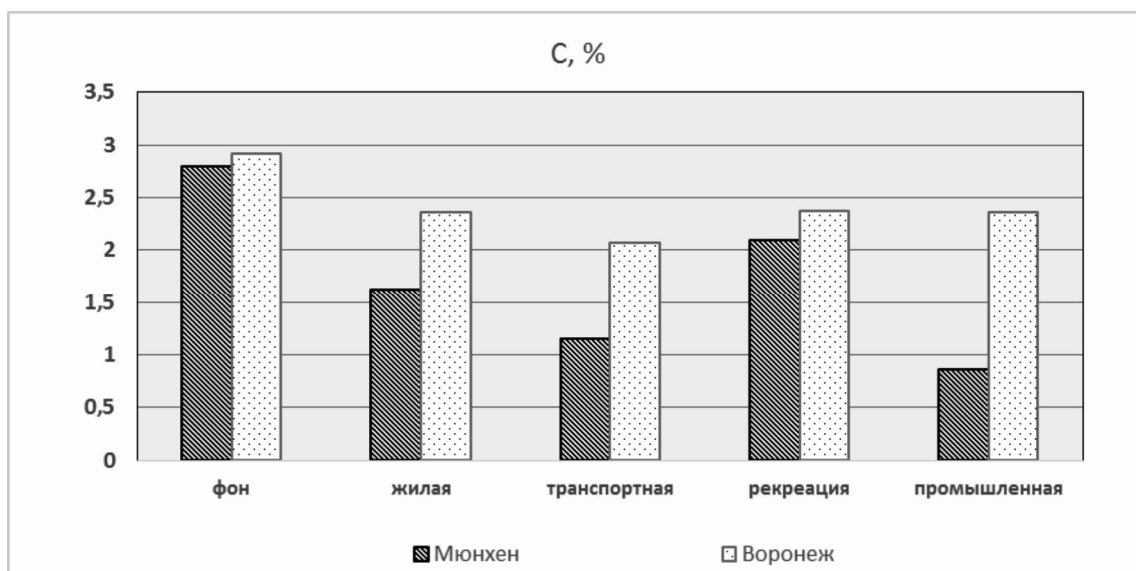


Рис. 2. Содержание органического углерода в почвах городов Мюнхен и Воронеж

Повышенное содержание также было отмечено в промышленной и жилой зонах города Воронежа, разница между значениями в Мюнхене составила 4 и 10 раз соответственно. В городе Мюнхен наблюдались более низкие показатели содержания нефтепродуктов в поверхностных горизонтах почв. Но сохранился одинаковый с Воронежем ряд по распределению в ФЗ города: фон < рекреация < жилая < промышленная < транспортная зона (рис. 3).

По своему составу техногенные выбросы в городах очень разнообразны. Оценка содержания тяжелых металлов в почвенном покрове городов показала, что в почвах накапливается Pb, Zn, Cu, Cd, Mn, Ni, Cr.

Сравнительный анализ распределения ряда подвижных форм тяжелых металлов в поверхностных горизонтах почв разных функциональных зон городов показан на рисунке 4.

Выбросы от автотранспорта в городах Мюнхен и Воронеж способствуют загрязнению почв цинком и свинцом, а также кадмием. Стоит отметить, что высокое загрязнение цинком характерно больше для Воронежа, чем для Мюнхена. По распределению этого элемента в ФЗ Воронежа ряд складывается следующим образом: фон < рекреация < жилая < транспортная < промышленная зона. В Мюнхене ряд несколько отличается: фон < жилая < рекреация < жилая < транспортная < промышленная зона. Но нами отмечено сходство в повышенном накоплении Zn в промышленной зоне городов. Разница между содержанием Zn в транспортной и жилой зонах городов составила в Мюнхене 5 раз, в Воронеже – 2 раза.

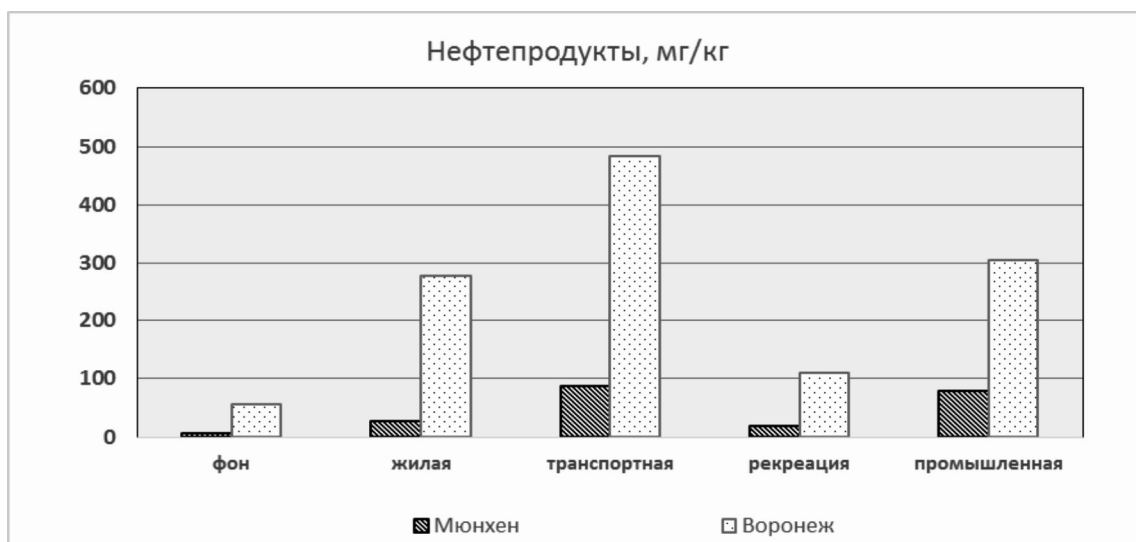


Рис. 3. Содержание нефтепродуктов в почвах городов Мюнхен и Воронеж

По загрязнению Pb в городе Воронеже отмечается схожий ряд с Zn: фон < рекреация < жилая < транспортная < промышленная зона. В Мюнхене напротив, наиболее высокое содержание отмечено в транспортной зоне города: рекреация < фон < жилая < промышленная < транспортная зона. Нами отмечено, что для Воронеже характерно более высокое загрязнение свинцом поверхностных горизонтов почв. В основном это связано с тем, что в европейских городах качество бензина значительно выше и содержание Pb ниже, а также автомобильный ряд в городах значительно моложе, чем в России. Особенно это характерно для Мюнхена, т.к. в Баварии установлены определенные правила, стимулирующие приобретение автомобилей с гибридной двигательной установкой и электромобилей. Например, во вновь строящихся жилых домах на подземных парковках обязательно наличие специальных розеток для зарядки гибридных автомобилей и электромобилей.

Загрязнение кадмием характерно для жилой и транспортной зон в городе Мюнхен, в Воронеже отмечаются небольшие концентрации кадмия во всех ФЗ города. По загрязнению Cd в Воронеже ряд складывается следующим образом: фон=рекреация < промышленная < жилая < транспортная зона. В Мюнхене ряд имеет несколько отличий: фон=рекреация= промышленная < жилая < транспортная зона.

Нами отмечено сходство в повышенном загрязнении Cd в жилой и транспортной зонах городов. Это обусловлено высоким количеством автотранспортных средств и качеством бензина в городах. Несмотря на то, что в новом стандарте бензина Евро-5 предъявля-

ются более жесткие требования к содержанию Pb, в отношении иных тяжелых металлов нет жестких ограничений. В результате сложилась ситуация, когда одновременно со снижением содержания свинца в бензине параллельно имеет место увеличение, например, содержания кадмия.

