

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

**ОЦЕНКА И ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ
КАРТОГРАФИРОВАНИЕ МЕДИКО-
ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ
НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА ВОРОНЕЖА**

Сборник научных статей

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

Воронеж
Издательство «Цифровая полиграфия»
2019

УДК 502.55:504.064.2
093



Исследование выполнено при финансовой поддержке Русского географического общества в рамках научного проекта № 11/2019/РГО-РФФИ от 24.04.2019

093 Оценка и геоинформационное картографирование медико-экологической ситуации на территории города Воронежа : сборник научных статей / Под общей редакцией С.А. Куролапа и О.В. Клепикова. – Воронеж: Издательство «Цифровая полиграфия», 2019. – 219 с.

ISBN 978-5-907283-04-6

Сборник научных статей подготовлен по результатам медико-экологических 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», № 11/2019/РГО-РФФИ от 24.04.2018/.

Статьи посвящены результатам геоинформационно-аналитических исследований в области оценки экологических рисков для здоровья населения, анализу закономерностей статистических связей в системе «окружающая среда - здоровье населения» на территории города Воронежа с обоснованием приоритетных индикаторов качества городской среды; оценке техногенного воздействия на реку Дон в пределах Воронежской городской агломерации; изучению закономерностей формирования геохимических аномалий в почвенном покрове города, состояния зеленых насаждений в условиях техногенного загрязнения городской среды. Сборник завершается системой научно-практических рекомендаций по геоинформационному обеспечению создания системы медико-экологического мониторинга крупного промышленного центра.

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 978-5-907283-04-6

© Коллектив авторов, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	5
<i>Куролан С.А., Клепиков О.В., Виноградов П.М., Прожорина Т.И., Клевцова М.А., Серeda Л.О.</i> Геоинформационное картографирование состояния окружающей среды промышленного города (опыт практической реализации на примере города Воронежа)	6
<i>Студеникина Е.М., Мамчик Н.П., Клепиков О.В., Виноградов П.М.</i> Геоинформационные системы в оценке уровня заболеваемости городского населения массовыми неинфекционными заболеваниями.....	55
<i>Куролан С.А., Скосарь А.Е, Попова И.В.</i> Экологическая оценка параметров автотранспортного шума, микроклимата и техногенного загрязнения атмосферы города Воронежа.....	83
<i>Епринцев С.А., Шекоян С.В.</i> Микроклимат и природный каркас городской среды как факторы формирования зон экологического риска (на примере города Воронежа)	94
<i>Калашиников Ю.С., Клепиков О.В.</i> Анализ экологических рисков, связанных с техногенной нагрузкой и рекреационным воздействием на реку Дон в пределах Воронежской городской агломерации	105
<i>Прожорина Т.И., Гребенникова О.А.</i> Экологические проблемы утилизации загрязненного снега, вывозимого с территории города Воронежа.....	130
<i>Прожорина Т.И., Лепешкина Л.А., Гребенникова О.А.</i> Исследование влияния несанкционированной снегосвалки на экосистему территории Ботанического сада Воронежского университета.....	139
<i>Клевцова М.А., Доброва Е.А.</i> Биоиндикационная оценка пылеулавливающей способности листовых пластинок тополя итальянского в условиях техногенного загрязнения городской среды.....	147

<i>Каверина Н.В.</i> Городские техногенные аномалии: загрязнение нефтепродуктами и легкорастворимыми солями поверхностного горизонта почв города Воронежа.....	161
<i>Каверина Н.В.</i> Полициклические ароматические углеводороды в почвах функциональных зон города Воронежа	174
<i>Серeda Л.О., Куролан С.А.</i> Токсикологический анализ почвенного покрова города Воронежа	185
<i>Епринцев С.А., Шекоян С.В.</i> Геоинформационно-экологический мониторинг территории города Воронежа как средство обеспечения экологической безопасности городской среды	196
<i>Куролан С.А., Клепиков О.В., Виноградов П.М.</i> Геоинформационное обеспечение создания системы медико-экологического мониторинга крупного промышленного центра: методические принципы и рекомендации	206
<i>Сведения об авторах</i>	217

ПРЕДИСЛОВИЕ

Одной из важнейших тенденций современной цивилизации становится стремительный рост крупных городов, которые становятся центрами концентрации промышленности, науки, образования, торговли. Социально-экономическое развитие приводит к обострению экологических проблем, что определяет неизменную актуальность оценки экологических рисков, связанных с техногенным воздействием городской инфраструктуры на население.

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 - крупнейшего промышленно развитого города Центрального Черноземья («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; «Эколого-геохимическая оценка техногенного загрязнения почвенного покрова промышленных городов», 2018).

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 дистанционного мониторинга состояния городской среды обитания. Продемонстрированы возможности атласного геоинформационного картографирования и сформулированы научно-методические рекомендации по созданию систем медико-экологического мониторинга крупных промышленных центров.

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

ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ГОРОДА (ОПЫТ ПРАКТИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ВОРОНЕЖА)

*С.А. Куролап, О.В. Клепиков, П.М. Виноградов,
Т.И. Пожорина, М.А. Клевцова, Л.О. Середа*

Модернизация и постоянное развитие компьютерной техники, а также информатики усилило процесс интеграции различных областей знаний в последние десятилетия. В частности, внедрение информационных систем в географические науки привело к созданию геоинформационных систем (ГИС) и их дальнейшему применению в самых различных сферах деятельности. Во многом этому поспособствовало и совершенствование самих ГИС-пакетов.

Геоэкология и медицинская экология являются одними из тех сфер, в которых применение ГИС нашло широкое распространение. Эти динамично развивающиеся междисциплинарные науки имеют во многом научно-прикладной характер, что обуславливает наличие обширного спектра разноплановых задач. В свою очередь, каждая из задач требует наличия определенного функционала программного обеспечения. Современные ГИС-пакеты имеют модульную структуру, предоставляющую пользователям возможность выбора функционального набора, необходимого для решения тех или иных вопросов. И хотя ГИС (такие как ArcGIS, MapInfo, ГИС «Карта» и др.) предлагают богатый инструментарий для их решения, однако, нередко стандартных возможностей оказывается недостаточно, либо требуется упрощение и автоматизация некоторых процессов для максимального снижения затрат труда и времени. Найти пути решения некоторых из этих задач помогают дополнительные модули и приложения, расширяющие стандартные функции ГИС-пакетов («Геомастер», «Инструментарий для MapInfo» и др.). Но на практике, зачастую, возникает необходимость поиска ответов на вопросы в очень узкоспециализированном направлении, где еще не существует готовых модулей, а стандартных функций ГИС не хватает. В этом случае сложно обойтись без применения языков программирования: Python, MapBasic и др.

На примере крупнейшего промышленного центра Черноземья - города Воронежа - с применением ГИС-технологий и методов математико-картографического моделирования авторами по-

этапно в течение 2018-2019 гг. создавался электронный медико-экологический атлас города Воронежа [1-5]. Программная среда: MapInfo, ENVI-met, MS EXCEL; масштаб исходных карт - 1:25000; число карт - 35 с возможностью дальнейшего увеличения объема без специальных ограничений.

Разработчики атласа: Воронежский государственный университет и Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области. Титульная страница электронного атласа показана на рисунке 1 [5].



Рис.1. Титульная страница электронного медико-экологического атласа города Воронежа

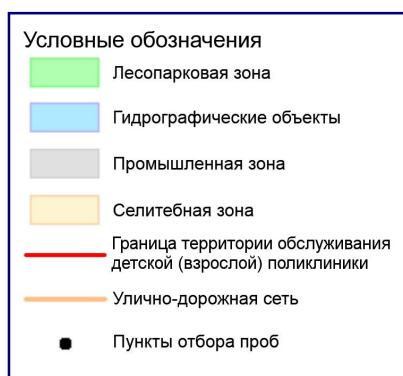


Рис. 2. Условные обозначения к картам электронного атласа.

Созданный макет электронного медико-экологического атласа города Воронежа включает разделы: состояние окружающей среды (экологический фон: параметры техногенного воздействия и загрязнения атмосферы, почвы, снежного покрова; состояние родников; радиационный фон; фитотоксические эффекты; состояние биоты); состояние здоровья населения (по основным социально значимым классам заболеваний отдельно для взрослого и детского населения по территориям обслуживания поликлиник города); оценка экологического риска для здоровья населения (рисков, связанных с микроклиматическими условиями, промышленно-транспортным воздействием и техногенным загрязнением городской среды).

Основой исходной базы данных является разработанная тематическая ГИС («МЕД-ЭКО ГИС г.Воронежа»), включающая подсистемы хранения эколого-геохимических и медико-географических данных, а также программно-алгоритмическое обеспечение оценки экологических рисков. Система условных обозначений к картам атласа показана на рисунке 2. Базовым временным сроком для оценки качества городской среды выбран актуальный 11-летний период (2009-2019 гг.). В качестве операционных территориальных единиц выбраны три уровня генерализации информации: 1) функционально-планировочные зоны города (6 зон и фон, всего 7 территориальных единиц); 2) районы обслуживания взрослых (16) и детских (11) поликлиник города; 3) специальные пункты мониторинга состояния городской среды, включающие стационарные и передвижные посты контроля воздуха системы гидрометеослужбы, санитарно-эпидемиологической службы, а также дополнительно выбранные авторами пункты наблюдений для равномерного охвата территории города системой экологического мониторинга.

Исходные данные для создания ГИС формируются в ходе натурных экспериментальных исследований сотрудников Воронежского государственного университета, а также предоставлены Центром гигиены и эпидемиологии Воронежской области, некоторыми региональными природоохранными и мониторинговыми ведомствами города в рамках межведомственного взаимодействия.

Создание цифровых карт опасности техногенного воздействия на городскую среду осуществляется в среде ГИС MapInfo пу-

тем пространственного интерполирования значений индексов экологической опасности способом изолиний (методом IDW-интерполирования и построения изолиний при помощи модуля «Поверхность»).

Карты состояния здоровья населения и карта суммарной промышленно-транспортной нагрузки на городскую среду построены по территориальным участкам взрослых и детских поликлиник города, а карта комфортности микроклиматических условий создана с помощью специального программного пакета для микроклиматического моделирования параметров городской застройки ENVI-met (v. 4.2).

Интерфейс функционирования Медико-экологического атласа в сети Интернет сделан на языке «HTML» в виде системы гиперссылок. Обращение к разделам, отдельным картам и текстовым пояснительным описаниям осуществляется с титульной страницы атласа (рис. 1) путем нажатия специальных клавиш (*окон в нижней строке меню*), характеризующих различные структурные блоки и смысловые разделы атласа (содержание и вводный раздел, условные обозначения, окружающая среда, здоровье населения, экологические риски).

Далее приведены карты и текстовые описания к разделам карт одного смыслового содержания, наиболее характерно иллюстрирующие состояние окружающей среды города Воронежа.

Техногенные источники экологического риска

Основными источниками техногенного загрязнения города являются промышленные предприятия, автотранспорт, инженерные сети, коммунальные и энергетические объекты, строительные объекты. Индустриальная база Воронежа представлена в основном объектами теплоэнергетики, а также предприятиями машиностроения, химической, пищевой и строительной индустрии. Суммарно промышленно-коммунальные зоны составляют 7,2 % от общей территории застройки города [5].

Вклад от стационарных источников в загрязнение атмосферного воздуха областного центра составляет около 11% (рис. 3). Основной вклад в загрязнение атмосферного воздуха на территории городского округа город Воронеж вносят следующие отрасли:

- теплоэнергетики (ТЭЦ-1, ТЭЦ-2 и др.);

- производства химической промышленности (ОАО «Воронежсинтезкаучук», ЗАО «Воронежский шинный завод»);
- коммунального хозяйства (Правобережные очистные сооружения ООО «РВК-Воронеж», ООО «Левобережные очистные сооружения»);
- транспортных средств, машиностроения и оборудования (ОАО «ВАСО», ФКА «Воронежский механический завод»).

Приоритетными загрязняющими веществами в выбросах предприятий являются: азота диоксид, стирол, толуол, фенол. На территории города исторически сложилось несколько промышленно-производственных комплексов. Крупнейшим из них является Левобережный промышленный район, включающий ТЭЦ-1, ОАО «Воронежсинтезкаучук», ЗАО «Воронежский шинный завод», АООТ «ВАСО», ДАОЗТ «Воронежстальмост». К числу достаточно крупных промышленных комплексов относится Коминтерновский (ОАО «ВЭКС», АО «Электросигнал», АО «Воронежтяжмехпресс» и др.), Северо-Восточный, Юго-западный и Южный промышленные узлы. Быстро формируются новые промышленные узлы в пос. Придонской, на проспекте Патриотов, в южной части Левобережного района. Причем ранее построенные на окраине Воронежа промышленные предприятия в результате активного городского развития оказались в городской черте. Дисперсные включения коммунально-складских и производственных участков в городскую структуру создают ситуацию, в которой практически все жилые территории находятся в зоне их влияния, а несколько сотен жителей до сих пор проживают в санитарно-защитных зонах промышленных предприятий, что недопустимо в соответствии с действующими санитарно-гигиеническими нормативами.

По опубликованным данным Управления Федеральной службы по надзору в сфере природопользования по Воронежской области, согласно информации из формы государственной статистической отчетности 2ТП (воздух) – «Сведения об охране атмосферного воздуха», в атмосферный воздух г.Воронежа от организованных (промышленных) источников поступает 343 загрязняющих вещества, общим объёмом выбросов около 10,5 тыс. т/год [5].

Наибольшее количество населения, подверженное высоким уровням загрязнения атмосферного воздуха, зарегистрировано по азота диоксиду – 165 тыс. человек и углерода оксиду – 125 тыс. человек.

Основной вклад в загрязнение воздушного бассейна по общей эмиссии загрязняющих веществ вносят выбросы от автотранспорта (более 88 %). В городе Воронеже остро стоит проблема роста городского автопарка. Так, по данным Управления ГИБДД ГУВД по Воронежской области в 2001 году было зарегистрировано 204,4 тыс. автомобилей, в 2012 году – 270,2 тыс. автомобилей, а уже к 2016 году – 318,4 тыс. автомобилей. Подобная динамика привела к тому, что практически вся транспортная сеть города достигла предела пропускной способности.

Нагрузка от автотранспорта на улично-дорожную сеть характеризуется показателем интенсивности движения. Интенсивность движения – это количество автомобилей, проходящих через данное сечение дороги за единицу времени, т.е. количество автомобилей, проезжающих за сутки на участке полотна.

Согласно требованиям ГОСТ (ГОСТ 17.2.2.03–77 «Охрана природы. Атмосфера. Содержание окиси углерода в отработавших газах автомобилей с бензиновыми двигателями. Нормы и метод определения»), суммарная интенсивность движения считается низкой при прохождении в среднем 2,7 – 3,6 тыс. авт./сут., средней - при прохождении в среднем 8 – 17 тыс. авт./сут., высокой - при прохождении в среднем 18 – 27 тыс. авт./сут.

В г. Воронеже, в соответствии с «Положением о присвоении категорий, шифров и кодов улицам и автомобильным дорогам города Воронежа» от 06.04.2004 г., улицам и автомобильным дорогам в зависимости от расчетной интенсивности движения (а также других факторов, таких как особенности конструкции дорожного покрытия, основное назначение дорог и характеристики движения) устанавливаются коды по категориям (рис. 4):

- 1Б – высокая интенсивность (свыше 80 тыс. авт./сут.);
- 2Б – высокая интенсивность (свыше 120 тыс. авт./сут.);
- 2В – высокая интенсивность (свыше 48 тыс. авт./сут.);
- 2Г – высокая интенсивность (свыше 30 тыс. авт./сут.);
- 3А – средняя интенсивность (свыше 8 тыс. авт./сут.);
- 3Б – средняя интенсивность (свыше 18 тыс. авт./сут.);
- 3В – низкая интенсивность (свыше 4 тыс. авт./сут.);
- 3Г – высокая интенсивность (свыше 40 тыс. авт./сут.);
- 3Д – низкая интенсивность (свыше 6 тыс. авт./сут.).

На основании созданного реестра промышленных и автотранспортных вкладчиков в загрязнение атмосферы города Воро-

нежа нами разработана оригинальная методика оценки опасности воздействия источников загрязнения атмосферы, включающая следующие этапы (1 - 3).

1. *Оценка потенциальной опасности промышленных вкладчиков.* По каждому промышленному объекту (промплощадке) определяли расчетным путем индексы опасности выбросов загрязняющих веществ (ЗВ) с учетом класса опасности веществ, а средневзвешенный индекс экологической опасности предприятия определялся по гигиеническим подходам, ранее примененным в г.Воронеже [3] для расчета суммарного индекса загрязнения атмосферы $K_{атм}$, по формуле (1):

$$K_{атм.} = \left(\frac{C_1}{N_1 * ПДК_{C_1}} + \frac{C_2}{N_2 * ПДК_{C_2}} + \dots + \frac{C_n}{N_n * ПДК_{C_n}} \right) t \quad (1)$$

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

Используя весовые константы, применили следующую формулу (2):

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

где $I_{1кл...4кл}$ - % от общегородского выброса ЗВ для веществ 1 ... 4 классов опасности соответственно.

Отдельно определяли индекс опасности выбросов канцерогенных загрязняющих веществ (CR) – суммарный выброс веществ с установленным канцерогенным эффектом в % от общегородского выброса загрязняющих веществ (I_{CR}). При этом канцерогенами считали вещества по классификации Международного института оценки риска здоровью [2].

2. *Оценка потенциальной опасности автотранспортных вкладчиков (рис. 5).* Сначала по каждой из основных улиц города с учетом её категории была определена среднегодовая интенсивность движения транспортных средств. Далее по справочнику улиц определены индексы потенциальной опасности выбросов от автотранспортных средств: индекс потенциальной опасности выбросов легковыми, грузовыми автотранспортными средствами – ранговые показатели в зависимости от интенсивности движения

автотранспорта по улицам различных категорий – и суммарный ранг автотранспортной нагрузки по общей интенсивности автотранспорта на улице заданной категории ($I_{атм}$).