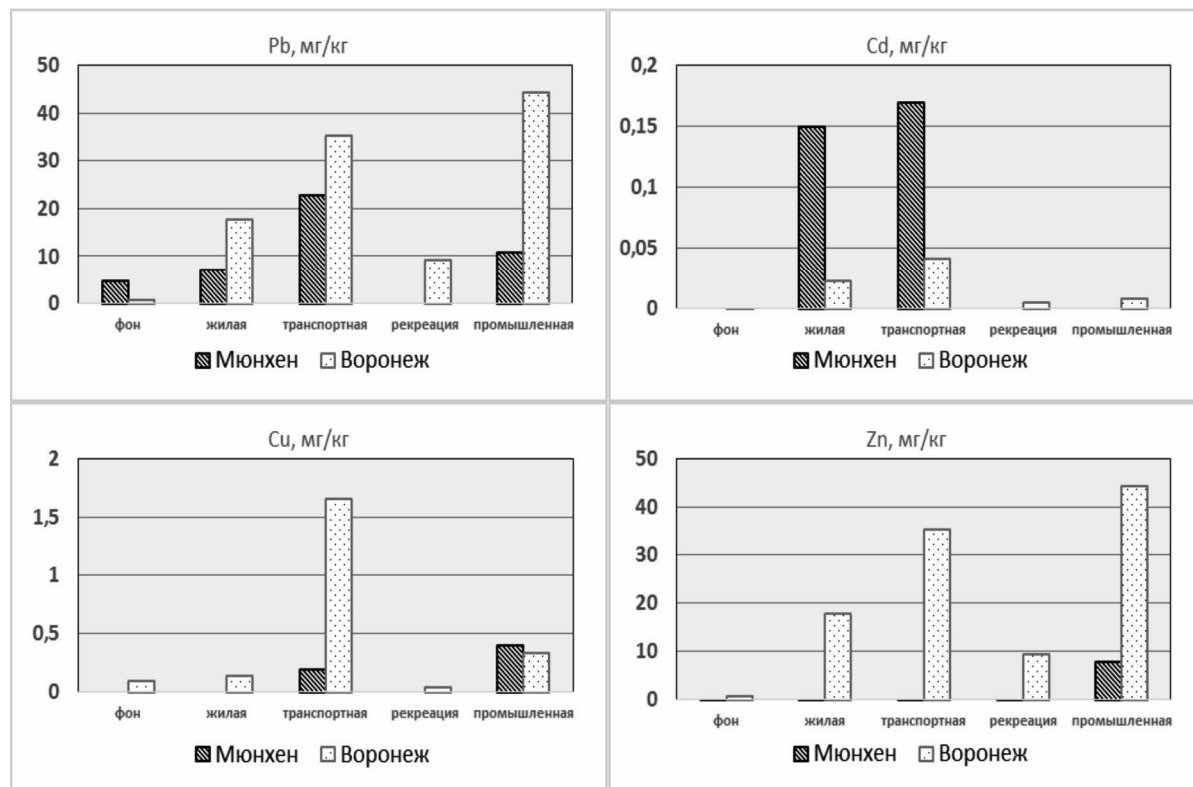


Рис. 4. Тяжелые металлы в разных ФЗ в почвенном покрове городов Мюнхен и Воронеж

Загрязнение медью в городах в основном свойственно для транспортных и промышленных зон. В Воронеже распределение Cu образует следующий ряд: рекреация < фон < жилая < промышленная < транспортная зона, а в Мюнхене: фон = рекреация = жилая < промышленная < транспортная зона.

Стоит отметить, что нами не было отмечено превышения установленных норм в Германии во всех точках по исследуемым тяжелым металлам. Напротив, в Воронеже нами был отмечен целый ряд локальных техногенных аномалий на территории города по Zn, Pb.

Результаты биотестирования почвенного покрова Мюнхена также не показали существенного загрязнения по всем ФЗ города.

Схожие данные с Воронежем наблюдались по относительной токсичности в рекреационной зоне городов (15-18%) (рис. 5) [2].

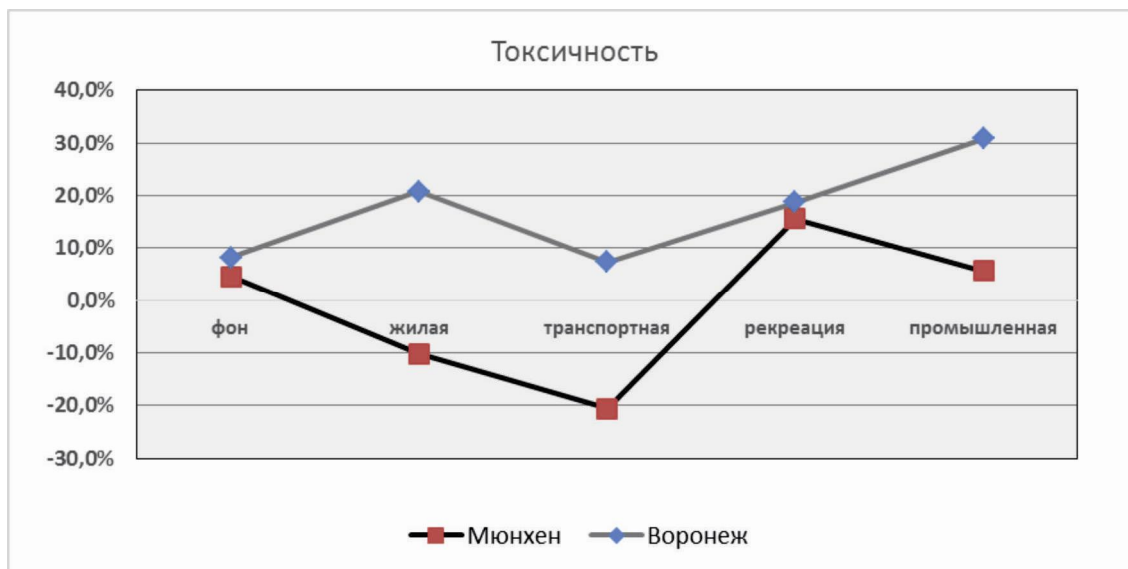


Рис. 5. Токсичность почвенного покрова разных ФЗ городов Мюнхен и Воронеж

Средний уровень фитотоксического эффекта по тест-растению «овес посевной» отмечен в транспортной зоне города Мюнхен. В жилой, промышленной, рекреационной зоне отмечен слабый уровень фитотоксичности и низкий уровень загрязнения.

По тест-культуре «кресс-салат» нами, напротив, выявлен средний уровень фитотоксического эффекта в промышленной зоне, в остальных зонах (кроме фона) - слабый уровень (рис. 6).

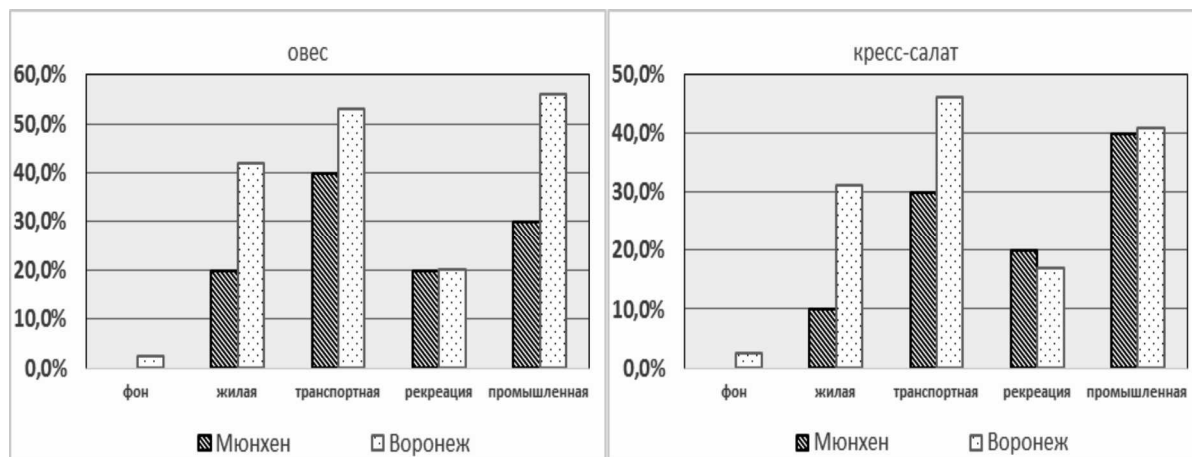


Рис. 6. Уровень фитотоксичности почвенного покрова разных ФЗ городов Мюнхен и Воронеж

Исходя из данных по фитотоксичности наблюдается следующий ряд в городах, наиболее подверженных загрязнению по снижению фитотоксичности: транспортная, промышленная, жилая зона.

Данные по изменению морфологических показателей тест-растений показаны в таблице 2.

Таблица 2

Изменение морфологических показателей тест-растений в
разных функциональных зонах (ФЗ) города Мюнхена

ФЗ	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %	Длина главного корня, см	Длина проростка, см	Биомасса, г
Овес посевной (<i>Avena sativa</i>)					
рекреация	60	80	12	15	0,88
фон	100	100	9	12	0,67
транспортная	40	60	7	8	0,51
промышленная	30	70	10	10	0,72
жилая	40	80	6	7	0,6
Кресс – салат (<i>Lepidium sativum</i>)					
рекреация	40	80	6	7	0,11
фон	100	100	5	6	0,08
транспортная	20	70	3	4	0,07
промышленная	30	60	5	7	0,09
жилая	50	90	5	4	0,06

В целом сохраняются схожие тенденции с Воронежем, отмеченные по результатам биотестирования почвенного покрова. Так, проростки растений индикаторов были более развитые и крупные в зоне рекреации и промышленной зоне городов. В транспортной и жилой зоне городов отмечены более слабые проростки и корни тест-растений.

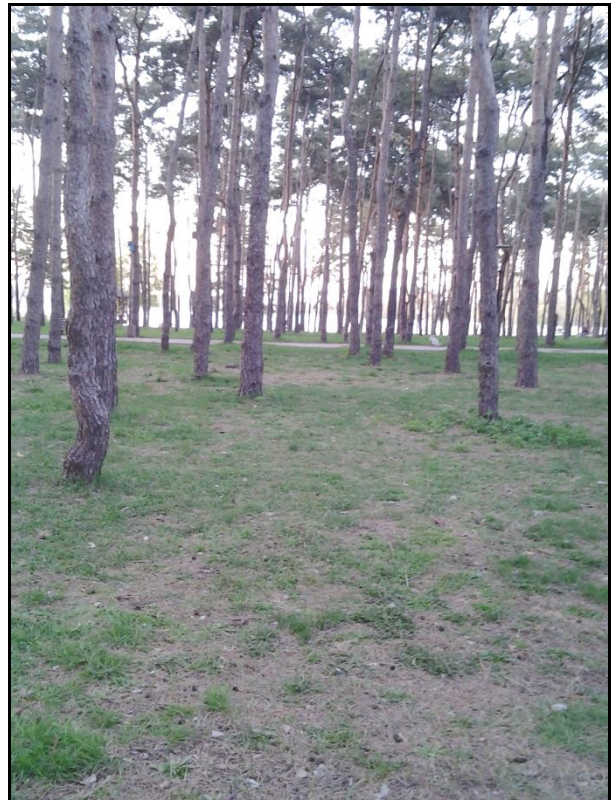
Результаты химического анализа почвенного покрова Мюнхена представлены в таблице 3.

В промышленной и транспортной зонах Мюнхена отмечается повышенное содержание Ba, Zr, Zn, Cr, Pb, As. Для зоны рекреации свойственны минимальные значения содержания ряда опасных поллютантов. В жилой зоне характерен повышенный уровень содержания Cr, Zn, Ni. Данная особенность характерна и для почвенного покрова Воронежа. Выборочно городские ландшафты, где отбирались пробы почвы в рекреационных зонах городов, показаны на рисунке 7.

Таблица 3

Химический состав почвенного покрова города Мюнхена

ФЗ	V (%)	Cr (%)	Ni (%)	Cu (%)	Zn (%)	Ga (%)	Rb (%)	Sr (%)
Ф	0,008	0,021	0,005	0,006	0,012	0,001	0,007	0,008
Ж	0,005	0,075	0,01	0,012	0,029	0,001	0,006	0,016
ТЗ	0,00699	0,03644	0,00799	0,00828	0,01742	0,00097	0,00845	0,01269
Р	0,007	0,021	0,012	0,01	0,014	0,001	0,008	0,012
ПЗ	-	0,034	0,017	0,032	0,075		0,023	0,055
ФЗ	Zr (%)	Nb (%)	Ba (%)	La (%)	Pb (%)	As (%)		
Ф	0,011	0,001	0,037	0,005	0,003	-		
Ж	0,01	0,001	0,045	0,004	0,01	-		
ТЗ	0,017	0,00153	0,04441	0,00394	0,00579	0,002		
Р	0,038	0,002	0,075	0,004	0,002	-		
ПЗ	0,147	-	0,131	-	0,017	0,002		



а) Английский сад (Мюнхен) б) Парк «Алые паруса» (Воронеж)

Рис. 7. Пункты отбора проб (выборочно, фото автора)

Таким образом, можно сделать следующие выводы.

1. В городских почвах городов Воронеж и Мюнхен отмечается подщелачивание почвенного покрова, особенно в транспортной зоне городов.

2. Техногенное воздействие оказывает влияние на увеличение содержания органического углерода и гумуса в поверхностных горизонтах почв.

3. Приоритетными загрязняющими веществами почвенного покрова в Мюнхене и Воронеже по результатам наших исследований являются нефтепродукты и тяжелые металлы.

4. Увеличение количества автотранспорта в городах Мюнхен и Воронеж способствует загрязнению почв цинком и свинцом, а также кадмием.

5. Экологический подход властей и предприятий Мюнхена способствует пониженному уровню загрязнения почвенного покрова по сравнению с Воронежем.

В задачи сравнительной оценки городов также входил анализ загрязнения почвенного покрова города Ростов-на-Дону. Для анализа были использованы результаты исследований ученых из Южного Федерального университета: Д.Ю. Шишкиной, Н.В. Громаковой, С.Н. Горбовым, Т.М. Минкиной, О.С. Безугловой и др.

Ростов-на-Дону – крупнейший город на юге Российской Федерации; административный центр Ростовской области и Южного федерального округа. По состоянию на 1 января 2018 года численность города составляет 1 130 305 человек.

Рельеф территории Ростова-на-Дону носит равнинный, овражно-балочный характер. У Ростова-на-Дону высота правого берега достигает до 80 м. На левом берегу поднимается невысокая Батайская гряда, высотой около 10 м и только у города Азова левый берег Дона значительно возвышается над правым.

Зональным типом почв, развитых на территории Ростова-на-Дону, являются черноземы обыкновенные среднесиловые малогумусные суглинистые карбонатные (североприазовские). Мощные и среднесиловые черноземы выделены на плакорных пространствах; в поймах рек развиты аллювиально-луговые, лугово-черноземные, луговые темноцветные и лугово-болотные почвы [4]. Естественный почвенный покров на большей части города уничтожен или претерпел кардинальные изменения, как и в Воронеже.