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

$$I_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n (I_{прм} + I_{CR} + I_{атм}) \quad (3)$$

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

Анализ корреляционных связей в системе «источники - загрязнение - транзитные среды - депонирующие абиотические среды» показал в целом вполне логичную картину: в общем массиве корреляций преобладают значимые положительные коэффициенты (в основном в 55 - 84 % случаев по большинству критериев), причем наиболее устойчивые связи отмечаются по наиболее массовым выбросам веществ 3 и 4 классов опасности, канцерогенам, а также интенсивности общей промышленно-транспортной нагрузки, определяемой во многом легковым автотранспортом и удельным вкладом канцерогенов, присутствующих в выбросах от стационарных источников.

Проведенное ранжирование ответного «отклика» геохимических индикаторов на промышленно-транспортное воздействие показало более сильный «отклик» критериев качества атмосферы, а к приоритетным геохимическим индикаторам следует отнести: сажу и формальдегид в атмосфере, суммарный показатель загрязнения почвы подвижными формами тяжелых металлов - свинца, цинка, меди, кадмия.

После усреднения данных и пересчета интенсивности движения автотранспорта на показатель количества автомобилей, проезжающих за сутки на участке полотна, была построена карта категорий улиц. Расчет был произведен с учетом дифференциации: легковой автотранспорт, грузовой транспорт, автобусы. Структура транспортного потока для г. Воронежа составила: грузовой транспорт – 2,9%, автобусы – 6,6%, легковой транспорт – 90,5%.

В целом уровень загруженности автотранспортом в г. Воронеже в различных частях города характеризуется как очень высокий. Особенно большая степень негативного воздействия на городскую среду отмечается в пределах более крупных и загруженных улиц (категории 1Б, 2Б).

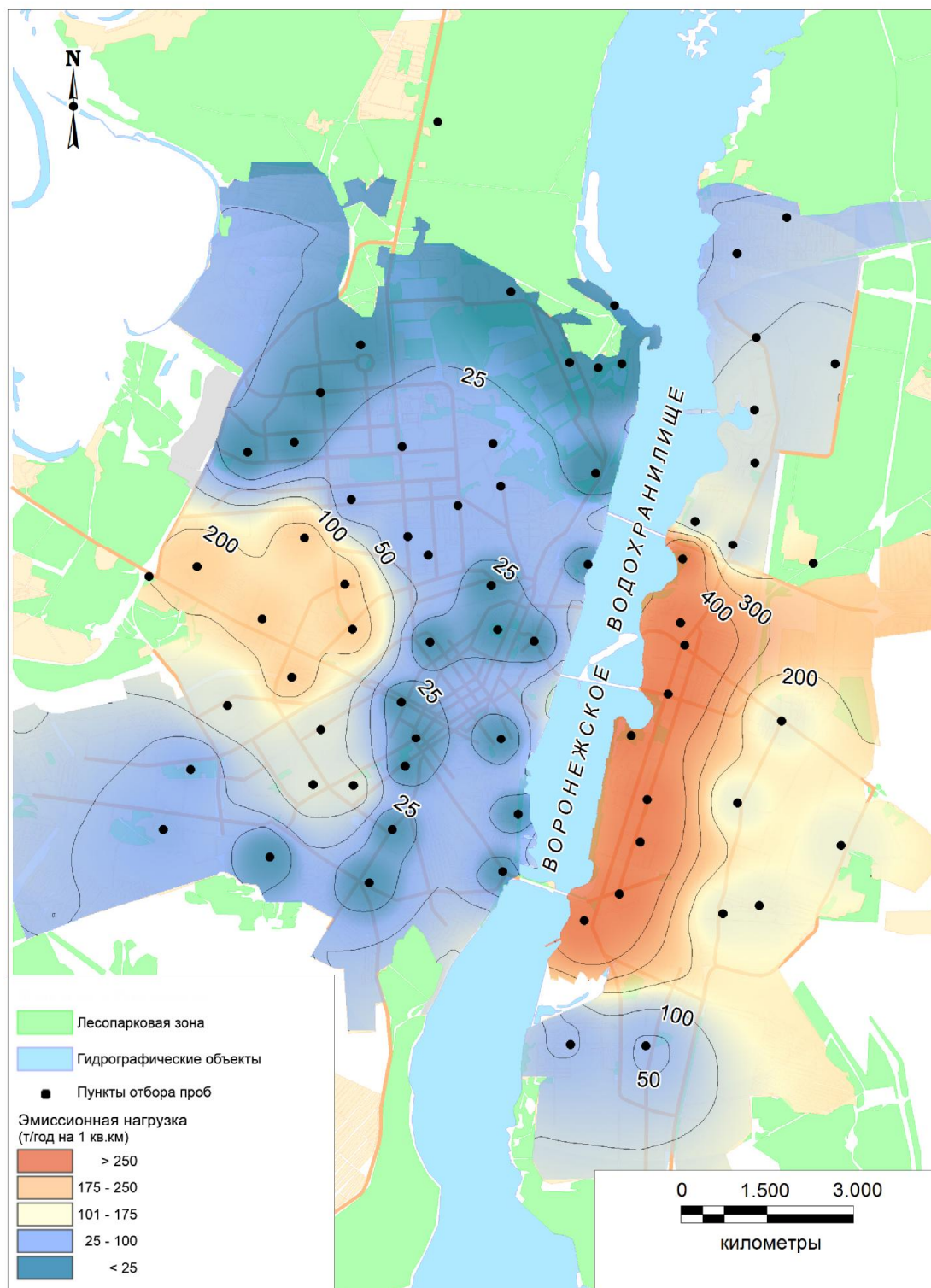


Рис.3. Эмиссионная нагрузка выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников

Среди мероприятий, направленных на снижение экологического риска, связанного с источниками техногенного загрязнения городской среды, на территории Воронежа, приоритетными являются три задачи, направленные на минимизацию содержания в атмосфере загрязняющих веществ – производных технологического прессинга го рода:

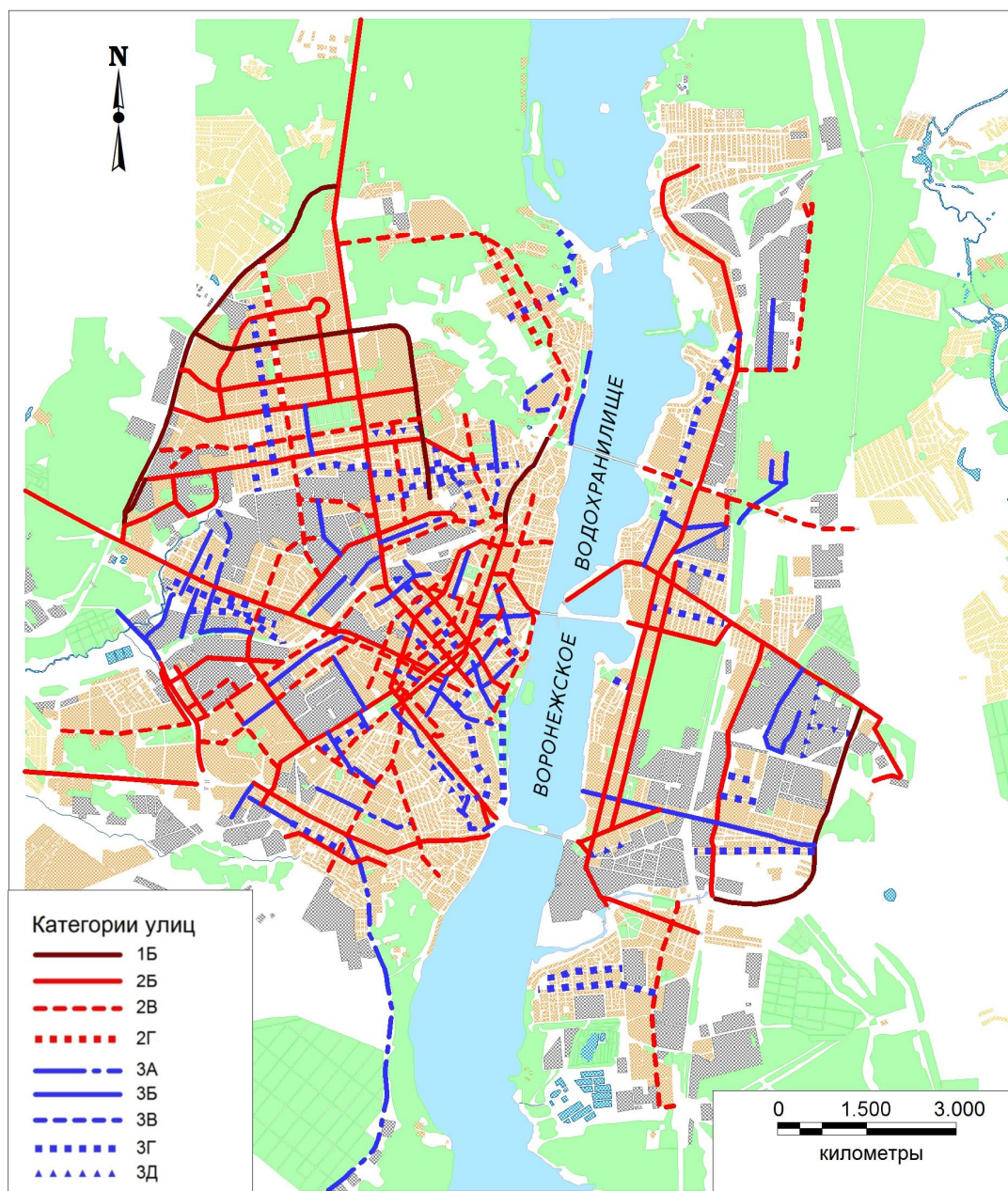


Рис.4. Категории улично-дорожной сети

- модернизация транспортных сетей города с увеличением их пропускной способности, качества дорожного покрытия, средней скорости движения транспортных средств, в перспективе – возрождение и развитие электротранспорта, а, возможно, и соз-

дание линий «легкого метро» по образцу крупных европейских городов;

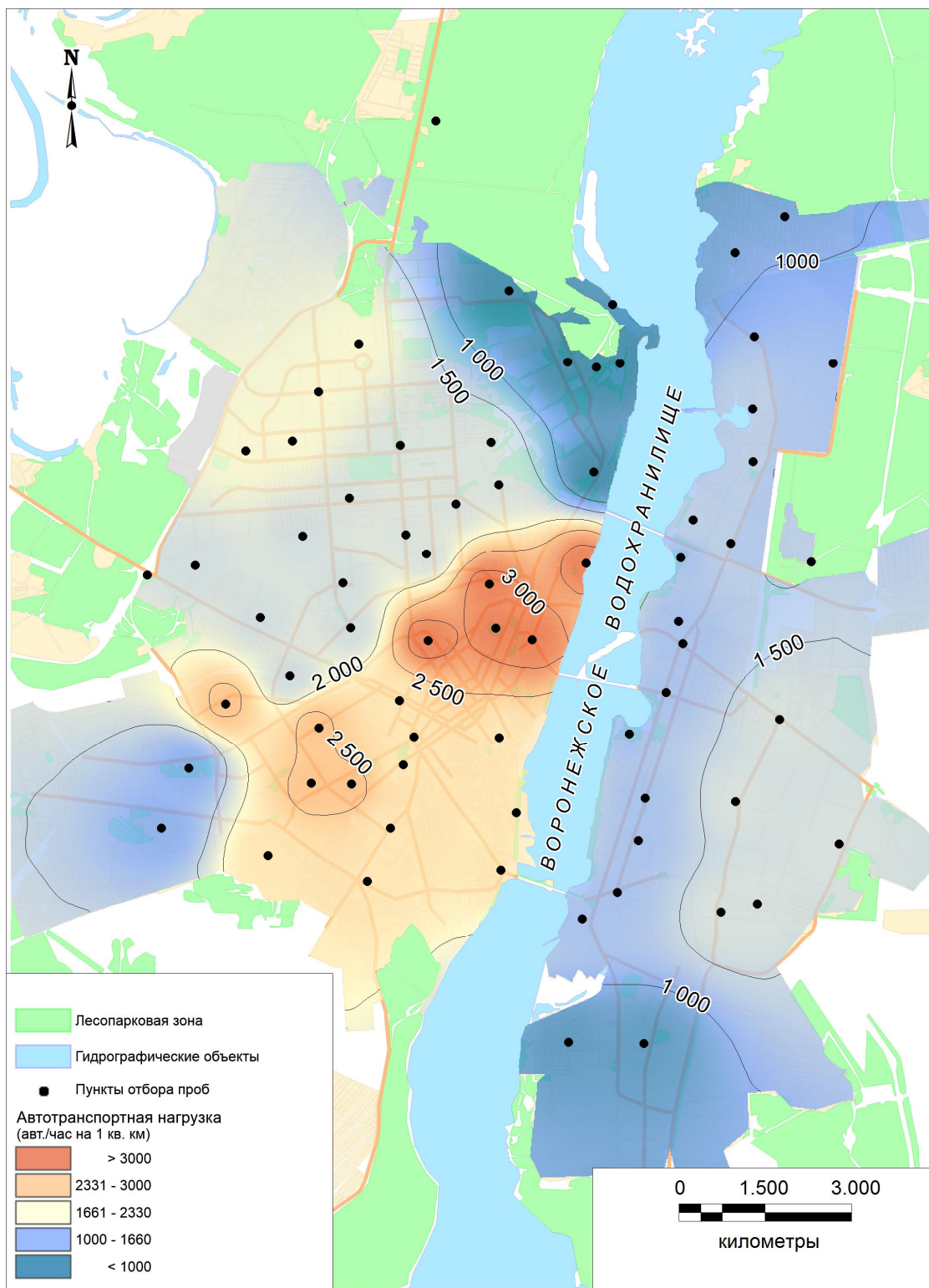


Рис.5. Суммарная (площадная) автотранспортная нагрузка на городскую среду

- модернизация технологических процессов, сокращение выбросов в атмосферу предприятий теплоэнергетики, вынос за

границу городской черты ряда промышленных объектов повышенной опасности загрязнения воздушного бассейна;

- *развитие систем внутригородского озеленения, создание системы экологического каркаса.*

Загрязнение воздушного бассейна

Качество воздушного бассейна – важнейший критерий благополучия общей экологической ситуации любого промышленно развитого города, в том числе и 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 формирования баз данных для анализа и картографирования химического загрязнения атмосферы на территории города Воронежа (6-ти –летний период: 2013-2018гг.).

Наблюдения за уровнем загрязнения атмосферы в России осуществляют на постах, которые подразделяются на три категории (рис. 6).

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 автомобиле.

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.

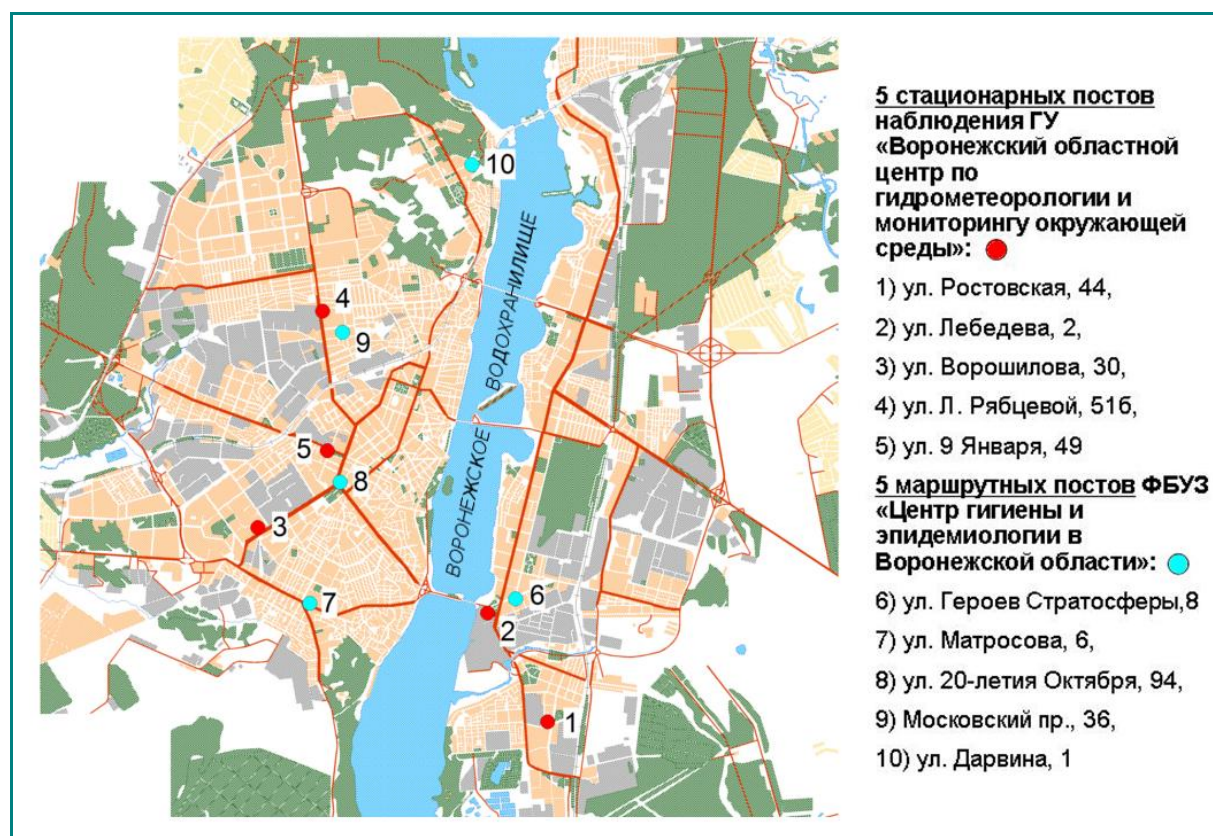


Рис. 6. Посты мониторинга качества воздуха в г.Воронеже

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 воздуха 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.

База данных «Уровень загрязнения атмосферного воздуха г.Воронежа» сформирована по данным мониторинга, который осуществлялся аккредитованным испытательным лабораторным центром (АИЛЦ) ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области» и Воронежского ЦГМС - филиал ФГБУ «Центрально-Черноземное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды».