Ростов-на-Дону – крупный промышленный центр юга России. Визитной карточкой города являются такие предприятия, как ООО «Ростсельмаш», ОАО «Роствертол», ОАО «Балтика-Дон», «Донской табак», «Тавр», «Юг Руси», «Глория Джинс», «Астон», ТагАЗ, ОАО

«Донавтовокзал», ОАО «Алмаз», ОАО «Горизонт»,
ОАО Ростовский завод «Прибор».

Продукция ОАО «Ростсельмаш» охватывает около 60 % рынка России, «Донской табак» — 12 %, а «Балтика-Дон» — 96 % регионального рынка. ОАО «Роствертол» является единственным предприятием на территории Российской Федерации, обеспечивающим производство вертолётов различного назначения, «Юг Руси» известен как крупнейший производитель и экспортёр подсолнечного масла.

За последнее время в Ростове-на-Дону, также как и во многих других городах, наблюдается значительный рост автомобильного парка, расширение прилегающих к городу территорий, отводимых под застройки различного целевого назначения. В большей степени урбанизация распространяется на территорию между городами Ростов-на-Дону и Новочеркасск. Здесь за последние десятилетия появились новые жилые территории, крупные транспортно-логистические и торговые центры, завершилось строительство международного аэропорта. Все эти объекты привязаны к основной автомагистрали – федеральной трассе – М 4 «Дон». Ввиду этого дополнительно увеличивается количество транспортных дорог, их нагруженность, что негативно скажется на экологическом состоянии окружающей среды, в частности, на состоянии почвенного покрова.

Основными загрязняющими веществами в почвенном покрове Ростова-на-Дону являются тяжелые металлы (Pb, Cu, Zn, Cr и др.) и нефтепродукты. Так, в работе М.Н. Дубининой с соавторами установлено, что в антропогенно-преобразованных почвах содержания свинца и цинка горизонте урбик нередко возрастают до величин, превышающих ОДК.

Гумусное состояние почв г. Ростов-на-Дону характеризуется рядом особенностей. Так, в лесопарковой зоне наблюдается значительное увеличение содержания гумуса (до 7,0-7,5 %) в поверхностном слое почвы. Гумусовый профиль приобретает черты лесного: отмечено довольно резкое уменьшение содержания гумуса с глубиной. Для антропогенно-преобразованных почв характерно не только уменьшение содержания гумуса (с 5,7 %, присущих для черноземов данной территории, до 2,4-3,9 %), но и перестройка его фракционно-группового состава. Уменьшение гумусированности урбаноземов и экраноземов вполне понятно, т. к. рушится связь «почва-растение» и прекращается характерный для степной зоны кругово-

рот веществ. Стоит отметить, что для почв Ростова-на-Дону также, как и для Воронежа, характерно снижение содержания гумуса в почвенном покрове.

Эколого-геохимическая оценка городов, проведенная Д.Ю. Шишкиной, показала, что наибольшая доля загрязненных проб (48%) выявлена на территории промышленных ландшафтов, далее следуют селитебные (36%) и рекреационные – 29%. Перечень поллютантов включает 6 элементов – цинк, свинец, кадмий, мышьяк, медь и ванадий. Содержания ртути, никеля и марганца по результатам исследований не достигали санитарно-гигиенических нормативов.

Цинковое загрязнение характерно для промышленных урбодландшафтов. Уровень его, в основном, низкий, но зафиксированы три случая среднего (800-1000 мг/кг). В Ростове-на-Дону, согласно данным С.Н. Горбова и др. (2003), имели место почвенные аномалии цинка, свинца, меди, ванадия, кадмия, ртути и других металлов, при этом самые высокие концентрации были характерны для хрома, меди, свинца и цинка. Аномалии цинка, по данным на конец 80-х годов XX столетия, захватывали весь старый центр города (до 4-х и более ПДК). Особое место в загрязнении города цинком принадлежит заводу лакокрасочных изделий «Эмпилс».

На 6% площади установлено слабое загрязнение почв ванадием. Максимальная концентрация достигала 200 мг/кг (низкий уровень загрязнения).

Содержания свинца колеблются от 150 до 600 мг/кг, максимальное значение отмечалось в почве селитебных ландшафтов.

В целом моноэлементное и комплексное загрязнение почвенного покрова Ростова-на-Дону невысоко. Но для центральной части города с активной многоэтажной застройкой характерен высокий и очень высокий уровни полиэлементного загрязнения. Наибольшие значения суммарного показателя загрязнения отмечаются именно в селитебных ландшафтах города [4].

Таким образом, можно сделать следующие выводы.

1. Для городских почв Воронежа характерен высокий уровень загрязнения в промышленной и транспортных зонах, а для Ростова-на-Дону наибольшие значения суммарного показателя загрязнения отмечаются в селитебных ландшафтах города.

2. Для города Воронежа свойственно увеличение содержания органического углерода в промышленных зонах города, для

Ростова-на-Дону характерно уменьшение гумусированности урбаноземов и экраноземов.

3. Приоритетными загрязняющими веществами почвенного покрова в Ростове-на-Дону и Воронеже по результатам нашего анализа являются тяжелые металлы (цинк, свинец, медь и др)..

4. Для городов свойственно увеличение количества автотранспорта, что способствует загрязнению тяжелыми металлами.

5. В Ростове-на-Дону и Воронеже отмечаются высокие уровни загрязнения в жилой зоне многоэтажной застройки.

Общие черты и региональные особенности формирования зон техногенного загрязнения почвенного покрова служат основой создания региональных систем почвенно-геохимического мониторинга как составного блока общей системы экологического мониторинга урбанизированных территорий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Почва, город, экология / под общ. ред. Г.В. Добровольский. – М. : Фонд «За экономическую грамотность», 1997. – 320 с.

2. Середа Л. О. Экологическая оценка почвенного покрова методами биоиндикации и биотестирования / Л. О. Середа, М. А. Клевцова // Научное обозрение. – 2015. – № 20. – С. 81-85.

3. Середа Л. О. Оценка эколого-геохимического состояния почвенного покрова городского округа город Воронеж / Л. О. Середа, Л.А. Яблонских, С.А. Куролап // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Серия География. Геоэкология. – 2015. - № 4. - С. 59-65.

4. Тяжелые металлы в почвах Ростова-на-Дону: монография / Д.Ю. Шишкина; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону; Таганрог: Издательство Южного федерального ун-та, 2017. – 98 с.

5. Федорова А. И. Кислотность почв под зелеными насаждениями г.Воронежа как индикационный признак состояния городской экосистемы / А.И. Федорова, Е.В. Шунелько // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Серия География. Геоэкология. – 2000. - №4 - С.77-84.

6. Экогеохимия городских ландшафтов / под ред. Н. С. Касимова. – М. : Изд-во МГУ, 1995. – 336 с.

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ ЗОНИРОВАНИЕ УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИРОДНОГО КАРКАСА

С.А. Епринцев

Вопросы экологической безопасности урбанизированных территорий с каждым годом приобретают всё большую актуальность [1-7]. Урбанизация, индустриализация, научно-технический прогресс существенно повышают качество жизни населения, но вместе с этим, наблюдается возрастание некоторых сопутствующих проблем, одна из которых – повышение уровня загрязнения окружающей среды [1-7].

Среди множества факторов, определяющих экологическую безопасность урбанизированных территорий, следует выделить природный каркас, окружающий данную территорию [1-7].