В перечень контролируемых показателей вошли концентрации 16 приоритетных загрязнителей: оксида углерода, оксида серы IV (диоксида серы), оксида азота IV (диоксида азота), формальдегида, пыли (взвешенных веществ), свинца, сажи (углерода), фенола, оксида марганца IV, оксида железа III, оксида хрома VI, меди оксида, 1,3-бутадиена, озона, акролеина, стирола.

При этом, на маршрутных постах наблюдения ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области» постоянно контролировались концентрации 16 загрязнителей (оксид углерода, оксид серы IV, оксид азота IV, формальдегид, пыль (взвешенные вещества), свинец, сажа (углерод), фенол, оксид марганца IV, оксид железа III, оксид хрома VI, меди оксид, 1-3 бутадиен, озон, акролеин, стирол (этилбензол)); на стационарных постах Воронежского ЦГМС - филиал ФГБУ «Центрально-Черноземное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» от 5 до 7 загрязнителей (оксид углерода, диоксид азота, диоксид серы, пыль, формальдегид, фенол, сажа).

Данные представлены по 75 точкам, условно распределенным по пяти видам функциональных зон, в том числе: 1) жилая зона с 3-мя подзонами: *жилая ЦИ* – центральная историческая часть города,

включая общественно-деловую застройку и старую 5-ти-этажную застройку; *жилая СП* – кварталы с современной многоэтажной застройкой; *жилая ЧС* – частный сектор (преимущественно одноэтажная жилая застройка) – 20 точек, в т.ч. ЦИ – 7 точек, СП – 6 точек, ЧС – 7 точек; 2) промышленная зона – 18 точек; 3) зона рекреации – 14 точек; 4) транспортная зона – 17 точек; 5) фон – 6 точек.

Основным нормативным документом, определяющим требования к качеству атмосферного воздуха, является «*Гигиенические нормативы ГН 2.1.6.1338-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест*».

Нормативы распространяются на атмосферный воздух городских и сельских поселений. В соответствии с данным документом установлены следующие основные нормативы качества атмосферного воздуха (табл. 1).

Анализ результатов определения концентраций загрязняющих веществ сравнивался с гигиеническими нормативами ГН 2.1.6.1338-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест» и референтными концентрациями, рекомендованными Всемирной организацией здравоохранения, и закрепленными для оценки неканцерогенного риска руководством Р 2.1.10.1920—04.

Основными источниками антропогенного загрязнения города являются промышленные предприятия, автотранспорт, инженерные сети, коммунальные и энергетические объекты, строительные объекты. Индустриальная база Воронежа представлена в основном объектами теплоэнергетики, а также предприятиями машиностроения, химической, пищевой и строительной индустрии. Суммарно промышленно-коммунальные зоны составляют 7,2 % от общей территории застройки города.

Основной вклад в загрязнение воздушного бассейна по общей эмиссии ЗВ вносят выбросы от автотранспорта (более 89 %). На территории города зарегистрировано более 350 тысяч единиц транспортных средств [5].

Приоритетными загрязняющими веществами города от всех источников загрязнения, вклад которых наиболее велик и потенциально опасен для здоровья населения являются **диоксид азота**, **пыль** (взвешенные вещества), **формальдегид** (канцероген) (рис.7,8).

Наиболее загрязненными районами города являются Левобережный промышленный район, включающий ТЭЦ-1, ОАО «Воронежсинтезкаучук», ЗАО «Воронежский шинный завод», АООТ «ВАСО», ДАОЗТ «Воронежстальмост». К числу достаточно крупных промышленных комплексов относится Коминтерновский (ОАО «ВЭКС», АО «Электросигнал», АО «Воронежтяжмехпресс» и др.), Северо-Восточный, Юго-западный и Южный промышленные узлы. Быстро формируются новые промышленные узлы в пос. Придонской, на проспекте Патриотов, в южной части Левобережного района. Причем ранее построенные на окраине Воронежа промышленные предприятия в результате активного городского развития оказались в городской черте.

Таблица 1

Предельно допустимые концентрации (ПДК) приоритетных загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест (выборка из ГН 2.1.6.1338-03)

Загрязняющие вещества	Код CAS	ПДК максимально разовые, мг/м ³	ПДК среднесуточные, мг/м ³	Класс опасности	Лимитирующий признак вредности
углерод оксид	630-08-0	5	3	4	резорбтивное
сера диоксид	7446-09-5	0,5	0,05	3	рефлекторно-резорбтивное
азота диоксид*)	10102-44-0	0,2	0,04	3	рефлекторно-резорбтивное
формальдегид	50-00-0	0,035	0,003	2	рефлекторно-резорбтивное
взвешенные вещества (пыль)	-	0,5	0,15	3	резорбтивное
свинец и его неорганические соединения (в пересчете на свинец)	7439-92-1	0,001	0,0003	1	резорбтивное
сажа (углерод)	1333-86-4	0,15	0,005	3	резорбтивное
фенол (гидроксибензол)	108-95-2	0,01	0,003	2	рефлекторно-резорбтивное
оксид марганца (марганец и его соединения в пересчете на оксид марганца IV)	1313-13-9	0,01	0,001	2	резорбтивное

Загрязняющие вещества	Код CAS	ПДК максимально-разовые, мг/м ³	ПДК среднесуточные, мг/м ³	Класс опасности	Лимитирующий признак вредности
оксид железа III (дижелезо триоксид в пересчете на железо)	1309-37-1	не уст.	0,04	3	резорбтивное
оксид хрома VI (хром в пересчете на хрома VI оксид)	18540-29-9	не уст.	0,0015	1	резорбтивное
меди оксид (в пересчете на медь)	1317-38-0	не уст.	0,002	2	резорбтивное
1,3-бутадиен	106-99-0	3	1	4	рефлекторно-резорбтивное
Озон	10028-15-6	0,16	0,03	1	резорбтивное
акролеин (проп-2-ен-1-аль)	107-02-8	0,03	0,01	2	рефлекторно-резорбтивное
стирол	100-42-5	0,04	0,002	2	рефлекторно-резорбтивное

*) «Гигиенические нормативы ГН 2.1.6.1983-05. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. Дополнение №2 к ГН 2.1.6.1338-03».

Дисперсные включения коммунально-складских и производственных участков в городскую структуру создают ситуацию, в которой практически все жилые территории находятся в зоне их влияния.

Численность населения, проживающего в санитарно-защитных зонах, сокращается ежегодно, что связано, прежде всего, с работой предприятий по установлению окончательных размеров санитарно-защитных зон.

В структуре загрязняющих веществ, поступающих в атмосферный воздух от организованных источников, к 1 классу опасности относятся 17 веществ (5 %), ко 2 классу – 48 веществ (14 %), к 3 классу – 81 вещество (23,6 %), к 4 классу – 41 вещество (12 %); веществ, для которых приняты ОБУВ, – 156 (45,4 %).

Основной вклад в общий объем выбросов от организованных источников вносят оксид углерода (28,01 %), диоксид азота (24,09 %), диоксид серы (10,96%), метан (7,16 %), оксид азота (4,35 %), зола углей (4,06 %), пыль неорганическая с содержанием SiO₂ 20-70% (2,44 %). По 1-2 % приходится на гексан, взвешенные вещества,

уайт-спирит, бензин нефтяной, толуол, ксилол, спирт этиловый. На остальные 329 учитываемых веществ приходится 4,13 %, при этом на каждое из них приходится от 0,000001 до 1,18 %. Вещества, совокупный вклад которых в валовый выброс загрязняющих веществ в атмосферу г.Воронежа составляет 95 %, показаны в таблице 2.

Таблица 2

Объем и структура выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от организованных источников по данным формы «2ТП (воздух)»

Код	Вещество	Класс опасности	Выброс вещества, т/год	Удельный вес выброса в общем объеме, %	Ранг
337	углерода оксид	4	2940,127	28,01	1
301	азота диоксид	3	2843,616	27,09	2
330	ангидрид сернистый (серы диоксид)	3	1150,608	10,96	3
410	метан	4	751,511	7,16	4
304	азота оксид	3	456,723	4,35	5
3714	зола углей (20%<SiO ₂ <70%)	-	426,129	4,06	6
2908	пыль неорганическая	3	256,267	2,44	7
403	гексан	4	224,616	2,14	8
2902	взвешенные вещества	3	177,386	1,69	9
2752	уайт-спирит	4	176,423	1,68	10
2704	бензин нефтяной	4	175,361	1,67	11
621	толуол	3	164,969	1,57	12
616	ксилол	3	163,143	1,55	13
1061	спирт этиловый	4	157,436	1,50	14
	остальные учитываемые вещества (329 веществ)	-	432,685	4,13	-

Ведущая роль в загрязнении атмосферного воздуха принадлежит предприятиям производства транспортных средств, машиностроения и оборудования (ОАО «Воронежское акционерное самолетостроительное общество», Воронежский механический завод – филиал государственного унитарного предприятия «Государственный космический научно-производственный центр им. М.В. Хруничева»), химической промышленности (ОАО «Воронежсинтезкаучук», ЗАО «Воронежский шинный завод»), теплоэнергетики (ТЭЦ-1 и ТЭЦ-2 ОАО «Квадра»); коммунального хо-

зьяства (Правобережные очистные сооружения ООО «РВК-Воронеж», ООО «Левобережные очистные сооружения»).

В перечень приоритетных загрязняющих атмосферный воздух веществ по данным социально-гигиенического мониторинга включены:

- вещества, совокупный вклад которых в валовый выброс составляет около 70% (углерода оксид, **азота диоксид**, серы диоксид, **взвешенные вещества**);

- неорганические вещества, вероятно входящие в пылевую фракцию (пыль неорганическая, взвешенные вещества, зола углей с содержанием SiO₂ от 20 до 70%), на которые имеются аттестованные методы лабораторного контроля, включенные в область аккредитации Испытательного лабораторного центра ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области» (свинец, оксид марганца, оксид железа, оксид хрома VI, меди оксид);

- вещества, обладающие канцерогенным действием (**формальдегид**, свинец, сажа, хром (VI), 1,3-бутадиен, стирол) на которые имеются аттестованные методы лабораторного контроля, включенные в область аккредитации Испытательного лабораторного центра ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области».

Самым неблагоприятным районом по суммарному объёму промышленных выбросов является Левобережный район города. Только ТЭЦ-1 (ВОГРЭС) ежегодно выбрасывает в воздушную среду города более 3 тыс. тонн загрязняющих веществ. В выбросах ОАО «Воронежсинтезкаучук», достигающих более 700 тонн/год, содержатся токсичные органические вещества, в числе которых стирол, толуол, олигомеры бутадиена, обладающие канцерогенным эффектом. В целом на долю Левобережного района приходится 36% от общего объёма воздушных выбросов промышленности города.

Вторым наиболее весомым «вкладчиком» в загрязнение воздушной среды города является Коминтерновский промышленный район, доля которого составляет почти четверть объёма промышленных выбросов (24,0%), на третьем месте – Советский район (14,6 %) и Железнодорожный район (13,8 %). На долю Ленинского района приходится 8,5 % выбросов, а Центральный район является минимальным вкладчиком в загрязнение атмосферы, поставляя в воздушный бассейн около 2,9 % выбросов от стационарных источников.

Низкое качество воздушной среды характерно для наиболее напряжённых городских магистралей города и примагистральных участков, в числе которых Московский пр-т, Ленинский пр-т, ул. 9-е Января, ул. Ворошилова и др. Наивысшая степень загрязнённости наблюдается на участках улиц, имеющих значительные уклоны (Петровский спуск по ул. Степана Разина, участки ул. 20-летия Октября на спуске к ВОГРЭСовскому мосту, ул. Грамши), а также на пересечении наиболее «оживлённых» улиц города (пересечение ул. 9-е Января и Машиностроителей, ул. Кольцовской и Плехановской, участок между перекрёстками улиц 20-летия Октября, ул. Кирова и ул. Ворошилова, ул. Кольцовская и др.).

Относительно благополучными по состоянию воздушной среды могут быть признаны три микрорайона: а) Северный жилой район; б) жилая зона в микрорайоне «Березовая роща – Агроуниверситет»; 3) юго-западный сектор города в районе улиц Южно-Моравская - О. Дундича - Перхоровича. Эти преимущественно «спальные» микрорайоны лишены промышленных узлов; кроме того они характеризуются хорошими условиями самоочищения: удачно расположение микрорайонов относительно промышленных зон как по рельефу, так и ветровому режиму (вне зоны промышленного воздействия), зелёные насаждения, в которые «встроена» застройка. Запылённость воздуха снижается и над гладью Воронежского водохранилища, которое меняет биоклиматические параметры воздушной среды на локальном уровне и является естественным проводником воздушных масс со стороны северных лесных массивов. В последние годы, однако, качество воздушного бассейна и экологическая ёмкость в целом Северного жилого района снижается на фоне все возрастающей автомобилизации и прогрессирующей застройки вдоль Московского проспекта.

По данным санитарно-эпидемиологической службы, ориентировочная численность населения города, подверженного воздействию загрязняющих атмосферный воздух веществ в концентрациях, периодически превышающих ПДК, составляет 330 тыс. человек (32,8 % населения) [5].

Ранжирование загрязняющих веществ по количеству экспонированного населения показало, что самый высокий ранг занимает азота диоксид, на втором месте находятся взвешенные вещества, на третьем – углерода оксид. Особую потенциальную опасность представляет формальдегид, поскольку это вещество с уста-

новленным канцерогенным эффектом, но концентрации которого имеют тенденцию к снижению, что уменьшает риск аэротехногенного загрязнения для населения города.

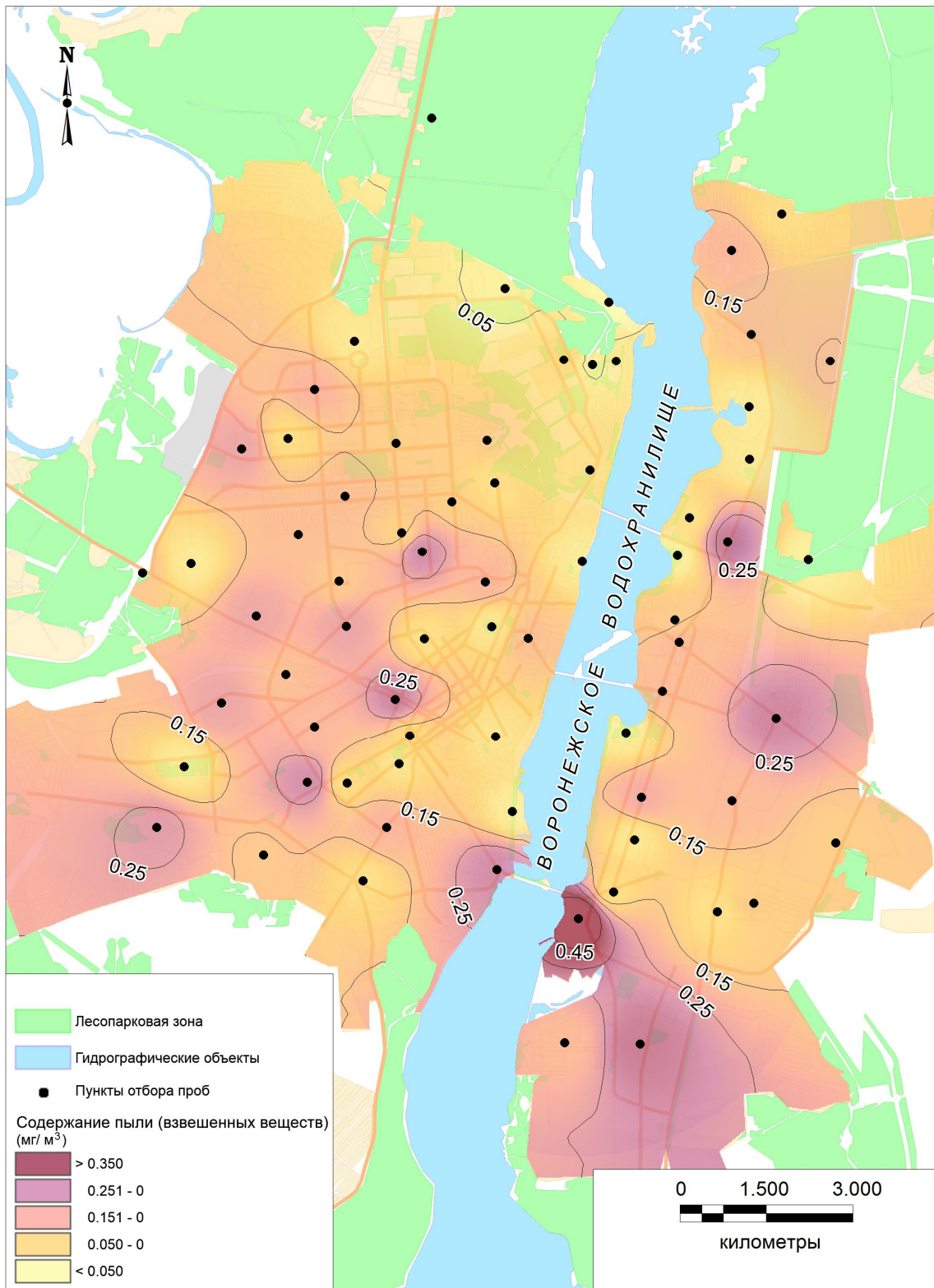


Рис. 7. Загрязнение воздушного бассейна: пыль (взвешенные вещества)

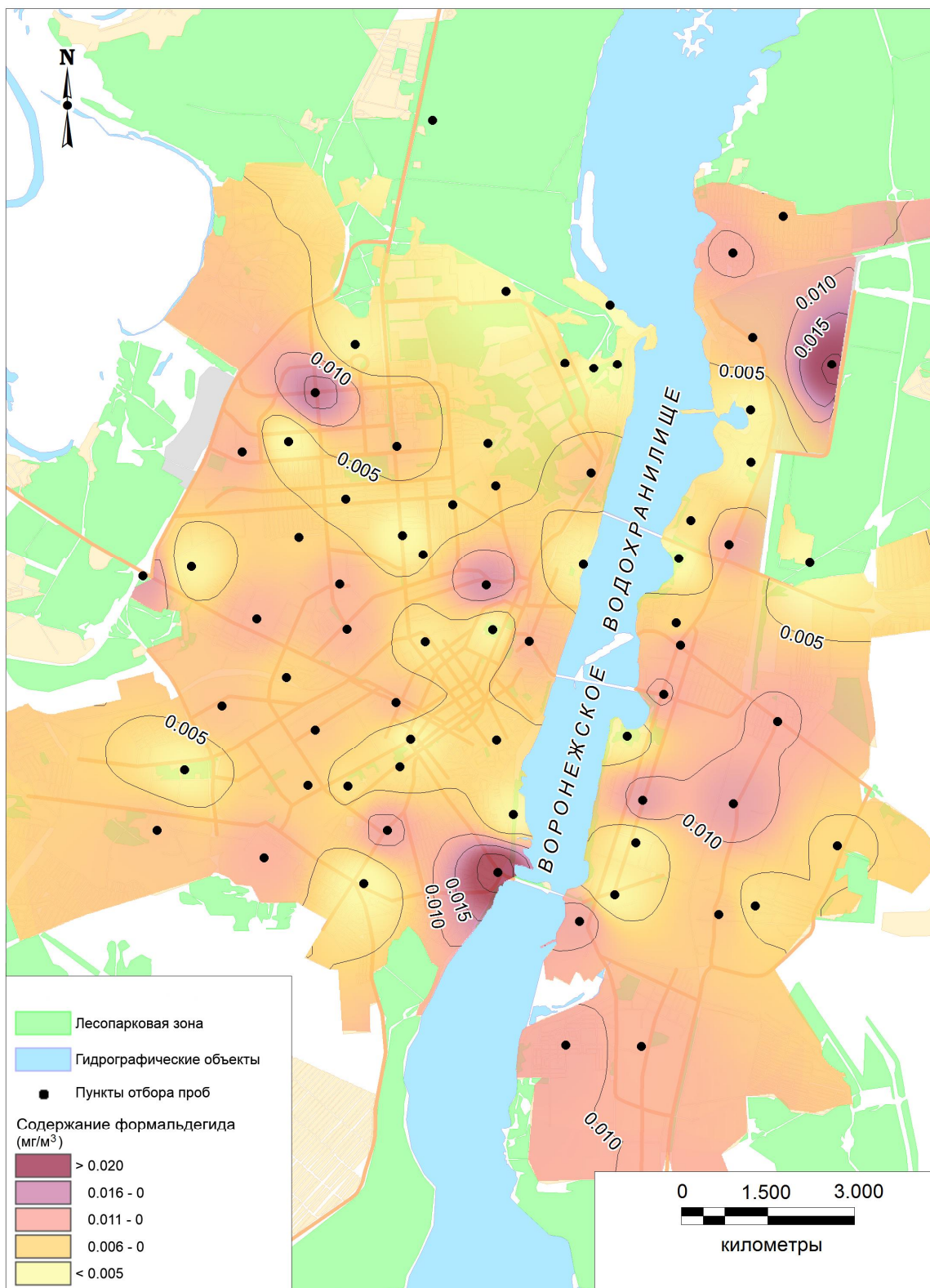


Рис. 8. Загрязнение воздушного бассейна: формальдегид

В целом г.Воронеж отличается относительно низким потенциалом загрязнения воздушного бассейна и достаточной естественной аэрацией. Однако, имеются многочисленные рассредоточенные источники загрязнения атмосферы, что является следстви-

ем 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 (1) по 6 приоритетным загрязняющим веществам, контролируемым санитарно-эпидемиологической службой: оксид углерода, диоксид серы, диоксид азота, формальдегид, фенол, пыль. 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).

Состояние водных объектов: размещение и гидрохимическая оценка качества воды родников

Родники представляют собой естественные выходы подземных вод на поверхность и являются важным компонентом природной среды и экологической обстановки.

По официальным статистическим данным в Воронежской области на 01.01.1994 г. насчитывалось 1288 учтенных родников, в том числе 768 обустроенных родников (60%). Через два года (1996 г.) их уменьшилось до 755 при общем количестве источников 1217; процент же обустроенных источников повысился до 62 %. Из них чаще всего встречались нисходящие (безнапорные) родники. Они связаны со вскрытием водоносных горизонтов эрозионной сетью — речными долинами и овражно-балочными системами [5].

В настоящее время по данным Управления федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Воронежской области на 01.01.2016 г. на территории Воронежской области расположено 53 родника, из них 40 находятся в сельской местности. В пределах города Воронежа насчитывается 17 родников.

В действительности по природным потенциальным возможностям всех родников должно быть в полтора раза больше, чем отмечено выше. Приведенные цифры отражают лишь количество источников на заданный отрезок времени. Но при благоприятных условиях они, как и любой живой организм, могут заново нарождаться, а при негативных (сухость климата, неотектоника, антропогенный фактор) - отмирать. Следовательно, общее число родников области связано, прежде всего, с фактором времени. Кроме того, большую роль в этом процессе играет уровень активности природоохранных органов, любителей природы в поисках и оборудовании источников.

С целью мониторинга качества воды в родниках Управлением Роспотребнадзора по Воронежской области ежегодно организуется отбор проб и лабораторные исследования питьевой воды из нецентрализованных источников водоснабжения на соответствие требованиям СанПиН 2.1.4.1175-02 «Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников» по санитарно-химическим и микробиологическим показателям.

По результатам лабораторных исследований, проведенных в 2015г., все пробы воды родников области отвечали требованиям гигиенических нормативов по микробиологическим показателям. По санитарно-химическим показателям не соответствовало требованиям гигиенических нормативов 8 проб (16%). В основном это

связано с превышением гигиенических нормативов по общей минерализации, жесткости, содержанию нитратов.

В связи с тем, что население города Воронежа и Воронежской области активно использует родниковую воду в питьевых целях, считая ее чистой и обладающей лечебными свойствами, необходимо постоянно вести мониторинг и контроль качества воды источников и доводить информацию до сведения граждан.

Изложены результаты оценки экологического состояния родников города Воронежа и его окрестностей по результатам инвентаризации родников и анализу химического состава воды (проведение инвентаризация родников, т.е. описание их экологического состояния; оценка качества родниковой воды по результатам химического анализа отобранных разовых проб).

Работа проводилась в осенний период 2016-2017гг. на базе аттестованной эколого-аналитической лаборатории факультета географии, геоэкологии и туризма Воронежского государственного университета.

В качестве объектов исследования были выбраны 17 родников, расположенных в пределах г. Воронежа и его окрестностей.

Первый этап работы заключался в проведении инвентаризация родников г. Воронежа и его окрестностей.

В 2001 году под руководством сотрудников Воронежского госуниверситета М.Н. Бугреевой, В.Л. Бочарова и С.А. Шатохиной была проведена инвентаризация родников г. Воронежа и его окрестностей, по результатам которой был подготовлен и опубликован «Каталог родников города Воронежа». В то время (в 2001 г.) в пределах города Воронежа насчитывалось порядка 17 родников: на ул. С. Перовской – «Митрофановский», в парке «Динамо», два родника в дачном поселке «Рыбачий», возле санатория им. М. Горького, на территории санатория – «Ржавчик», в п. «Тепличный» 2 родника, за Северным мостом – родник «Березовая роща», в южной части города – п. «Шилово» и др.

Так как городские и сельские жители активно пользуются родниковой водой для питьевых целей, то Управлением Роспотребнадзора по Воронежской области ежегодно организуется отбор проб и лабораторные исследования родниковой воды по санитарно-химическим и микробиологическим показателям. Однако, уже в течение 15 лет (с 2001 по 2016 годы) инвентаризацию родников никто не проводил. Поэтому авторы работы самостоятельно про-

вели инвентаризацию всех родников г. Воронежа и его окрестностей, по результатам которой уточнили истинное количество действующих или исчезнувших родников по состоянию на октябрь 2017г.

Важным фактором, оказывающим влияние на качество родниковой воды, является степень благоустройства зон рекреации. Поэтому за основные критерии оценки были выбраны: обустроенность родника; использование населением родниковой воды в питьевых целях.

Результаты инвентаризации родников позволили сформулировать следующие выводы.

1. Хорошо и красиво обустроенных родников в г. Воронеже и его окрестностях не так много. Большинство источников нуждается в помощи. Нередко они замусорены, затянута илом, место выхода родника не обозначено, архитектурное оформление отсутствует. Некоторые родники исчезли совсем.

2. *Наилучшая обустроенность* отмечается для тех родников, которые наиболее активно посещаются населением города. К ним относятся: Митрофановский возле ВГУ; родник «Центральный» в парке «Динамо»; родник №2 в пос. Рыбачий; родники «Маяк» и «Дон-1» в пос. Тепличный; родник «Святого Тихона Чудотворца» в с. Подгорное; родник возле санатория им. М. Горького (рис. 9).

3. *Плохо обустроенные родники*, требующие особого внимания: родник №1 в пос. Рыбачий; родник «Факел» в пос. Тепличный; родник «Ржавчик»; родник «Березовая роща»; родник «Шиловский»; родник «Вогрэсовский», родник «Забота»; родник в районе кладбища «Лесное»; родник «Подгоренский» в с. Подгорное; родник севернее моста «ВОГРЭС» (рис. 10).

4. Интенсификация хозяйственной деятельности и особенно строительство в местах выхода источников негативно сказываются на их состоянии вплоть до исчезновения. Так, например, авторы не смогли обнаружить следующие родники:

- родник у областной станции юных натуралистов;
- родник Агроуниверситета;
- родник «Дачник» (в 10 км к югу от моста ВОГРЭС);
- родник «Подклетненский» в с. Подклетное.

На месте предполагаемого выхода исчезнувших родников в настоящее время либо находится канавка, заросшая сорной растительностью, либо рядом ведется активное строительство жилых

домов. **Второй этап** исследований заключался в оценке качества родниковых вод (рис.11).



Родник «Митрофановский»



Родник в ЦПКО «Динамо»



Родник №2 в п. Рыбачий



Родник «Маяк» в п. Тепличный



Родник «Святого Тихона Чудотворца»



Родник у санатория им. М. Горького

Рис. 9. Хорошо обустроенные родники (фото Т.И. Прожориной)



Родник №1 в п. Рыбачий



Родник «Факел» в п. Тепличный



Родник «Шиловский»



Родник «ВОГРЭСовский»



Родник «Подгоренский»



Родник у кладбища «Лесное»

Рис. 10. Плохо обустроенные родники (Т.И. Прожориной)

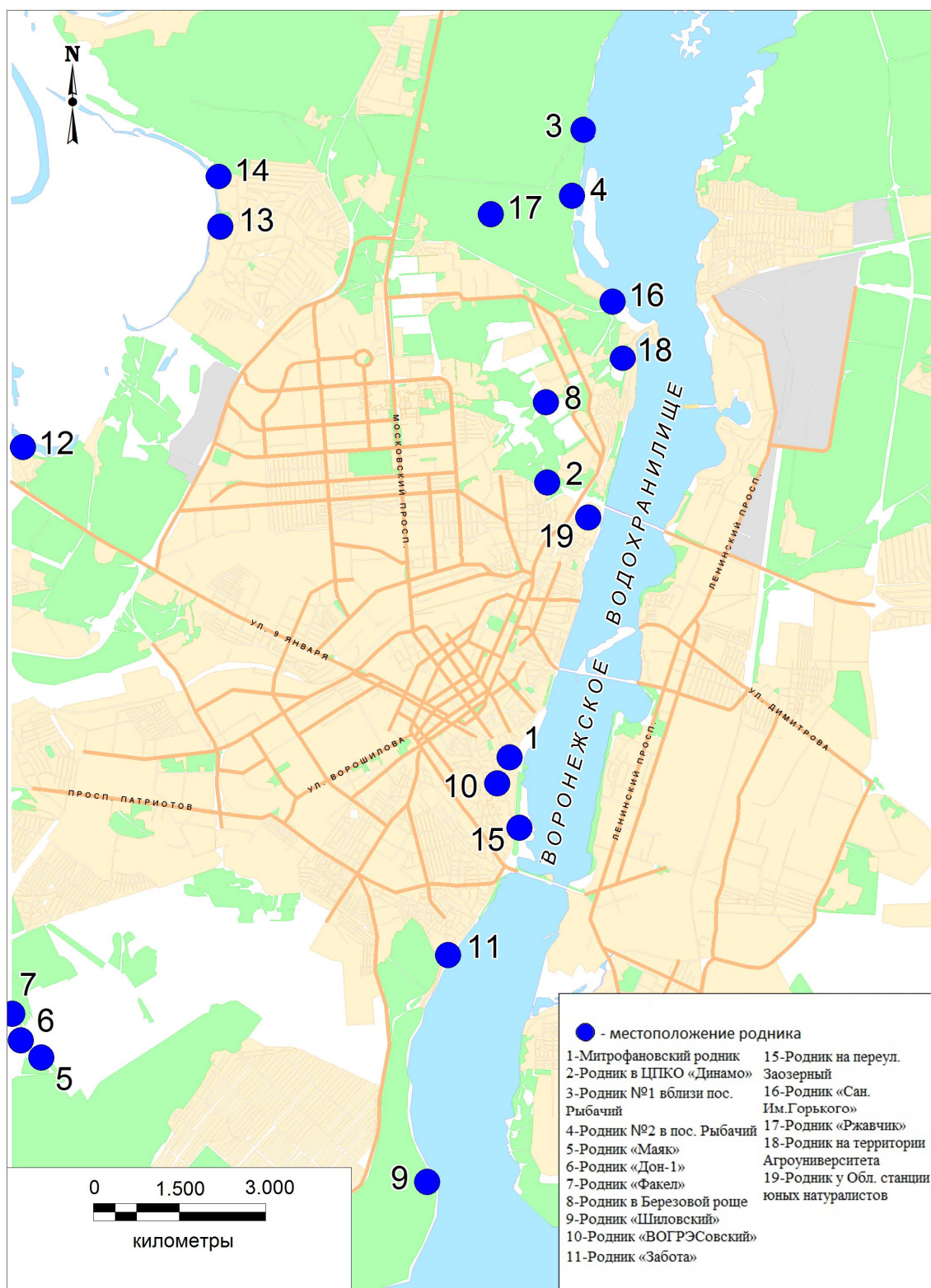


Рис. 11. Выходы родниковых вод

В целях контроля за экологическим состоянием родника очень важно изучить естественный химический состав воды. Для этого проводятся анализы на содержание в воде (мг/л) углекислого газа, хлоридов (ПДК ≤ 350 мг/л), сульфатов SO_4^{2-} (ПДК ≤ 500 мг/л), железа общего (ПДК $\leq 0,3$ мг/л). Определяются токсичные

ингредиенты (мг/л) - нитраты NO_3^- (ПДК ≤ 45 мг/л), азот аммонийный NH_4^+ (ПДК $\leq 9,1$ мг/л), нитриты NO_2^- (ПДК $\leq 3,3$ мг/л). ПДК определены в соответствии с СанПиН — 2.1.4.1175-02 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества: санитарные правила и нормы» [5]. Кроме того, устанавливается содержание в воде (в мг/л) кальция, магния, водородного показателя (рН=6,5-8,5), общей жесткости (ПДК ≤ 7 мг-экв/л

В исследуемых пробах воды непосредственно у места отбора были замерены: температура воды, величина рН и минерализация с помощью портативного оборудования (рН-метр и TDS-метр). Очень важна температура воды, так как она в определенной степени характеризует глубину водоносного горизонта, из которого зародился родник.

Затем пробы доставлялись в лабораторию и непосредственно в день отбора, был выполнен анализ на определение основных компонентов химического состава воды. Для этого применялись следующие методы анализа: титриметрический (общая жесткость); потенциометрический (рН); кондуктометрический (минерализация); колориметрический (нитраты, железо общее).

На основании результатов химического анализа проб воды были сделаны выводы об экологическом состоянии родников и качестве воды в них.

1. Из 17 родников, отобранных в качестве объектов исследования, по санитарно-химическим показателям *наилучшим качеством* обладают воды 9 родников: пос. Рыбачий - родники №1 и №2; пос. Тепличный - родники «Маяк» и «Дон-1», родник «Ржавчик»; родник «Шиловский», родник «Подгоренский», родник Коминтерновского района, кладбище «Лесное», родник в санатории им. М. Горького.

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

2. К родникам, не пригодным для питьевых целей, с *неудовлетворительным качеством воды* относятся 8 родников: «Митрофановский»; «Центральный» в парке «Динамо»; родник «Факел» в пос. Тепличный; родник «Березовая роща»; родник «ВОГРЭСовский»; родник «Забота»; родник Святого Тихона Чудотворца в с. Подгорное; родник севернее моста ВОГРЭС (пер. Заозерный, д.1).

Воды этих родников не соответствуют требованиям гигиенических нормативов СанПиН 2.1.4.1074-01[5], так как в них обнаружены превышения ПДК по общей жесткости (от 1,04 до 1,45 раза) и нитратам (от 1,12 до 2,75 раза). Также отмечается повышенная минерализация (выше 500 мг/л). Поэтому употреблять воду в питьевых целях перечисленных выше родников небезопасно для здоровья.

3. Хорошо обустроенный и активно посещаемый населением родник не всегда свидетельствует о хорошем качестве воды. Например, наиболее обустроенные родники «Митрофановский», «Святого Тихона Чудотворца» в с. Подгорное и «Центральный» в парке «Динамо» имеют неудовлетворительное качество воды.

Так, родник «Митрофановский», находясь в черте города испытывает мощную антропогенную нагрузку. В бассейне питания родника загрязненность атмосферы выбросами промышленных предприятий, коммунальными отходами частного сектора, домовладений без канализационной сети, отрицательно сказывается на химическом составе воды. Результаты анализа родниковой воды показали превышение содержания токсичных нитратов – 58,5 мг/л (при норме до 45 мг/л), солей жесткости – 7,3 мг-экв/л (при норме не более 7 мг-экв/л) и повышенную минерализацию – более 720 мг/л (при норме до 500 мг/л). Это свидетельствует о сильном загрязнении водоносного горизонта [5].