Под природным (экологическим) каркасом территории, согласно эколого-проектировочной документации понимается совокупность наиболее активных и взаимосвязанных в экологическом отношении пространственных элементов (реки и речные долины, лесные массивы и т.д.), от которых зависит жизнеустойчивость природной среды для данной территории [1, 2].

К базовым элементам природного каркаса относятся:

- ценные природно-территориальные комплексы, занимающие значительную часть территории района (как правило, это федеральные заповедники и заказники, национальные и природные парки, крупные по площади памятники природы);
- природно-территориальные комплексы основных водораздельных поверхностей формирования стоков рек;
- крупные лесные массивы (как правило, это защитные леса);
- крупные болотные и лесные природно-территориальные комплексы (ПТК), не имеющие статуса охраны.

Ключевые элементы природного комплекса - это территории, сохранившие уникальные экологические сообщества, являющиеся «точками экологической активности» [1,2].

Таким образом, природный каркас территории, повышая качество аэрации урбанизированных территорий, а также повышая сте-

пень разнообразия ландшафтов, является одним из факторов, определяющих экологическую безопасность территории.

Проведя классификацию пространственных объектов по методу NDVI космического снимка LE71760242001222KIS00 спутника Landsat-7, изучены пространственные соотношения территорий, занятых гидрологическими объектами, зелёными насаждениями, составляющими природный каркас территории, слабо и сильно антропогенезированными территориями по данным на 10 августа 2001 года на территории города Воронеж, а также в 10-ти километровых буферных зонах указанных урбанизированных территорий (рис. 1, 2).

Наименования и описание классификационных единиц, обозначенных различными цветами на рисунках 1, 2, приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Цветовые обозначения на рисунках пространственного зонирования территорий методом NDVI

№ п/п	Цвет	Классификация территории	Описание
1	Синий	Водные объекты	Реки, озёра, водохранилище и прочие гидрологические объекты
2	Зелёный	Плотная зелёная растительность	Территории, составляющие природный каркас – леса, сады, скверы, природные урочища и иная густая зелёная растительность
3	Жёлтый	Слабоантропогенезированные территории	Открытая почва, сельскохозяйственные угодия, слабая зелёная растительность
4	Красный	Сильноантропогенезированные территории	Антропогенные сооружения – здания, автодороги и прочие объекты. Территории данной классификационной группы (за исключением селитебной экологической функциональной зоны) могут рассматриваться как объекты экологического риска

Результаты, полученные в ходе дешифрирования космоснимков, а также данные обработки статистической информации обобщены в среде ГИС «Экология города Воронежа», на базе которой разработана модель влияния экологического каркаса на интегральную величину экологической комфортности исследуемой территории.

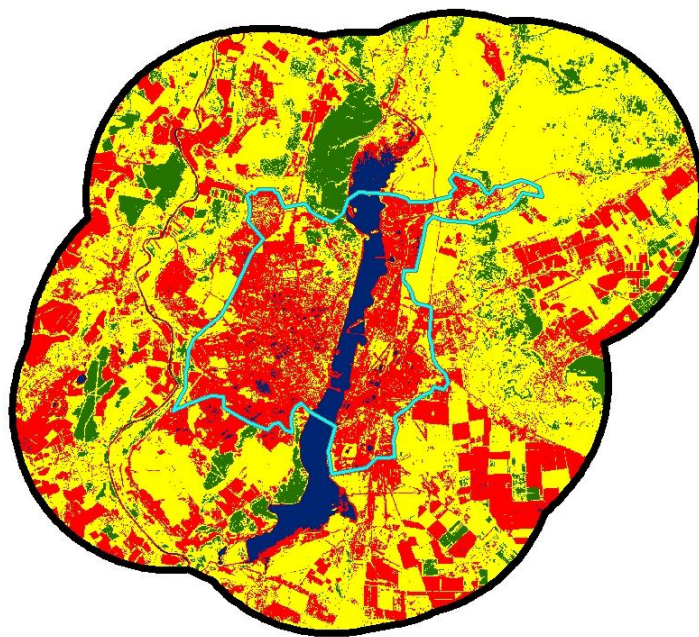


Рис. 1. Пространственное зонирование территории городского округа г. Воронежа и пригородной десятикилометровой зоны методом NDVI по космоснимку LE71760242001222KIS00 спутника Landsat-7, сделанного 10 августа 2001 года (цветовые обозначения – согласно таблице 1)

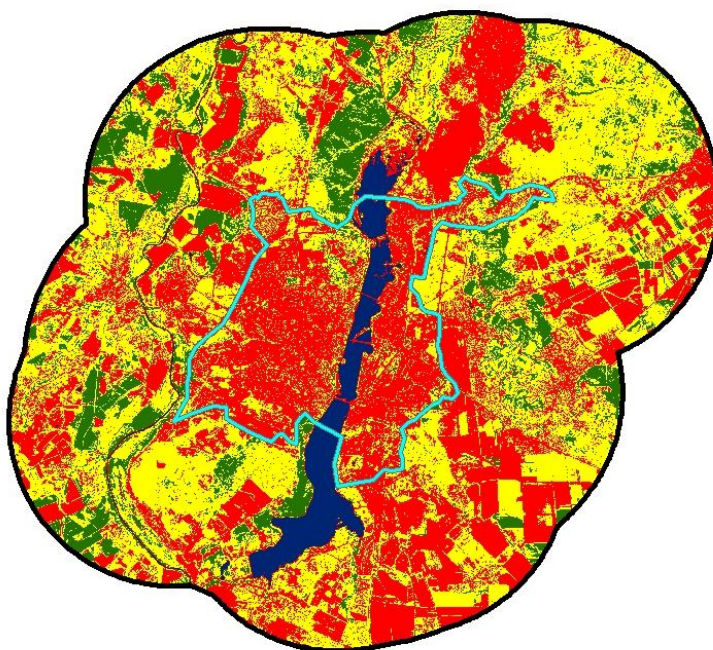


Рис.2. Пространственное зонирование территории городского округа г. Воронежа и пригородной десятикилометровой зоны методом NDVI по космоснимку LC881760242016240LGN00 спутника Landsat-8 от 16 августа 2016 года (цветовые обозначения – согласно таблице 1)

Для исследования динамических характеристик различных территорий за десятилетний период аналогичная классификация территории города Воронежа, а также в 10-ти километровой буферной зоны была проведена по космическому снимку LC881760242016240LGN00 спутника Landsat-8 от 16 августа 2016 года. Результаты данной классификации для городского округа г. Воронежа представлены на рисунке 2.

Анализ пространственного зонирования территории городского округа г. Воронежа и пригородной десятикилометровой зоны (в общей сложности 1246 км²) методом NDVI (рисунок 3), показал, что большая часть исследуемой территории (от 40 до 50 %) относится к слабоантропогенезированной зоне.