Существует ряд рекомендаций по оборудованию и охране источников.

1. Прежде всего, необходимо отнестись к обнаруженному роднику бережно, обозначить место выхода воды, огородить, охранять от замусоривания. Место вокруг родника расчистить, воде дать сток.

2. Следующий, более серьезный этап работы, — сделать каптаж, т. е. соорудить, улучшающее выход воды. Можно использовать несколько видов простейших каптажных сооружений.

3. Завершающий этап работы - озеленение и художественное украшение родника. Целесообразно рядом с родником устроить малые архитектурные формы (скамейки, навесы).

До последнего времени охране родников в г. Воронеже уделяется совершенно недостаточное внимание. Поскольку в г. Воронеже и его окрестностях большая часть родников плохо обустроена, то администрации г. Воронежа рекомендуется выделять специальные целевые средства на охрану и благоустройство городских родников.

Химическое загрязнение почвенного покрова

Основными источниками химического (техногенного) загрязнения в городе являются промышленные предприятия, автотранспорт, инженерные сети, коммунальные и энергетические объекты, многочисленные отходы от строительных и отделочных работ, а также отходы потребления.

Наиболее крупные предприятия, загрязняющие атмосферный воздух и почвенный покров Воронежа, сосредоточены в промышленных узлах Левобережного, Коминтерновского и Советского районов.

Основной целью исследования было выявление геохимических аномалий в накоплении тяжелых металлов (ТМ), исследование накопления нефтепродуктов на территории города с их геоинформационным картографированием.

Исходные данные получены в ходе почвенно-геохимического опробования. Образцы почвы отобраны на территории различных функциональных зон города, а анализы содержания тяжелых металлов выполнены согласно ГОСТ 17.4.3.01-83 и ГОСТ 17.4.4.02-84. Было из верхних горизонтов почв (10-15 см) в весенне-летний период 2014-2018 гг. по заранее выбранным пунктам мониторинга в разных функциональных зонах (ФЗ) города. В качестве фона были выбраны 7 пунктов наблюдений 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 НИИ 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);

- для определения химического состава проб – рентгенофлуоресцентный метод на спектрометре S8 Tiger, Bruker AXS GmbH, Германия (НСАМ Рентгеноспектральные методы. Мето-

дика №451-РС. Отраслевая методика III категории точности (Почвы, донные осадки, горные породы);

- для определения нефтепродуктов - метод хлороформ-гексановой экстракции (ПНД Ф 16.1.41-04).

Установлено, что значительная часть выявленных нами аномалий располагается в транспортной и промышленной зонах города Воронежа. Отмечается в ряде пунктов мониторинга экстремальное превышение над фоновым значением. По нашим предположениям, источники указанных аномалий различны. Точки № 15, 69, 47 и 52 находятся в зоне интенсивных автотранспортных потоков, что способствует загрязнению Zn и Pb. Загрязнение Pb в транспортной зоне, связано, как правило, с интенсивным движением автомобилей, прежде всего – грузовых. Последние работают на дизельном топливе, содержание свинца в котором значительно выше, чем в бензине АИ-92, АИ-95 и АИ-98, которым заправляются легковые автомобили. Так, точка отбора № 47 на перекрестке улиц Саврасова и Заслонова (содержание свинца в 60 раз превышает фоновое значение) расположена вблизи улицы Новосибирской – одной из немногих магистралей города, по которой разрешено движение большегрузных фур; точка отбора № 15 – пересечение улиц Куйбышева и Панфилова (превышение над фоном в 94 раза) находится вблизи трассы М4 – «Дон». Некоторые пункты отбора располагаются в зоне влияния Воронежского механического завода и завода «Рудгормаш».

В зоне жилой застройки также отмечены высокие концентрации ТМ. Скорее всего, это связано с локальным накоплением бытового мусора во дворах жилых домов, содержащего токсичные компоненты. Существенное воздействие оказывает и автотранспорт, т.к. современные дворы используются в основном как парковки для автотранспорта, а при остановке и начале движения автомобиль выбрасывает повышенное количество выхлопных газов (рис.12).

Экстремально высокие значения коэффициентов концентрации в 2014 году свидетельствуют о высоком техногенном загрязнении почвенного покрова. В 2015-2018 году ряд пунктов мониторинга сменился и нами отмечено резкое снижение значений коэффициентов концентрации. Но наблюдается распределение высоких концентраций в других функциональных зонах. Так, экстремально высокие значения Zn в поверхностном слое почв отмечены в зонах перспективной жилой застройки и зоне рекреации. Пункты № 84 и № 83 располагаются в Отрадном и Шиловом – данные районы города сейчас

активно застраиваются и заселяются жителями, что способствует повышенному воздействию на окружающую среду, кроме того в этих районах отмечена щелочная реакция среды, что способствует задержанию цинка в верхнем горизонте почв. Пункты № 39 и № 62 находятся в зоне влияния автомагистрали, которая проходит вдоль набережной на территории города.

Цинк широко применяется в литейном производстве как добавка к стали. Этим обусловлено расположение аномальных точек вблизи крупных промышленных предприятий, потребляющих большое число сталелитейной продукции. На правом берегу Воронежского водохранилища это, прежде всего ОАО «Финансово-промышленная компания «Космос-нефть-газ», ориентированная на машиностроение (точка отбора № 65; ул. 9 января, 180), завод «ТяжМехПресс» (точка отбора № 29, Ясный проезд, 13), ФГУП «Воронежский механический завод» (точки отбора № 40 – ул. Моисеева, 11 и № 41 – ул. Депутатская, 12).

На левом берегу Воронежского водохранилища основным потребителем металлургической продукции является ПАО «Воронежское акционерное самолётостроительное общество», завод «Рудгор-маш» и Масловская промзона. Также следует отметить влияние выбросов производственного комплекса ОАО «Воронежсинтезкаучук», использующего большие объемы цинка для производства автомобильных шин. Выбросы указанных предприятий приводят к тому, что аномальное содержание цинка обнаруживается в том числе и в жилых функциональных зонах (точка отбора № 1 - ул. Ростовская, 44; точка отбора № 92 – ул. Кольцевая, 76).

Нами подтверждено, что максимально высокое содержание подвижного Pb наблюдается в почвах старых жилых кварталов, некоторых крупных автомагистралей и промышленных зон [5].

Также нами обнаружены среднеконтрастные (в разы и в десятки раз превышающие фоновые значения) техногенные аномалии по валовому содержанию Cr, V, Ni, Cu, Ba.

Ванадий находит применение в сплавах, в основном для нержавеющей и инструментальной сталей. Этим, вероятно, обусловлена его аномальная концентрация в почве вблизи Воронежского тепловозоремонтного завода (точка отбора № 63; ул. Урицкого, 47) и ОАО «ФПК «Космос-нефть-газ» (точка отбора № 65; ул. 9 января, 180).

Хром используется как компонент во многих легированных сталях (в частности, нержавеющей), а также и в ряде других сплавов.

Добавка хрома существенно повышает твердость и коррозионную стойкость сплавов. Этим, скорее всего, обусловлена аномальная концентрация данного металла в почвенном покрове вблизи Воронежского завода стале-алюминиевых конструкций (точка отбора № 13; ул. Землячки, 1) и бывших цехов НПО «Энергия» - одного из крупнейших предприятий космической индустрии (точка отбора № 37; ул. 20-летия Октября, 94). Также стоит отметить, что Cr накапливается в верхнем горизонте почв с щелочной реакцией среды.

Аномальное содержание меди в расположенных рядом точках отбора № 1 (ул. Ростовская, 44) и № 91 (ул. Солдатское поле, 285/5) может быть обусловлено соседством с Масловской промзоной, в частности, с предприятиями по производству трансформаторов.

Так, по результатам исследований нами определены среднеконтрастные техногенные аномалии по подвижным формам Zn и Pb; среднеконтрастные техногенные аномалии по валовому содержанию Cr, V, Ni, Cu, Ba. Возникшие на территории города геохимические аномалии, связанные с воздействием техногенеза увеличивают вариабельность содержания ТМ в городском почвенном покрове. Кроме того, они также способствуют пространственной неоднородности из-за дискретности источников загрязнения, что особенно заметно в жилой зоне.

Для комплексной оценки металлизации почвы рассчитан показатель суммарного загрязнения почвы тяжелыми металлами (СПЗ) по формуле:

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

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

Завершающим этапом интегральной оценки почвенного покрова было создание карт, отражающих градиентные различия суммарного загрязнения почвы тяжелыми металлами (подвижные формы) (рис.12). Построенная карта иллюстрирует территориальные различия, достигающие примерно 10-х кратного уровня по различиям СПЗ в благополучных «спальных» микрорайонах, зонах рекреации с промышленными и транспортными зонами города. Метод IDW - интерполяции достаточно объективно характеризует общую экологическую обстановку почв города.

Пределы содержаний химических элементов в подвижной форме по результатам анализа почвенного покрова следующие:

Pb min = 0,0053 мг/кг, max= 113 мг/кг;

Zn min = 0,000027 мг/кг, max= 260 мг/кг;

Cu min = 0,0071 мг/кг, max= 56 мг/кг;

Cd min = 0,00095 мг/кг, max= 0,6315 мг/кг;

Mn min = 3,8 мг/кг, max= 1878 мг/кг.

В зоне рекреации поллютанты образуют ряд: Ba > Zr > Zn > Sr > Nb > Rb > La > Cr > Cu > V > Ni > Pb > As > Ga, в транспортной зоне ряд несколько меняется: Cu > Ni > Cr > Nb > Zr > Zn > V > La > Sr > Pb > Ba > As > Rb > Ga.

Приоритетными ЗВ в почвенном покрове являются тяжелые металлы /цинк, свинец, кадмий, медь/ и нефтепродукты. Наибольшие концентрации нефтепродуктов отмечены вблизи наиболее интенсивных про грузопотокам перекрестках города и зонах промышленного влияния (превышение ОДК в 3 и более раз). По среднему значению показателя содержания подвижной формы элемента в почве тяжелые металлы образуют следующий ряд: Mn > Zn > Pb > Cu > Cd. Результаты анализа валового содержания с помощью рентгенфлюоресцентного метода позволили расположить элементы в почвенном покрове города в следующий ряд: Ba > Zr > Zn > Cr > Sr > Nb > La > Rb > Pb > Ni > V > Cu > As > Ga.

По результатам исследований повышение содержания тяжелых металлов в почвенном покрове происходит по мере увеличения антропогенной нагрузки в следующем ряду: рекреационная зона < жилая ЧС < зона перспективной жилой застройки < жилая СП < жилая ЦИ < транспортная зона < промышленная зона. Помимо тяжелых металлов основными загрязняющими веществами почвенного покрова городов являются нефтепродукты.

Проанализировав загрязнение почвенного покрова г. Воронежа нефтепродуктами, отметили, что наибольшие концентрации наблюдаются вблизи наиболее интенсивных по грузопотокам перекрестках города и зонах промышленного влияния. Эта тенденция отмечается на протяжении всего периода мониторинга. Так, высокие концентрации нефтепродуктов в почве были обнаружены в районе ул. Димитрова (1916,7 мг/кг) - ул. Волгоградская (1673,3 мг/кг), Московский проспект - ул. Хользунова (1240,0 мг/кг) и др. Ранее проведенные исследования подтверждают, что в почве транспортных зон г. Воронежа обнаружено превышение ОДК (300 мг/кг) по нефтепродуктам в 3 раза, особенно в левобережной части города.

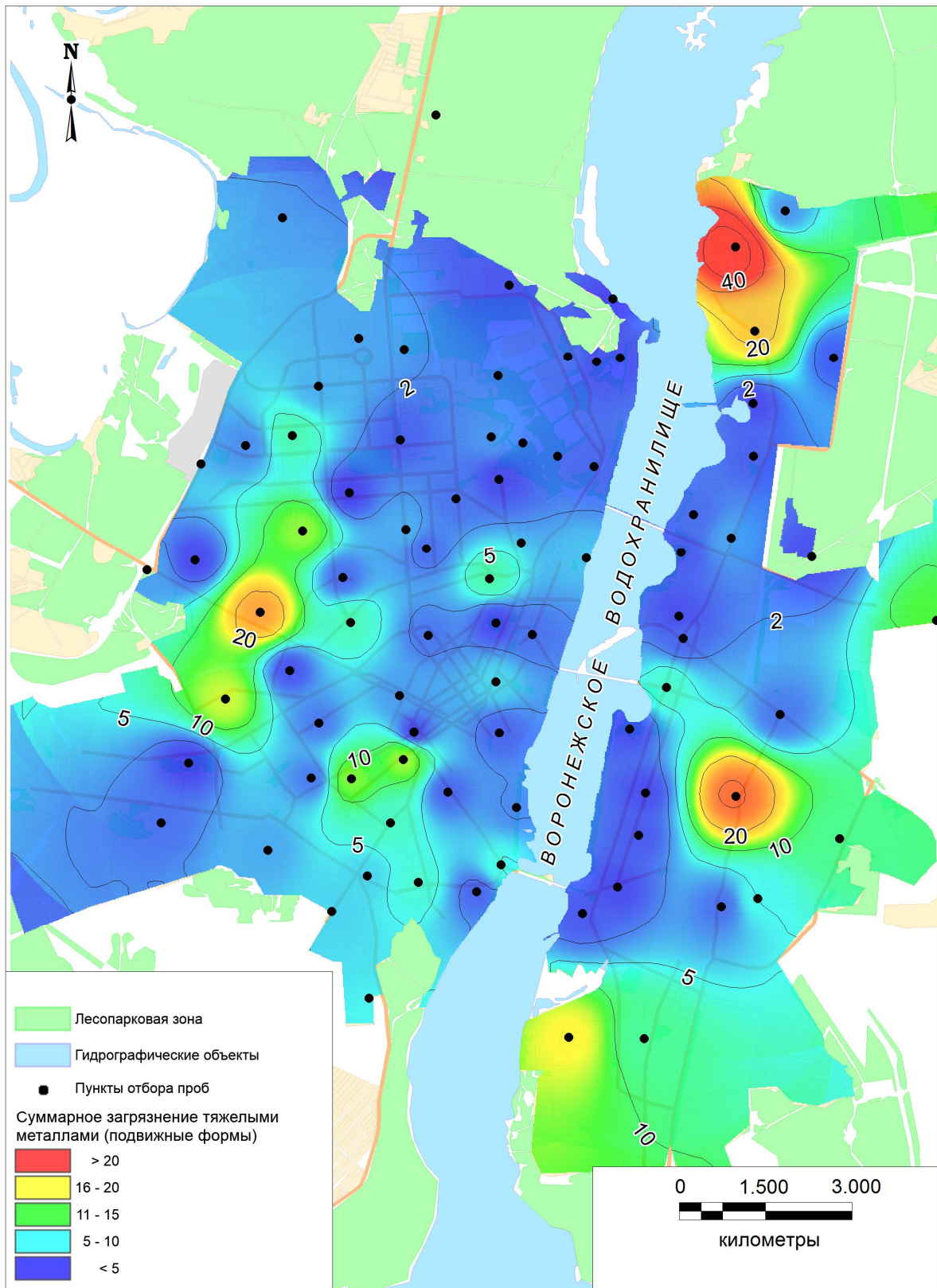


Рис. 12. Суммарное загрязнение почвы тяжелыми металлами (подвижные формы)

Наиболее низкие концентрации (менее 200 мг/кг) нефтепродуктов отмечены в зонах рекреации города: парке «Алые паруса» (166,7 мг/кг), парке «Дельфин» (170,0 мг/кг), ул. Дарвина (120,0 мг/кг) и др.

Относительно чистые зоны, концентрация нефтепродуктов в которых составляет менее 400 мг/кг, располагаются в Коминтерновском районе (ул. Генерала Лизюкова, 73а (136,7 мг/кг), ул. Шишкова, 53 (200,0 мг/кг) и др.), некоторых участках Центрального (ул. Ломоносова, 1 (13,3 мг/кг) и др.) и Левобережного районов (ул. Черепанова, 18 (206,7 мг/кг), ул. Героев Стратосферы, 8 (223,3 мг/кг) и др.), где отсутствует интенсивное движение автотранспорта.

Наиболее высокие концентрации нефтепродуктов также отмечаются в транспортных зонах города: ул. 20-летия Октября, 94 (560,0 мг/кг), ул. Матросова, 6 (329,33 мг/кг).

В районах, перспективных под застройку, содержание нефтепродуктов составило от 13,33 мг/кг до 360,0 мг/кг. Высокий уровень загрязнения в транспортной зоне (до 2194 мг/кг) обусловлен малоэффективной дорожно-транспортной сетью города (отсутствием дублирующих автомобильных дорог, транспортных развязок), прогрессирующим нарастанием количества автотранспортных средств, и, как следствие, – увеличением количества заторов и «пробок» на дороге. Средний уровень содержания нефтепродуктов по городу составляет около 300 мг/кг.

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

Таким образом, почвенный покров города Воронежа подвергается высокому техногенному загрязнению тяжёлыми металлами и нефтепродуктами. В отдельных пунктах мониторинга загрязнение переходит в разряд среднего (умеренно опасного) и опасного. Загрязнение почвенного покрова города – полиметалльное. Очень высокий уровень (до 2194 мг/кг) загрязнения нефтепродуктами наблюдается в большинстве зон воздействия промышленных объектов и крупных автотранспортных магистралей, а также в зоне современной многоэтажной застройки.

Состояние городской биоты

Среди подходов к оценке экологического состояния городской среды одним из наиболее доступных и перспективных направлений является биоиндикация загрязнений, основанная на

изучении различных биологических, физиологических, анатомических и других отклонений в развитии организмов, возникающих под действием внешних факторов. Одним из самых простых и доступных способов подобной оценки является определение величины флуктуирующей асимметрии билатеральных морфологических признаков.

В качестве видов-биоиндикаторов экологического состояния территории г.Воронежа нами выбраны наиболее массовые виды древесных растений в г.Воронеже: берёза повислая (*Betula pendula* Roth.) и тополь пирамидальный (*Populus pyramidalis* Borkh.). Отбор материала и расчет показателей стабильности развития видов производился нами в соответствии с «Методическими рекомендациями по выполнению оценки качества среды по состоянию живых существ» [3].

Величина флуктуирующей асимметрии для древесных растений выражается в виде интегрального показателя стабильности развития, рассчитываемого на основе асимметрии правой и левой половинок листовой пластинки растения. Для оценки качества окружающей среды по величине этого показателя обычно используется пятибалльная шкала [5] (табл. 3).

Таблица 3

Шкала оценки отклонений состояния организма от условной нормы [5]

Балл	Качество среды	Величина показателя стабильности развития	
		<i>Betula pendula</i>	<i>Populus pyramidalis</i>
I	Условная норма	< 0,040	< 0,055
II	Растения испытывают слабое влияние неблагоприятных факторов	0,040 - 0,044	0,055 - 0,059
III	Загрязненные районы	0,045 - 0,049	0,060 - 0,064
IV	Сильно загрязненные районы	0,050 - 0,054	0,065 - 0,069
V	Крайне неблагоприятные условия, растения находятся в сильно угнетенном состоянии	> 0,054	> 0,069

На рассматриваемой территории г.Воронежа сбор листьев осуществлялся в 26 пунктах наблюдений, равномерно распределенных по территории города и расположенных в 6 функционально-планировочных зонах с разной степенью техногенного воздей-

ствия. Кроме того, произведена выборка в двух «фоновых» точках, находящихся за пределами городской застройки.

Каждая выборка включала в себя 25 листьев (по 2-3 листа с 10 растений) с каждого вида-индикатора (итого 50 листьев). Все листья, собранные для одной выборки, складывались в полиэтиленовый пакет. Выборка осуществлялась с деревьев приблизительно одного возраста, из нижней части кроны с максимального количества доступных веток равномерно вокруг дерева. С одного дерева собирались сходные по размеру листья. За один день производилась выборка не более чем в 2-3 точках, что позволяло произвести промеры непосредственно после сбора (не позднее двух дней после сбора).

По каждой листовой пластинке определяли пять параметров (отдельно по правой и левой половинкам листа): 1 – ширина половинки листа; 2 – длина второй жилки 2-го порядка от основания листа; 3 – расстояние между основаниями первой и второй жилок; 4 – расстояние между концами этих жилок; 5 – угол между главной и второй от основания жилкой 2-го порядка. Далее для экологической оценки состояния вида путем осреднения расчетных частных параметров проводился расчет интегрального показателя стабильности развития и присвоение того или иного балла в соответствии с таблицей.

На основании полученных данных при помощи геоинформационно-аналитического комплекса, созданного в программной среде ГИС MapInfo Professional, была составлена карта стабильности развития видов, дающая наглядное представление о биоиндикационных проявлениях загрязнения городской среды Воронежа (рис. 13).

В целом картины очень схожи (коэффициент корреляция показателей стабильности развития березы повислой и тополя пирамидального составляет +0,96).

Различие показателей стабильности видов достоверно (расчетный критерий Стьюдента составил: $t = 4,59 / t_{\text{критический}} = 2,01$). Вариация значений невелика (коэффициент вариации составил: для березы $V = 21,9 \%$, для тополя $V = 25,4 \%$, что свидетельствует об однородности и репрезентативности отбора проб листьев).

Информация по факторам загрязнения получена на основании анализа карт загрязнения городской среды.

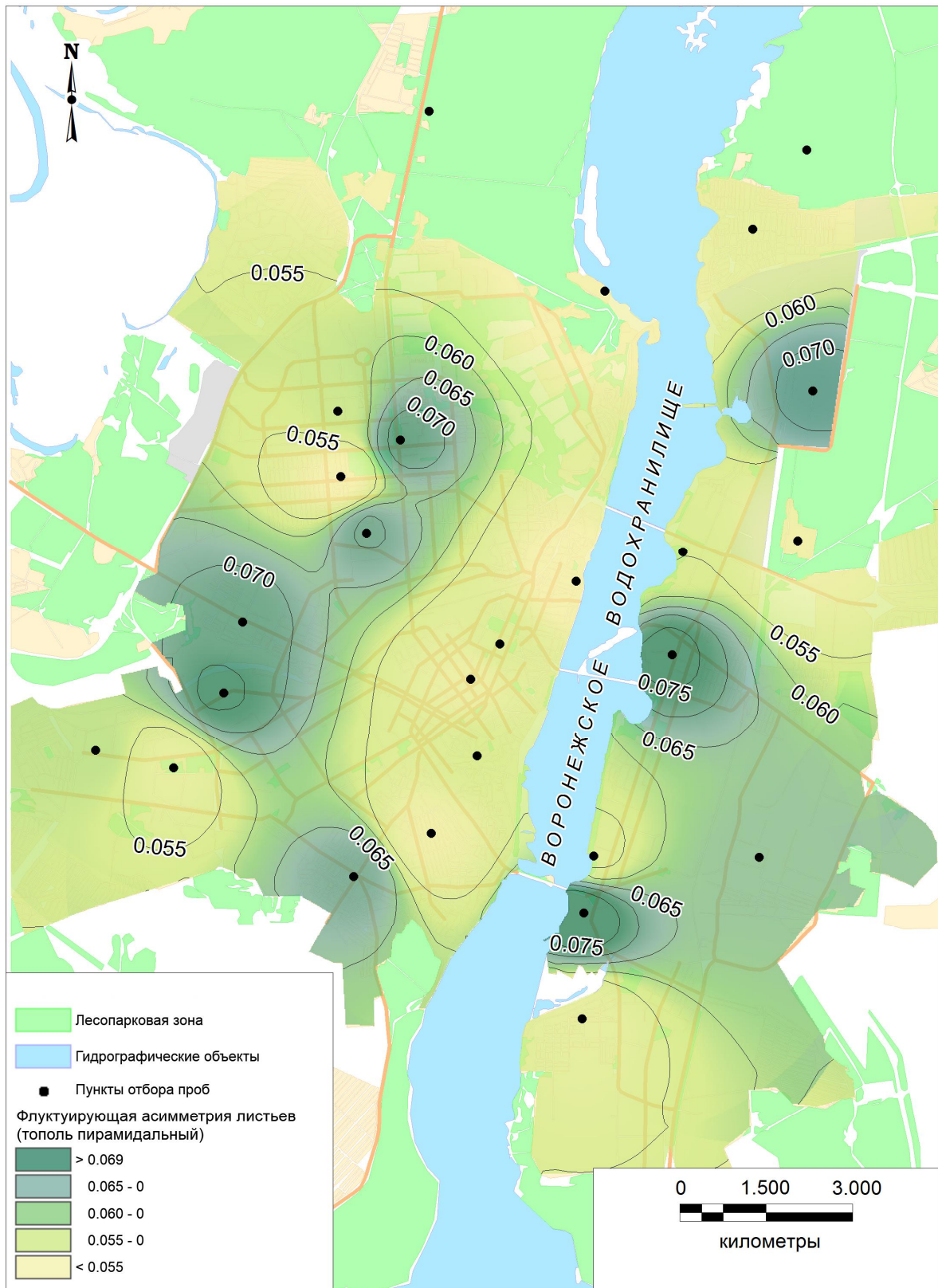


Рис. 13. Состояние городской биоты: флуктуирующая асимметрия листьев тополя пирамидального (*Populus pyramidalis* Borkh.)

Очевидна, во-первых, однотипность реакций древесных растений, хотя несколько выше информативность параметров березы повислой.

По абсолютному большинству анализируемых факторов техногенного воздействия отмечена положительная корреляция: с ростом уровня воздействия или загрязнения окружающей среды возрастает частота отклонений морфологических параметров листовых пластинок от условной нормы. Наиболее сильное воздействие (сильная достоверная корреляция) оказывают параметры промышленной (эмиссионной) нагрузки выбросов ЗВ от стационарных источников, в том числе выбросы самых массовых ЗВ 4 класса опасности и канцерогенов. В то же время показатели автотранспортной нагрузки малоинформативны, корреляционная связь прослеживается в форме слабой, недостоверной, хотя и положительной тенденции. Однако, связь с азотистыми соединениями возрастает до достоверной при анализе влияния концентраций загрязняющих веществ как в атмосфере, так и в снеге. Видимо, неблагоприятное воздействие испытывают только древесные растения, непосредственно произрастающие в зоне влияния автодорог, где концентрации окислов азота максимальны, а при анализе средних площадных показателей автотранспорт как фактор риска снижает информативность. Неблагоприятный эффект, по видимому, оказывает повышенная запыленность, присутствие взвешенных веществ ($r = \text{около } +0,42 \div +0,57$). Наблюдается вполне достоверная реакция и на суммарное загрязнение атмосферы и почвы, хотя она не столь существенна по корреляционным взаимосвязям вследствие, видимо, многофакторности воздействия на древесные растения условий среды обитания.

Зоны, в которых выявлены неблагоприятные условия, что соответствует IV-V баллам, отмечаются вблизи промышленных предприятий и крупных транспортных магистралей. Сопоставление представленных карт с сетью автомобильных дорог и схемой расположения крупных промышленных предприятий на территории г.Воронежа позволяет выявить основные источники неблагоприятного антропогенного воздействия на окружающую среду. В левобережной части города к ним следует отнести крупнейшую транспортную артерию – Ленинский проспект, протянувшуюся в меридиональном направлении (в особенности участок кругового движения на пересечении с улицей Остужева), а также такие предприятия как ОАО «Воронежсинтезкаучук», ТЭЦ-1 ОАО «Квадра» и ОАО ХК «Мебель Черноземья». В правобережной части наиболее неблагоприятная ситуация отмечается на ул. Мат-

росова (участок кругового движения на пересечении с ул. Краснознаменная), 9-е Января, Московском проспекте (на всем протяжении автодорог, с выделением отдельных экстремальных значений вблизи крупных перекрестков). Среди стационарных источников загрязнения следует выделить ОАО «Электросигнал», ОАО «Завод по выпуску тяжелых механических прессов», ЗАО «Воронежский промышленный железнодорожный транспорт».

Наиболее благополучные показатели качества среды (I - II балла) отмечаются в зоне рекреации (левобережные районы – вблизи больницы «Электроника» и парк «Орленок»; правобережные районы – вблизи санатория им. М. Горького и парк «Танаис») и в жилой зоне (в частности, в пределах подзоны одноэтажной жилой застройки). Большой же части территории города соответствует средний уровень отклонений от условной нормы (III балла), характеризующий умеренную степень техногенного загрязнения городской среды. К таким микрорайонам относятся и кварталы с современной многоэтажной застройкой.

Проводя сравнение предоставленной Воронежским ЦГМС информации с рассчитанными данными по оценке качества окружающей среды, нам удалось выявить взаимосвязь между загрязнением атмосферного воздуха и показателями стабильности развития видов. Максимальная концентрация в воздушной среде всех наблюдаемых поллютантов отмечается в районе поста № 7 (ул. Лебедева, 2), расположенного на границе промышленной и жилой зон вблизи ОАО «Воронежсинтезкаучук».

Здесь же находится точка № 2 отбора листьев березы повислой и тополя пирамидального, в которой были отмечены наибольшие показатели флуктуирующей асимметрии по обоим видам-биоиндикаторам. В районах остальных четырех постов концентрации загрязнителей примерно равны. Этот факт позволяет предположить, что посты расположены в сходных по качеству среды районах. Данное предположение полностью подтверждается при сопоставлении схемы расположения постов с картой стабильности развития видов: 3 из 4 постов расположены в зоне среднего уровня отклонений от условной нормы (III балла), а один пост - на границе этой зоны с зоной слабого влияния неблагоприятных факторов (II балла).

В целом величина интегрального показателя стабильности развития видов древесных растений достоверно выше в левобе-

режной части города, что объясняется, с одной стороны, концентрацией здесь многих объектов промышленно-производственного комплекса, а, с другой стороны, - особенностями низменного рельефа местности (левобережной надпойменной террасы), не способствующими самоочищению атмосферы. В условиях преобладающего западного ветропереноса левобережье становится «приемником» отходящих выбросов возвышенного правобережья территории города, что ранее отмечено в литературе [4] и согласуется с результатами наших исследований.

Таким образом, применение методов биоиндикации состояния городской среды по показателю флуктуирующей асимметрии показало, что в городе Воронеж наибольший антропогенный прессинг испытывают микрорайоны, расположенные в промышленной и транспортной функциональных зонах. Наиболее благоприятными для комфортного жизнеобеспечения можно считать зоны рекреации и «частного жилого сектора».

Интегральная медико-экологическая оценка

Интегральная медико-экологическая оценка территории города Воронежа осуществлена на основе обобщения закономерностей статистических связей в системе «окружающая среда – здоровье населения» с применением современных эколого-геохимических, вероятностно-статистических и геоинформационных методов исследования. Особенностью использованной нами методологии, поэтапно апробированной в условиях города Воронежа, является то, что для оценки риска здоровью населения используются различные индикаторные показатели состояния отдельных депонирующих сред и живых организмов [2].

Основой медико-экологической диагностики состояния городской среды является информация, получаемая в ходе непрерывных, систематических наблюдений государственных практических служб, прежде всего, гидрометеослужбы и санитарно-эпидемиологической службы, с дополнением результатами научных исследований на базе аттестованных лабораторий. Она включает в себя массивы данных об источниках техногенного загрязнения (стационарных и передвижных), уровне загрязнения основных депонирующих (вода, почва) и транзитных (атмосфера, снежный покров) сред, отражающих состояние среды обитания. Причем, одним из эффективных методов синтеза разнородных про-

странственных данных является картографический в сочетании с автоматизацией всех этапов работы с информацией, т.е. геоинформационный подход, реализованный нами с применением ГИС в среде MapInfo (рис. 14).

Алгоритмы оценки экологического риска базируются на современных подходах к оценке канцерогенного, неканцерогенного рисков в соответствии с «Руководством по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» (2004) и методах вероятностно-статистического анализа. В качестве индикаторной группы выбрано детское население.

В соответствии с методологией оценки риска здоровью для расчета уровней рисков применяются справочные величины, установленные экспериментальным путем (SF – фактор канцерогенного потенциала $\text{мг}/(\text{кг}\cdot\text{сутки})^{-1}$; RfD – референтная доза – суточное воздействие химического вещества в течение всей жизни, которое не приводит к возникновению неприемлемого риска для здоровья; RfC – референтная концентрация).

Канцерогенный риск (CR) в течение жизни определяется по формуле (5):

$$CR = ADD * SF \quad (5)$$

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

Неканцерогенный риск (для воздушной среды) количественно оценивается на основе расчета коэффициента опасности (HQ) по формуле (6):

$$HQ = C_i / RfC \quad (6)$$

где C_i - средняя концентрация ($\text{мг}/\text{м}^3$); RfC - референтная (безопасная) концентрация, ($\text{мг}/\text{м}^3$).

С учетом однонаправленности воздействия веществ рассчитывается индекс суммарного эффекта, т.е. опасности присутствия множества загрязняющих веществ (CI или HI), в зависимости от характера суммируемых рисков по формулам (7) и (8):

$$CI = CR_1 + CR_2 + \dots + CR_n \quad (7)$$

$$HI = HQ_1 + HQ_2 + \dots + HQ_n \quad (8)$$

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

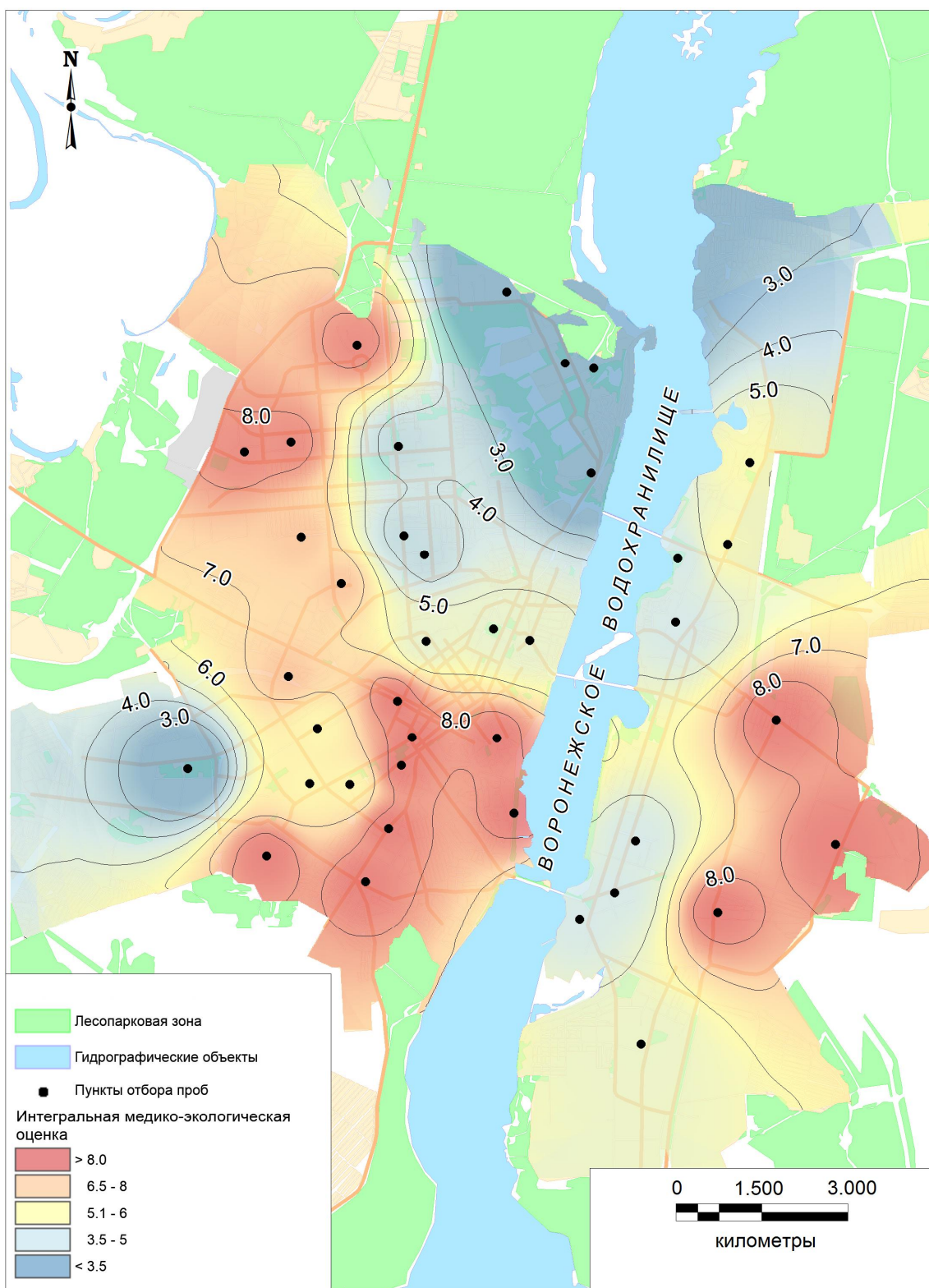


Рис. 14. Интегральная медико-экологическая оценка состояния городской среды

Оценка неканцерогенного риска проводится суммарно, а также по отдельным критическим (наиболее восприимчивым) органам и системам. При оценке индивидуального риска для здоровья населения ориентируются на систему критериев приемлемо-

сти (безопасности). Они различны для показателей канцерогенного и неканцерогенного рисков. Так, канцерогенный риск (**CR**), равный или меньший $1 * 10^{-6}$, соответствует 1 дополнительному случаю онкологического заболевания или смерти на 1 млн. экспонированных лиц и характеризуется как риск допустимый, не вызывающий беспокойства.