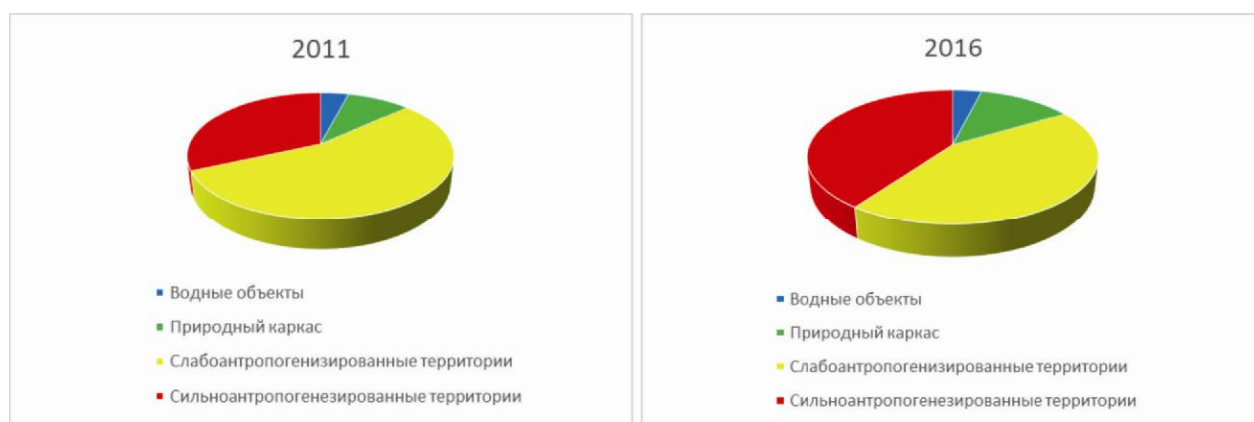


Рис. 3. Распределение категорий, выделенных зонированием по методу NDVI территории городского округа г. Воронежа и пригородной десятикилометровой зоны

Основную долю слабоантропогенезированных территорий составляют сельскохозяйственные поля, прилегающих к городу Рамонского, Новоусманского и Семилукского муниципальных районов (рис. 1, 2).

Доля природного каркаса – 8-10% от общей площади территории. Однако следует отметить, что территории, составляющие природный каркас урбанизированной территории городского округа г. Воронежа расположены преимущественно с северной стороны от города, что существенно снижает их положительное воздействие на микроклимат городской территории, поскольку по данным Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, преимущественное перемещение воздушных масс над территорией города Воронежа происходит преимущественно в северо-восточном направлении [8].

Сильноантропогенезированные территории, которые за исключением селитебной эколого-функциональной зоны могут быть рассмотрены как объекты экологического риска, расположены преимущественно внутри территории городского округа г. Воронежа, а также в районе иных более мелких урбанизированных территорий (рис. 1, 2).



Рис. 4. Динамика распределение категорий, выделенных зонированием по методу NDVI территории городского округа г. Воронежа и пригородной десятикилометровой зоны

Анализ динамики изменения расположения различных зон за 15 летний период (рис. 4) показал незначительное (в пределах погрешности методики) сокращение водных объектов, увеличение на 8% сильноантропогенезированных территорий, что может быть обусловлено активным строительством жилых объектов как на территории самого города Воронежа, так и в пригородной зоне (Бобяково, Сомово и др.), а также незначительное увеличение территории, относящейся к природному каркасу (менее 5%), что может быть обусловлено реализацией на данной территории различных федеральных и региональных природоохранных программ.

Снижение на 10% территории слабоантропогенезированной зоны городского округа г. Воронежа и пригородной десятикиломет-

ровой зоны обусловлено увеличением сильноантропогенезированной зоны и зоны природного каркаса за счёт данной территории.

ЛИТЕРАТУРА

1. Yeprintsev S.A. Monitoring of factors of ecological safety of urbanized territories population (by example of settlements of Voronezh region) / S.A. Yeprintsev, S.A. Kurolap, I.V. Komov, I.V. Minnikov // Life Science Journal. - 2013. - Т. 10. - № 12s. - P. 846-848.

2. Епринцев С.А. Оценка влияния городской застройки и загрязнения воздушного бассейна на здоровье населения г. Воронежа / С.А. Епринцев, С.А. Куролап, О.В. Клепиков // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – Тамбов, 2009. Т.14. №3. – С. 600-604.

3. Епринцев С.А. Оценка экологического риска урбанизированных территорий с использованием ГИС-технологий / С.А. Епринцев, А.В. Свиридова, С.А. Куролап // Экологические системы и приборы. – М., 2009. № 2. – С. 3-8.

4. Епринцев С.А. Эколого-гигиеническая оценка городской среды с использованием снегомерных наблюдений / С.А. Епринцев, С.А. Куролап, Ю.Н. Барвitenко // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Серия География. Геоэкология. – 2006. - № 1. - С. 34-38.

5. Шекоян С.В. Анализ экотоксикологического состояния территории г. Воронеж / С.В. Шекоян, С.А. Епринцев // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2014. - Т. 19. - № 5. – С. 1365-1367.

6. Епринцев С.А. Экологическая комфортность урбанизированной территории Адлерского района города Сочи в условиях интенсивного антропогенного прессинга / С.А. Епринцев, О.Е. Архипова // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Серия География. Геоэкология. - 2012. - № 2. - С. 100-104.

7. Епринцев С.А. Экологическая безопасность населения урбанизированных территорий (на примере населенных пунктов Воронежской области) / С.А. Епринцев, С.А. Куролап, О.И. Дубровин, И.В. Дубровина, И.В. Минников // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. - 2013. - Т. 18. - № 5-3. - С. 2902-2904.

8. Электронный ресурс. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Режим доступа: <http://www.meteorf.ru>.

9. Электронный ресурс. Администрация города Павловска. Режим доступа: <http://pavlovskadmin.ru/index.php/gradostroitelnoe-zonirovanie>.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ГИС И ДЗЗ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ВОРОНЕЖА)

С.А. Епринцев

Изучение факторов, определяющих экологическую безопасность урбанизированных территорий предполагает использование больших массивов данных, их обработку и картографирование, что делает необходимым применение современных геоинформационных технологий, позволяющих обеспечить сбор, анализ, обработку и визуализацию геоданных, а также получение на их основе новой информации о пространственно-координированных явлениях [1-3].

Широкое применение данных космической съемки, которое началось со второй половины XX века, позволило существенно расширить возможности исследования экологических факторов. В результате развития методов дистанционного зондирования существенно упростился процесс картографирования земельных и водных ресурсов, почв, лесов, сельскохозяйственных посевов и городской инфраструктуры, оценки урожая и многое другое. Космические снимки используют для эффективного принятия решений с помощью географических информационных систем [1-3].

Широкое применение данных космической съемки, которое началось с запуска спутника Landsat 1 в 1972 году, открыло новые перспективы для мониторинга состояния природных ресурсов и их использования. В результате развития методов дистанционного зондирования существенно упростился процесс картографирования земельных и водных ресурсов, почв, лесов, сельскохозяйственных посевов и городской инфраструктуры, оценки урожая и многое другое. Космические снимки используют для эффективного принятия решений с помощью географических информационных систем. При

этом для дешифрирования объектов применяют как визуальные, так и численные методы анализа снимков [2,3].

Данные ДЗЗ являются одним из основных средств независимого мониторинга состояния окружающей среды. С помощью ДЗЗ представляется возможным решать широкий спектр задач в сфере охраны окружающей среды. Согласно результатам научно-исследовательской работы по теме «Разработка научного, методического обеспечения мониторинга природных ресурсов и окружающей среды с применением дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ)» выделен широкий круг задач экологического мониторинга и предложен ряд методик по детектированию различных нарушений [3].

Для изучения параметров качества окружающей среды урбанизированных территорий Центральной России создан архив многоканальных космических снимков спутников Landsat-7 и Landsat-8, полученных на портале Геологической службы США [4].

Для изучения временной динамики природного каркаса исследуемых территорий – для каждой территории получены космоснимки за 2 периода:

1 период – 1999-2002 годы;

2 период – 2015-2018 годы.

Результаты, полученные в ходе дешифрирования космоснимков, а также данные обработки статистической информации обобщены в среде ГИС «Экология города Воронежа», на базе которой разработана модель влияния экологического каркаса на интегральную величину экологической комфортности исследуемой территории.