Риск более $1 * 10^{-6}$, но менее $1 * 10^{-4}$, соответствует предельно допустимому риску, вызывающему беспокойство. Риск более $1 * 10^{-4}$, но менее $1 * 10^{-3}$, приемлем для профессиональных групп и неприемлем для населения в целом (опасный риск, требующий принятия экстренных мер).

Неканцерогенный риск (**HQ**) количественно оценивается на основе расчета коэффициента опасности: если величина риска $HQ < 0,8$, то риск считается допустимым ($< 0,5 =$ целевой риск), не вызывающим беспокойства. Если величина риска HQ достигает от $0,8$ до $1,0$ – риск предельно допустимый, вызывающий беспокойство. Если $HQ > 1$ – опасный риск.

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 меди-

ко-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 водохранилищу, 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» [1 - 4].

В число приоритетных факторов риска здоровью населения вошли коэффициент эмиссионной нагрузки выбросов канцерогенных веществ от стационарных источников, но особенно – индексы автотранспортной загруженности, прежде всего, легковыми автомобилями, а также грузовыми транспортными средствами и автобусами. В таких районах у детей, как правило, выше частота появления болезней крови (анемий), нервной системы и органов чувств, повышен травматизм.

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

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

экологическую обстановку как важнейший аспект геоэкологического мониторинга крупного промышленного центра (рис. 14).

Обобщение материалов исследования позволило разработать схему экологического мониторинга с применением геоинформационных технологий как необходимый составной блок городской экологической политики, ориентированной на снижение уровней экологического риска и повышение экологической безопасности городской среды обитания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Клепиков О.В. Региональный опыт и проблемные вопросы использования географических информационных систем в социально-гигиеническом мониторинге / О.В. Клепиков, С.А. Куролап, Е.М. Студеникина, В.В. Жукова // Санитарный врач. – 2019. – №6. – С.68-75.

2. 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.

3. Куролап С.А. Интегральная оценка и картографирование экологического состояния городской среды: подходы и опыт реализации на примере города Воронежа / С.А. Куролап, О.В. Клепиков, П.М. Виноградов // Экологическая оценка состояния городской среды. – Воронеж, 2016. – С. 5-24.

4. Куролап С.А. Экологическая диагностика и мониторинг состояния городской среды с применением геоинформационных технологий / С.А. Куролап, П.М. Виноградов, О.В. Клепиков // Экологическая ситуация и риски для здоровья населения города Воронежа. – Воронеж, 2018. – С. 6-18.

5. Медико-экологический атлас города Воронежа / С.А. Куролап, О.В. Клепиков, П.М. Виноградов и др. / Русское географическое общество, Воронежский государственный университет, Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области. – Воронеж, 2019. – Электронный ресурс : <http://www.geogr.vsu.ru/atlas.htm>.

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В ОЦЕНКЕ УРОВНЯ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ ГОРОДСКОГО НАСЕЛЕНИЯ МАССОВЫМИ НЕИНФЕКЦИОННЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ

*Е.М. Студеникина, Н.П. Мамчик,
О.В. Клепиков, П.М. Виноградов*

На основе данных мониторинга Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека формирует федеральный информационный фонд данных социально-гигиенического мониторинга (ФИФ СГМ). Для ФИФ СГМ разработан унифицированный перечень показателей состояния здоровья населения и соответствующие электронные шаблоны сбора данных, которые закреплены в Приказе Роспотребнадзора от 30.12.2005 №810 «О Перечне показателей и данных для формирования Федерального информационного фонда социально-гигиенического мониторинга».

Вместе с тем в ФИФ СГМ формируется информация в целом по субъекту Российской Федерации, тогда как для администраций городов важна более детальная информация с целью обоснования адресных приоритетных управленческих решений по улучшению состояния окружающей среды и профилактике заболеваемости населения, в том числе получаемая на основе проведения гигиенических исследований с учетом региональных особенностей ситуации.

В этой связи нами реализован подход формирования и анализа баз данных регионального информационного фонда социально-гигиенического мониторинга (РИФ СГМ).

Статистические данные по обращаемости населения за медицинской помощью являются одним из значимых показателей, характеризующих уровень заболеваемости населения. Вместе с тем статистическая информация о состоянии здоровья населения, как правило, анализируется на уровне города или даже Воронежской области, что не может отражать существующие отличия на отдельных территориях, различающихся по уровню загрязнения окружающей среды. В этой связи для выявления территорий риска по уровню заболеваемости населения необходима более детализированная информация.

Целью исследования являлось выявление внутригородских территорий риска на основе оценки среднемноголетнего уровня и

динамики заболеваемости населения за 2014-2018 гг. с применением инструментов географических информационных систем.

Материалы и методы исследования. При оценке уровня заболеваемости населения использованы данные официальной статистики и отчетных форм ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области», отражающих состояние здоровья населения города Воронежа, в частности, формы №12 «Сведения о числе заболеваний, зарегистрированных у больных, проживающих в районе обслуживания медицинской организации». Заболеваемость населения оценивалась в разрезе 2-х возрастных групп: дети до 14 лет, взрослое население от 18 лет и старше.

Результаты исследования. По последним данным Территориального органа Федеральной службы государственной статистики (на 1.01.2019 г.) в городском округе город Воронеж проживает 1054537 человек. Большинство населения города получает догоспитальную медицинскую помощь в государственной сети медицинских организаций, где ведется статистический учет числа случаев заболеваний.

Анализируя организацию поликлинической сети городского округа город Воронеж, территориально, из наиболее крупных внутригородских медицинских организаций можно выделить 11 зон обслуживания детских поликлиник и 16 зон обслуживания взрослых поликлиник. Как известно, большинство населения как детского, так и взрослого, обслуживаются в медицинских организациях по территориальному принципу.

В этой связи, анализ уровня заболеваемости детей в возрасте до 14 лет проведен по территориям обслуживания 11 детских поликлиник, обслуживающих около 157 тыс. детей, что составляет 79% детей, проживающих на территории городского округа город Воронеж: БУЗ ВО ВГП №3 детская поликлиника №1; БУЗ ВО ВГКП №1 детская поликлиника №2; БУЗ ВО ВГП №10 детская поликлиника №3; БУЗ ВО ВГКП №7 детская поликлиника №4; БУЗ ВО ВГКБ №11 детская поликлиника №5; БУЗ ВО ВГП №18 детская поликлиника №6; БУЗ ВО ВГБ №16 детская поликлиника №7; БУЗ ВО ВГП №3 детская поликлиника №8; БУЗ ВО ВГКБ №5 детская поликлиника №9; БУЗ ВО ВГКП №7 детская поликлиника №10; БУЗ ВО ВГКП №11 детская поликлиника №11.

Анализ заболеваемости взрослого населения проведен в разрезе 16 городских поликлиник, обслуживающих 638 тыс. взрослого населения (от 18 лет и старше), 72% взрослого населения, проживающе-

го на территории городского округа город Воронеж: БУЗ ВО ВГКП №1 поликлиника №1; БУЗ ВО ВГКП №1 поликлиника №2; БУЗ ВО ВГП №3 поликлиника №3; БУЗ ВО ВГКП №11 поликлиника №4; БУЗ ВО ВГБ №5 поликлиника №5; БУЗ ВО ВГКП №7 поликлиника №7; БУЗ ВО ВГП №10 поликлиника №8; БУЗ ВО ВГКБ №11 поликлиника №9; БУЗ ВО ВГП №10 поликлиника №10; БУЗ ВО ВГП №3 поликлиника №11; БУЗ ВО ВГКБ №11 поликлиника №12; БУЗ ВО ВГБ №16 поликлиника №14; БУЗ ВО ВГБ №16 поликлиника №16; БУЗ ВГКП №1 поликлиника №17; БУЗ ВО ВГП №19 поликлиника №18; БУЗ ВО ВГП №18 поликлиника №19.

Высокая доля населения (75,8% от общей численности по городскому округу город Воронеж), прикрепленного к той или иной поликлинике по территориальному принципу, делает возможным реализацию дифференцированного подхода оценки уровня заболеваемости по отдельным внутригородским зонам.

Анализ данных показывает, что в структуре заболеваемости детей возрастной категории до 14 лет, ведущими являются болезни органов дыхания (63,5%), уха и сосцевидного отростка (5,7%), глаза и его придаточного аппарата (4,9%) (табл. 1).

В структуре заболеваемости взрослых 18 лет и старше преобладают болезни органов дыхания (34%), второе ранговое место занимают травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействий внешних причин (13,7%), третье - болезни мочеполовой системы (11,7%) (табл. 2).

Показатели заболеваемости, в отличие от большинства техногенных факторов окружающей среды, являются ненормируемой величиной. В этой связи, для их ранжирования необходимо подобрать алгоритм. Одним из хорошо себя зарекомендовавших алгоритмов, является ранжирование показателей заболеваемости на основе определения среднего многолетнего уровня (СМУ), среднего квадратического отклонения от него (σ) и определение на этой основе границ уровней заболеваемости, характерных для оцениваемой территории (высокий, выше среднего, средний, ниже среднего и низкий).

Ввиду отсутствия такого встроенного инструмента в ГИС, ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области» совместно с Воронежским государственным медицинским университетом им. Н.Н. Бурденко была разработана специальная компьютерная программа для отдела социально-гигиенического мониторинга [7].

Таблица 1

Заболеваемость детей (до 14 лет включительно) по основным классам болезней

Наименование классов и отдельных болезней	Показатель заболеваемости на 1000 детей до 14 лет		Темп прироста/снижения к 2014 г., %
	2014	2018	
Заболеваний - всего	1561,71	1523,24	-2,5
инфекционные и паразитарные болезни	66,65	77,37	16,1
новообразования	3,16	3,42	8,2
болезни крови, кроветворных органов и отдельные нарушения, вовлекшие иммунный механизм	9,70	8,60	-11,3
болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ	7,12	9,52	33,7
психические расстройства и расстройства поведения	1,50	1,50	0,0
болезни нервной системы	41,36	47,82	15,6
болезни глаза и его придаточного аппарата	67,05	82,78	23,5
болезни уха и сосцевидного отростка	94,55	81,11	-14,2
болезни системы кровообращения	6,85	9,55	39,4
болезни органов дыхания	1002,71	956,13	-4,6
болезни органов пищеварения	41,93	45,02	7,4
болезни кожи и подкожной клетчатки	45,21	38,89	-14,0
болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани	27,76	28,05	1,0
болезни мочеполовой системы	39,98	37,82	-5,4
отдельные состояния, возникающие в перинатальном периоде	1,59	8,08	408,2
врожденные аномалии (пороки развития), деформации и хромосомные нарушения	6,93	6,68	-3,6
симптомы, признаки и отклонения от нормы, выявленные при клинических и лабораторных исследованиях, не классифицированные в др. рубриках	23,85	12,49	-47,6
травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин	73,79	68,40	-7,3

Таблица 2

Заболеваемость взрослого населения (18 лет и старше) по основным классам болезней

Наименование классов и отдельных болезней	Показатель заболеваемости на 1000 взрослого населения		Темп прироста/снижения к 2014 г., %
	2014	2018	
Заболеваний - всего	416,13	422,12	1,4
в т.ч. инфекционные и паразитарные болезни	15,95	11,69	-26,7
новообразования	10,43	10,47	0,4
болезни крови, кроветворных органов и отдельные нарушения, вовлекшие иммунный механизм	1,30	1,33	2,3
болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ	5,65	6,65	17,7
психические расстройства и расстройства поведения	1,69	0,78	-53,8
болезни нервной системы	6,75	6,34	-6,1
болезни глаза и его придаточного аппарата	19,06	19,21	0,8
болезни уха и сосцевидного отростка	15,55	16,19	4,1
болезни системы кровообращения	30,44	39,44	29,6
болезни органов дыхания	135,07	138,22	2,3
болезни органов пищеварения	11,21	12,25	9,3
болезни кожи и подкожной клетчатки	23,57	18,79	-20,3
болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани	12,80	14,67	14,6
болезни мочеполовой системы	50,88	50,72	-0,3
нарушения беременности, родов и в послеродовый период	16,68	19,18	15,0
врожденные аномалии (пороки развития), деформации и хромосомные нарушения	0,21	0,06	-71,4
симптомы, признаки и отклонения от нормы, выявленные при клинических и лабораторных исследованиях, не классифицированные в других рубриках	1,70	1,23	-27,6
травмы, отравления и некоторые другие последствия воздействия внешних причин	57,20	58,04	1,5

Подробно апробированный алгоритм рассмотрен на примере ранжирования показателей общей заболеваемости детей, т.к. дети более привязаны к территории проживания, у них отсутствуют вредные привычки, влияющие на состояние здоровья, которые

присуще взрослому населению (курение, алкоголь). Кроме того, общая заболеваемость детей является интегральной характеристикой в оценке санитарно-эпидемиологического благополучия населения и отражает в себе не только техногенные факторы окружающей среду, но и всю совокупность причин заболеваний.

При расчете СМУ общей заболеваемости детей установлено, что он значительно варьирует по отдельным внутригородским территориям – от 928,05±39,08 случаев заболеваний на 1000 детей до 14 лет на территории обслуживания БУЗ ВО ВГП№3 детская поликлиника №1 до 1861,46±106,53 случаев заболеваний на 1000 детей на территории обслуживания БУЗ ВО ВГП№11 детская поликлиника №11, при этом по отдельным территориям по отношению к 2014 году наблюдаются как тенденции увеличения уровня (3 территории), так и тенденции снижения (8 территорий) (табл. 3).

Таблица 3

Общая заболеваемость детей до 14 лет
(число случаев заболеваний на 1000 детей 14 лет)

Медицинская организация (поликлиника)	Годы					СМУ±m	Темп прироста к 2014г., %
	2014	2015	2016	2017	2018		
БУЗ ВО ВГП№3 детская поликлиника №1	895,19	1007,99	894,66	971,09	871,30	928,05±39,08	-2,7
БУЗ ВО ВГП№1 детская поликлиника №2	1546,04	2020,96	2029,81	2106,34	1236,91	1788,01±253,84	-20,0
БУЗ ВО ВГП№10 детская поликлиника №3	1336,33	1345,79	1375,92	1410,51	1356,81	1365,07±19,64	1,5
БУЗ ВО ВГП№7 детская поликлиника №4	1022,83	1037,71	1156,59	1184,35	929,80	1066,26±69,68	-9,1
БУЗ ВО ВГП№11 детская поликлиника №5	2064,23	1881,4	1803,08	1739	1606,30	1818,80±113,85	-22,2
БУЗ ВО ВГП№18 детская поликлиника №6	1510,17	1535,39	1576,75	1569,68	1439,29	1526,26±37,14	-4,7
БУЗ ВО ВГП№16 детская поликлиника №7	1260,73	1286,92	1212,29	1572,76	1469,09	1360,36±102,61	16,5

Медицинская организация (поликлиника)	Годы					СМУ±m	Темп прироста к 2014г., %
	2014	2015	2016	2017	2018		
БУЗ ВО ВГП№3 детская поликлиника №8	1407,92	1489,41	1641,54	1756,93	1334,99	1526,16±115,08	-5,2
БУЗ ВО ВГП№5 детская поликлиника №9	943,92	1186,54	1084,38	1200,12	908,76	1064,74±90,02	-3,7
БУЗ ВО ВГП№7 детская поликлиника №10	1029,23	1097,34	1284,4	1440,75	1062,70	1182,88±116,87	3,3
БУЗ ВО ВГП№11 детская поликлиника №11	1733,85	1775,01	1994,87	2070,15	1733,44	1861,46±106,53	0,0

С использованием компьютерной программы, реализующей проверку на однородность исходных данных с последующим ранжированием показателей, построена пятиуровневая оценочная шкала (табл. 4, рис. 1).

Таблица 4

Оценочная шкала для ранжирования показателей общей заболеваемости детей

Уровни заболеваемости *)	Диапазон показателей д (случаев на 1000 детей до 14 лет)
Низкий	менее 977,39
Ниже среднего	от 977,39 до 1147,24
Средний	от 1147,25 до 1406,95
Выше среднего	от 1406,96 до 1656,80
Высокий	более 1656,80

*) высокий ($M+\sigma$ и выше), выше среднего (от $M+0,5\sigma$ до $M+\sigma$), средний (от $M-0,5\sigma$ до $M+0,5\sigma$), ниже среднего (от $M-\sigma$ до $M-0,5\sigma$), низкий (от $M-\sigma$ и ниже)

По результатам расчета среднего многолетнего уровня (СМУ) заболеваемости за период 2014-2018 гг. и последующего ранжирования на пять уровней, были определены внутригородские территории «риска» по классам болезней, выполнено электронное картографирование (рис. 2).