Созданные цифровые карты исследуемой урбанизированной территории обеспечивают точную привязку, систематизацию, отбор и интеграцию всей поступающей и хранимой информации (единое адресное пространство); комплексность и наглядность информации для принятия решений; возможность динамического моделирования процессов и явлений; возможность автоматизированного решения задач, связанных с анализом особенностей территории; возможность оперативного анализа ситуации в экстренных случаях.

ГИС «Экология города Воронежа» состоит из системы иерархически соподчиненных разделов баз данных и средств тематического картографирования, отражающих природно-ресурсный потенциал, социально-экономическую и эколого-гигиеническую ситуацию урбанизированных территорий Воронежской области (рис. 1).

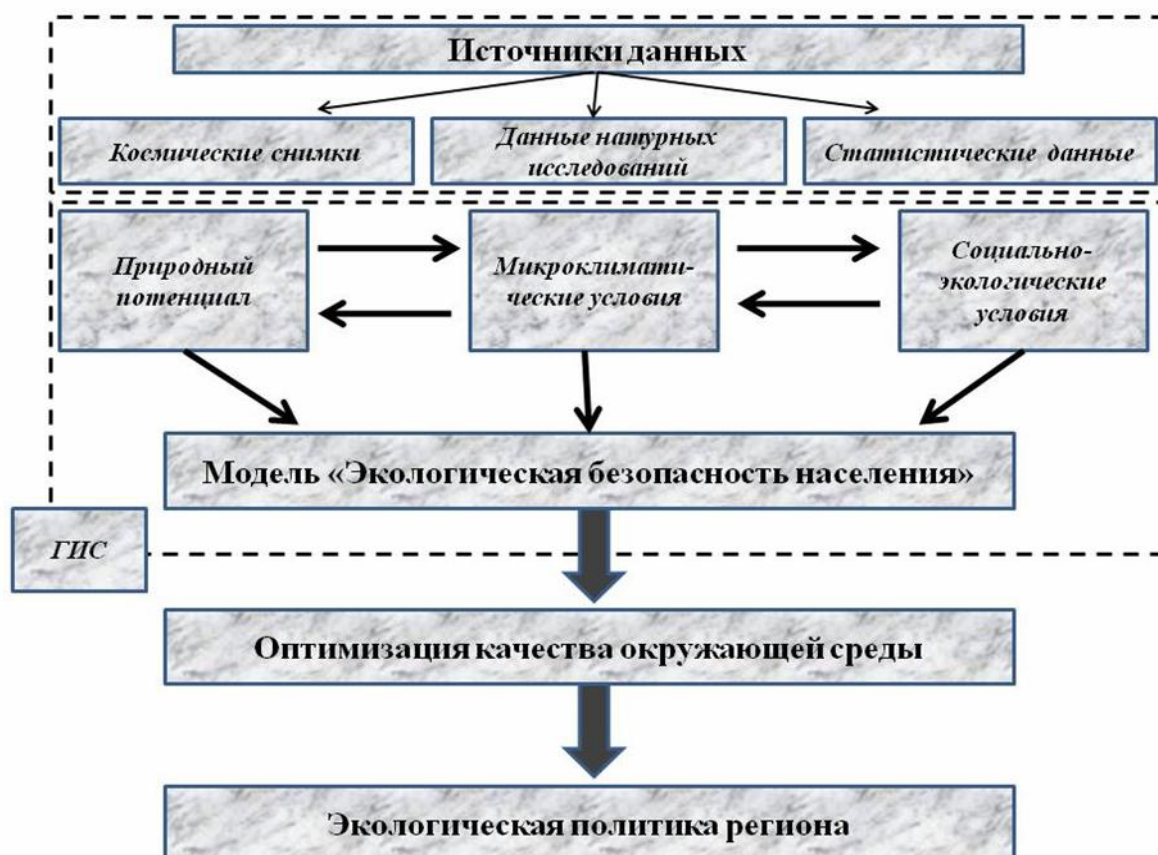


Рис. 1. Схема ГИС «Экология города Воронежа»

Основой служат данные дистанционного зондирования Земли, полученные со спутников Landsat-7 и Landsat-8, а также официальные статистические данные природоохранных ведомств и органов государственного управления, представленные в виде текстовых описаний, табличных справочных данных и графических иллюстраций (карт, диаграмм, рисунков, фото-слайдов).

Снимки, полученные со спутников Landsat-7 и Landsat-8 предоставляются потребителю в виде архива, состоящего из набора файлов, соответствующих панхроматическому и мультиспектральным каналам съёмки.

Каждый файл - это растровое изображение (в формате *.GeoTIFF), имеющее географическую привязку. Потребитель имеет возможность самостоятельно с помощью определенных программных средств их обрабатывать, в том числе создавать синтезированные изображения.

Помимо файлов снимков, в папку со снимками включен файл метаданных. Метаданные – это данные о данных. Они содержат информацию о съёмочной системе, снимках и особенностях съёмки. Текстовый файл метаданных имеет расширение *.MET.

Метаданные содержат следующую информацию:

- время съёмки и создания продукта;
- название съёмочной аппаратуры, приёмной наземной станции;
- координаты углов снимка, выраженные в градусах широты и долготы и метрах в проекции UTM10;
- перечень каналов и их названия;
- пространственное разрешение панхроматического и мультиспектральных снимков;
- проекция снимка;
- параметры проекции (референц-эллипсоид, единицы измерения координат, название картографической проекции и номер зоны);
- высота солнца;
- количество строк и столбцов в каждом из файлов;
- max/min значения яркости для каждого файла (канала).

Обработка полученных космоснимков проведена в программном пакете ArcGIS 10.3. При помощи окна «Анализ изображений» (Image Analysis), поддерживающего анализ и использование изображения и растровых данных в ArcMap с коллекцией часто используемых возможностей, процессов отображения и инструментов измерения, произведён расчёт значений NDVI для исследуемой территории.

Использование кнопки NDVI позволяет вычислить индекс NDVI из мультиспектрального изображения или двух выбранных слоев изображения. NDVI - это стандартизированный индекс, позволяющий создавать изображение, отображающее зелень (относительную биомассу). Этот индекс использует контраст характеристик двух каналов из набора мультиспектральных растровых данных – поглощения пигментом хлорофилла в красном канале и высокой отражательной способности растительного сырья в инфракрасном канале (NIR).

Выходные данные добавляются в качестве временного слоя в таблицу содержания. По умолчанию, метод цветовой карты применяется с использованием цветовой карты, где зеленый представляет растительность, если не выбрана опция «Научные выходные данные» (Scientific Output).

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) - нормализованный относительный индекс растительности - простой количественный показатель количества фотосинтетически активной биомассы (обычно называемый вегетационным индексом). Один из самых

распространенных и используемых индексов для решения задач, использующих количественные оценки растительного покрова [5].

NDVI вычисляется по следующей формуле:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

где,

NIR - отражение в ближней инфракрасной области спектра;

RED - отражение в красной области спектра.

Согласно данной формуле, плотность растительности (NDVI) в определенной точке изображения равна разнице интенсивностей отраженного света в красном и инфракрасном диапазоне, деленной на сумму их интенсивностей [5].

Расчет NDVI базируется на двух наиболее стабильных (не зависящих от прочих факторов) участках спектральной кривой отражения сосудистых растений. В красной области спектра (0,6-0,7 мкм) лежит максимум поглощения солнечной радиации хлорофиллом высших сосудистых растений, а в инфракрасной области (0,7-1,0 мкм) находится область максимального отражения клеточных структур листа. То есть высокая фотосинтетическая активность (связанная, как правило, с густой растительностью) ведет к меньшему отражению в красной области спектра и большему - в инфракрасной. Отношение этих показателей друг к другу позволяет четко отделять и анализировать растительные от прочих природных объектов. Использование же не простого отношения, а нормализованной разности между минимумом и максимумом отражений увеличивает точность измерения, позволяет уменьшить влияние таких явлений как различия в освещенности снимка, облачности, дымки, поглощении радиации атмосферой и пр [5].

NDVI может быть рассчитан на основе любых снимков высокого, среднего или низкого разрешения, имеющих спектральные каналы в красном (0,55-0,75 мкм) и инфракрасном диапазоне (0,75-1,0 мкм). Алгоритм расчета NDVI встроен практически во все распространенные пакеты программного обеспечения, связанные с обработкой данных дистанционного зондирования (Arc View Image Analysis, ERDAS Imagine, ENVI, Ermapper, Scanex MODIS Processor, ScanView и др.) [5].

Для отображения индекса NDVI используется стандартизованная непрерывная градиентная или дискретная шкала, показывающая

значения в диапазоне от -1 до 1 в % или в так называемой масштабированной шкале в диапазоне от 0 до 255 (используется для отображения в некоторых пакетах обработки ДЗЗ, соответствует количеству градаций серого), или в диапазоне 0..200 (-100..100), что более удобно, так как каждая единица соответствует 1% изменения показателя. Благодаря особенности отражения в NIR-RED областях спектра, природные объекты, не связанные с растительностью, имеют фиксированное значение NDVI, что позволяет использовать этот параметр для их идентификации (табл. 1).

В целом главным преимуществом NDVI является легкость его получения: для вычисления индекса не требуется никаких дополнительных данных и методик, кроме непосредственно самой космической съемки и знания ее параметров.

Таблица 1.

Идентификация объектов урбанизированных территорий по индексу NDVI

Тип объекта	Отражение в красной области спектра	Отражение в инфракрасной области спектра	Значение NDVI
Густая растительность	0.1	0.5	0.7
Разреженная растительность	0.1	0.3	0.5
Открытая почва	0.25	0.3	0.025
Облака	0.25	0.25	0
Снег и лед	0.375	0.35	-0.05
Вода	0.02	0.01	-0.25
Искусственные материалы (бетон, асфальт)	0.3	0.1	-0.5

Данные камер высокого разрешения, типа Landsat, IRS, Aster позволяют следить за состоянием объектов размерами вплоть до отдельного поля или лесного выдела.

Следует, однако, учитывать и главные недостатки использования NDVI-индекса [5]:

- невозможность использования данных, не прошедших этап радиометрической коррекции (калибровки);
- погрешности, вносимые погодными условиями, сильной облачностью и дымкой - их влияние можно частично скорректировать использованием улучшенных коэффициентов и композитных изображений с сериями NDVI за несколько дней, недель или месяцев (MVC - Maximum Value Composite). Усредненные значения по-

зволяют избежать влияния случайных и некоторых систематических погрешностей. Как показывает практика, это очень часто применяемый подход для подготовки данных для создания карт NDVI, примеры показанные в дальнейшем, к сожалению, сделаны на основе разовой съемки, ошибки которой не скорректированы с помощью MVC. Расчет MVC довольно прост и может быть выполнен в ArcInfo GRID с помощью следующих операций;

- необходимостью для большинства задач сравнения полученных результатов с предварительно собранными данными тестовых участков (эталонов), в которых должны учитываться сезонные эколого-климатические показатели как самого снимка, так и тестовых площадок на момент сбора данных. Особенно значимыми данные материалы становятся при расчетах продуктивности, запасов биомассы и расчетов прочих количественных показателей;
- возможностью использования съемки только времени сезона вегетации для исследуемого региона. В силу своей привязанности к количеству фотосинтезирующей биомассы, NDVI не эффективен на снимках, полученных в сезон ослабленной или невегетирующей в этот период растительности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чандра А.М. Дистанционное зондирование и географические информационные системы / А.М. Чандра, С.К. Гош С.К. – М., 2008. – 312 с.
2. Воробьева А.А. Дистанционное зондирование земли / А.А. Воробьева. – СПб, 2012. – 168 с.
3. Кондратьев Д.Р. Использование технологий ДЗЗ на базе ситуационного центра Минприроды России в целях охраны окружающей среды / Д.Р. Кондратьев // Геоматика. № 4. – 2014. – С. 40-46.
4. Электронный ресурс. U.S. Geological Survey. Режим доступа: <https://earthexplorer.usgs.gov>.
5. Электронный ресурс. Географические информационные системы и дистанционное зондирование. Режим доступа: <http://gislab.info/qa/ndvi.html>.

Сведения об авторах

Баскакова Анна Геннадьевна – аспирантка кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды Воронежского государственного университета.

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

Епринцев Сергей Александрович – кандидат географических наук, доцент; доцент кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды Воронежского государственного университета.

Каверина Наталия Викторовна – кандидат географических наук; заместитель начальника отдела аналитических исследований Филиала «ЦЛАТИ по Воронежской области» ФГБУ «ЦЛАТИ по ЦФО» (филиал ЦЛАТИ по Воронежской области), доцент кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды Воронежского государственного университета.

Калашиников Юрий Сергеевич – заместитель главного врача Филиала ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области» в Семилукском, Нижнедевицком, Репьевском, Хохольском районах; заочный аспирант кафедры эпидемиологии Воронежского государственного медицинского университета им. Н.Н. Бурденко.

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

Клепиков Олег Владимирович – доктор биологических наук, профессор; заведующий отделением информационных технологий организационно-методического отдела ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области»; профессор кафедры промышленной экологии, оборудования химических и нефтехимических производств Воронежского государственного университета инженерных технологий; профессор кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды Воронежского государственного университета.

Коваленко Ксения Михайловна – магистрантка кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды Воронежского государственного университета.

Куролап Семен Александрович – доктор географических наук, профессор; декан факультета географии, геоэкологии и туризма; заведующий кафедрой геоэкологии и мониторинга окружающей среды Воронежского государственного университета.

Мамчик Николай Петрович – доктор медицинских наук, профессор; заместитель главного врача ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области»; заведующий кафедрой эпидемиологии Воронежского государственного медицинского университета им. Н.Н. Бурденко.

Нагих Татьяна Владимировна – магистрантка кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды Воронежского государственного университета.

Назаренко Наталья Николаевна – кандидат биологических наук; доцент кафедры биологии и защиты растений Воронежского государственного аграрного университета им. императора Петра I.

Оберемко Виктория Алексеевна - магистрантка кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды Воронежского государственного университета.

Попова Ирина Владимировна – старший преподаватель кафедры жилищно-коммунального хозяйства Воронежского государственного технического университета.

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

Сарычев Дмитрий Владимирович - старший преподаватель кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды Воронежского государственного университета.

Середа Людмила Олеговна – кандидат географических наук.

Скосарь Анастасия Евгеньевна - магистрантка кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды Воронежского государственного университета.

Яблонских Лидия Александровна – доктор биологических наук, профессор; профессор кафедры экологии и земельных ресурсов Воронежского государственного университета.

Научное издание

**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ И РИСКИ ДЛЯ
ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ ГОРОДА ВОРОНЕЖА**

Сборник научных статей

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

Подписано в печать 07.12.2018 г.
Формат 60х84/16. Усл. печ. л. 11,25.
Бумага офсетная. Тираж 300 экз.
Заказ № 2058.

ООО Издательство «Научная книга»
394077, Россия, г. Воронеж, ул. 60-Армии, 25-120
<http://www.sbook.ru>

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