К территориям риска по уровню общей заболеваемости детей отнесены зоны обслуживания БУЗ ВО ВГП№1 детская поликлиника №2, БУЗ ВО ВГП№11 детская поликлиника №5, БУЗ ВО

ВГП№11 детская поликлиника №11 с уровнем заболеваемости выше 1656,80 случаев заболеваний на 1000 детей до 14 лет. Если сопоставить данную ситуацию с результатами оценки риска для здоровья, и ведущими факторами – уровнем загрязнения атмосферного воздуха и автотранспортным шумом, то прямой связи в территориальном сопоставлении не наблюдается. Это говорит о том, что в условиях мегаполиса, данные факторы не являются ведущими в формировании общей заболеваемости детей.

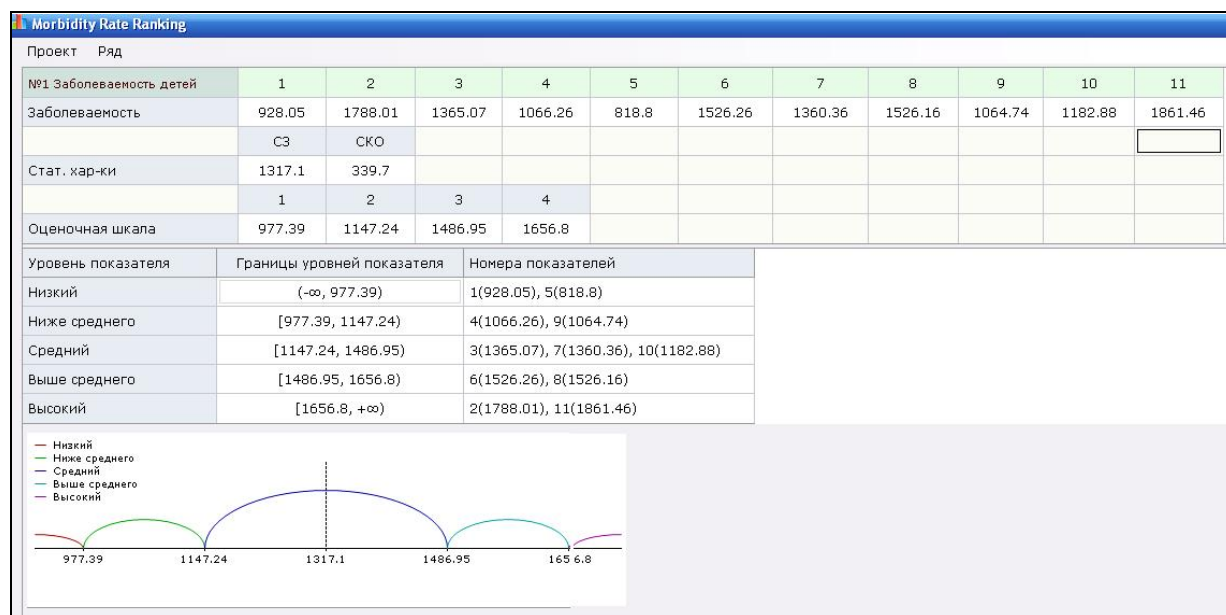


Рис. 1. Построение оценочной шкалы и ранжирование СМУ заболеваемости по внутригородским территориям (общая заболеваемость детского населения, число случаев заболеваний на 1000 детей до 14 лет)

Аналогичный подход электронного картографирования был использован для оценки уровня заболеваемости детей болезнями органов дыхания; органов пищеварения; болезнями мочеполовой системы; врожденными аномалиями развития; болезнями крови – т.е. классов болезней, которые этиологически, вероятно, связаны с воздействием техногенных факторов городской среды обитания (табл. 5, 6; рис. 3-7).

К числу территорий риска по уровню болезней органов дыхания у детского населения отнесены 3 территории из 11 - зоны обслуживания детских поликлиник №№2,5,6 со СМУ заболеваний 1153,12±64,4, 1079,95±57,7, 1025,46±44,8 случаев на 1000 детей до 14 лет соответственно (рис. 3).

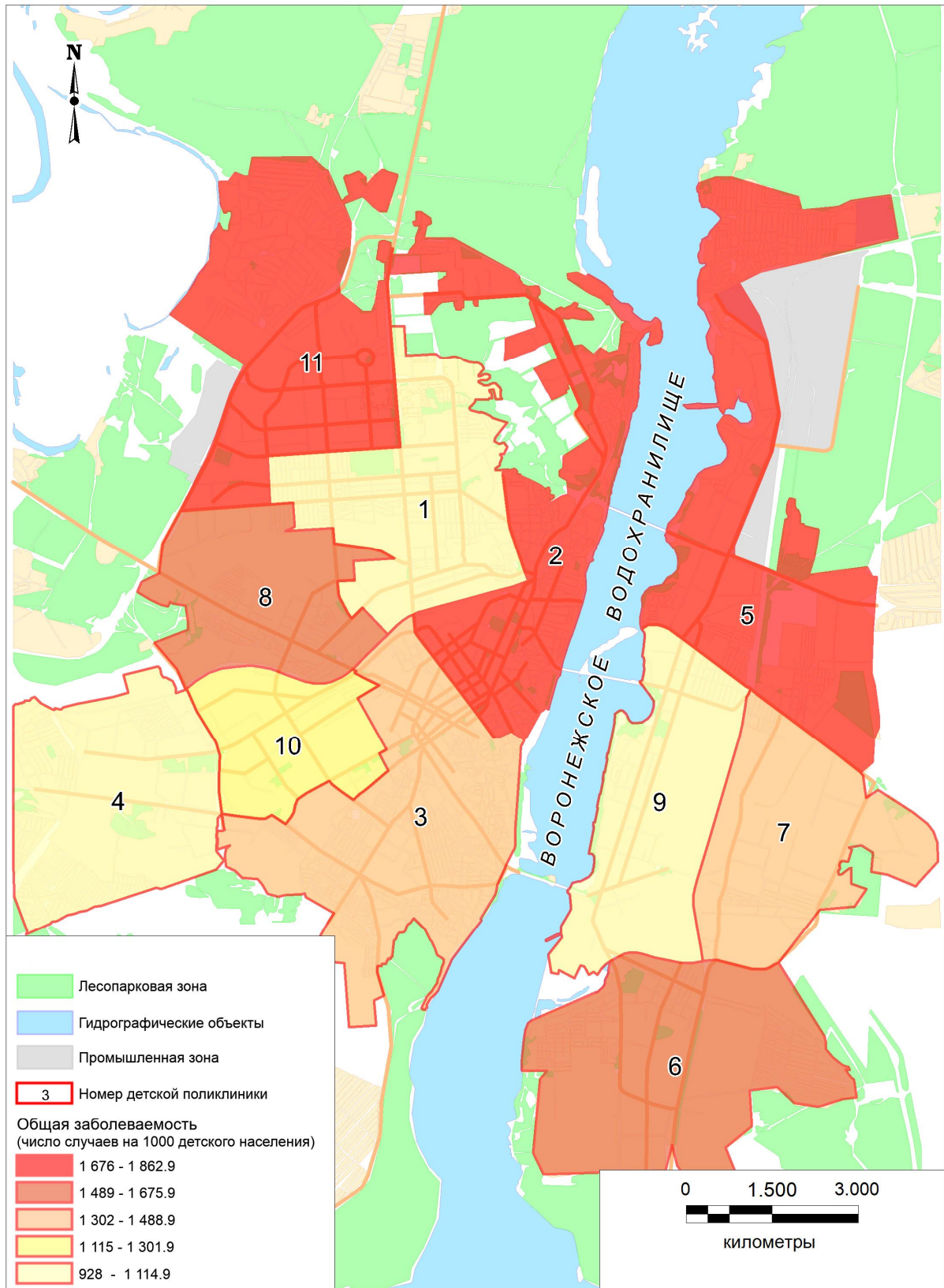


Рис. 2. Ранжирование показателей общей заболеваемости детского населения (число случаев заболеваний на 1000 населения)

Таблица 5

СМУ заболеваемости детского населения по отдельным
внутригородским территориям – зонам обслуживания
детских поликлиник
(число случаев заболеваний на 1000 детей до 14 лет)

Поликлиники детские	Общая заболеваемость	Болезни органов дыхания	Болезни органов пищеварения	Болезни мочеполовой системы	Врожденные аномалии	Болезни крови и кроветворных органов
1	928,05	461,56	26,85	26,47	15,23	1,98
2	1788,01	1153,12	75,18	33,26	20,61	9,19
3	1365,07	681,51	53,84	40,85	16,91	11,87
4	1066,26	657,04	51,67	17,76	10,71	6,53
5	1818,80	1079,95	69,88	62,26	22,89	20,80
6	1526,26	1025,46	42,40	38,86	33,33	3,73
7	1360,36	751,46	21,76	24,62	16,96	5,22
8	1526,16	947,23	27,20	25,21	14,13	3,99
9	1064,74	588,36	40,63	15,32	33,83	6,36
10	1182,88	556,54	37,74	20,22	14,17	11,00
11	1861,46	910,29	64,22	75,79	12,62	16,85

Таблица 6

Фактические интервалы показателей на отдельных территориях,
вошедших в тот или иной уровень
(число случаев заболеваний на 1000 детей до 14 лет)

Уровень заболеваемости	Общая заболеваемость	Болезни органов дыхания	Болезни органов пищеварения	Болезни мочеполовой системы	Врожденные аномалии	Болезни крови и кроветворных органов
Высокий (территории риска)	1676,0-1862,9	1016,0-1154,9	64,59-75,29	64,01-76,20	29,22-33,84	17,05-20,81
Выше среднего	1489,0-1675,9	877,0-1015,9	53,88-64,58	51,81-64,00	24,59-29,21	13,28-17,04
Средний	1302,0-1488,9	738,0-876,9	43,17-53,87	39,61-51,80	19,96-24,58	9,51-13,27
Ниже среднего	1115,0-1301,9	599,0-737,9	32,46-43,16	27,41-39,60	15,33-19,95	5,74-9,50
Низкий (благополучные территории)	928,0-1114,9	460,0-598,9	21,75-32,45	15,21-27,40	10,70-15,32	1,97-5,73

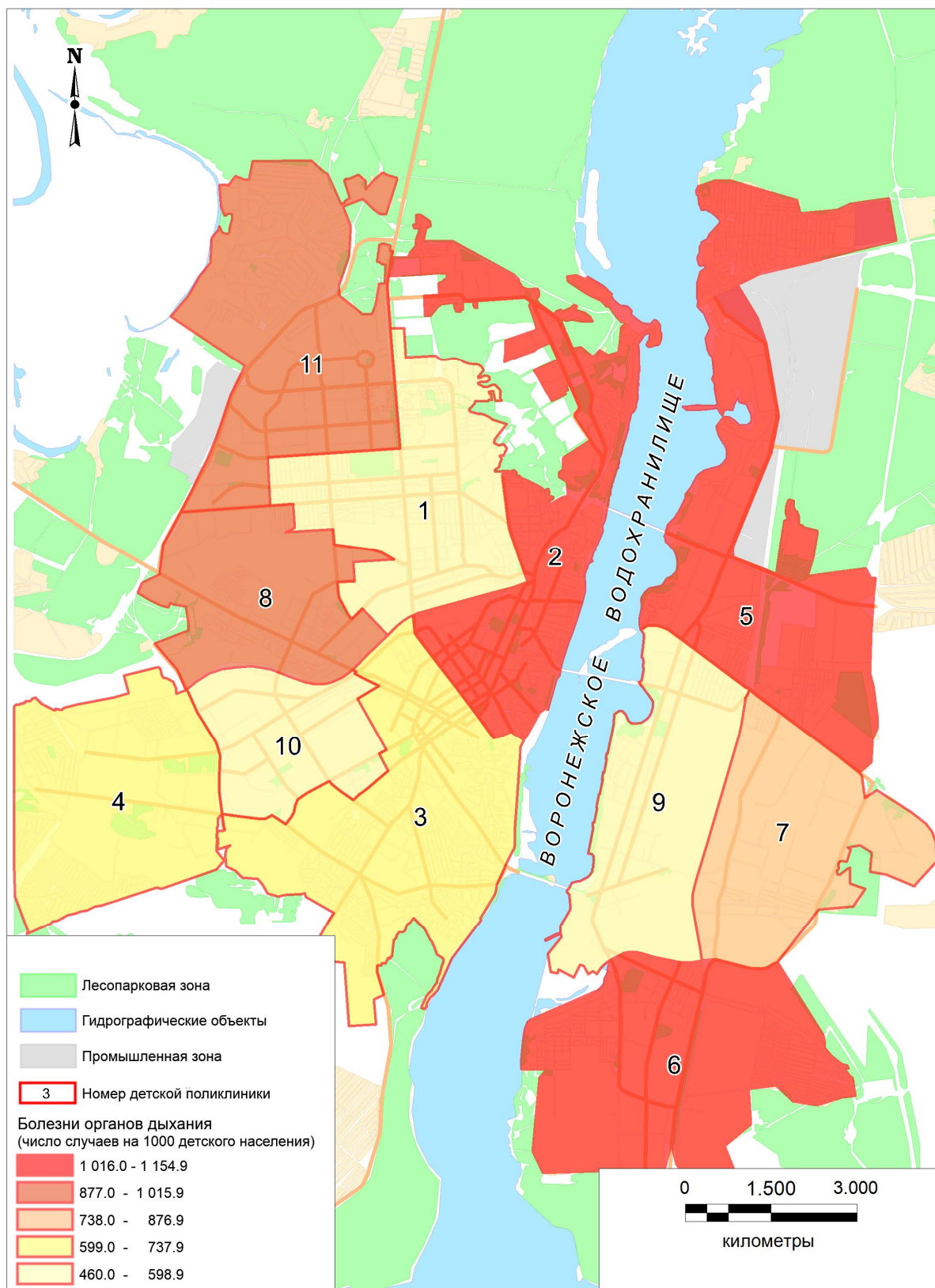


Рис. 3. Ранжирование показателей болезней органов дыхания детского населения (число случаев заболеваний на 1000 населения)

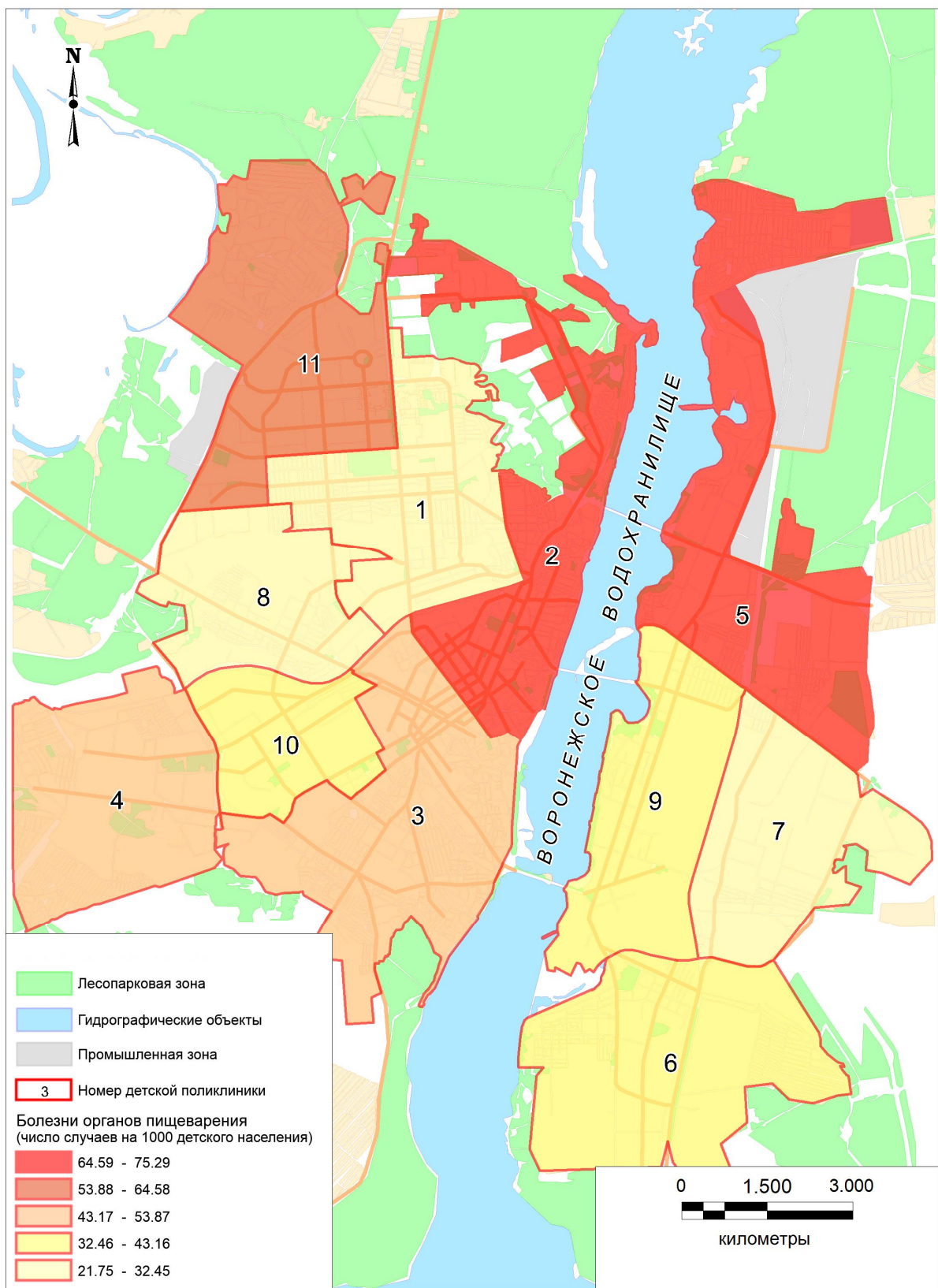
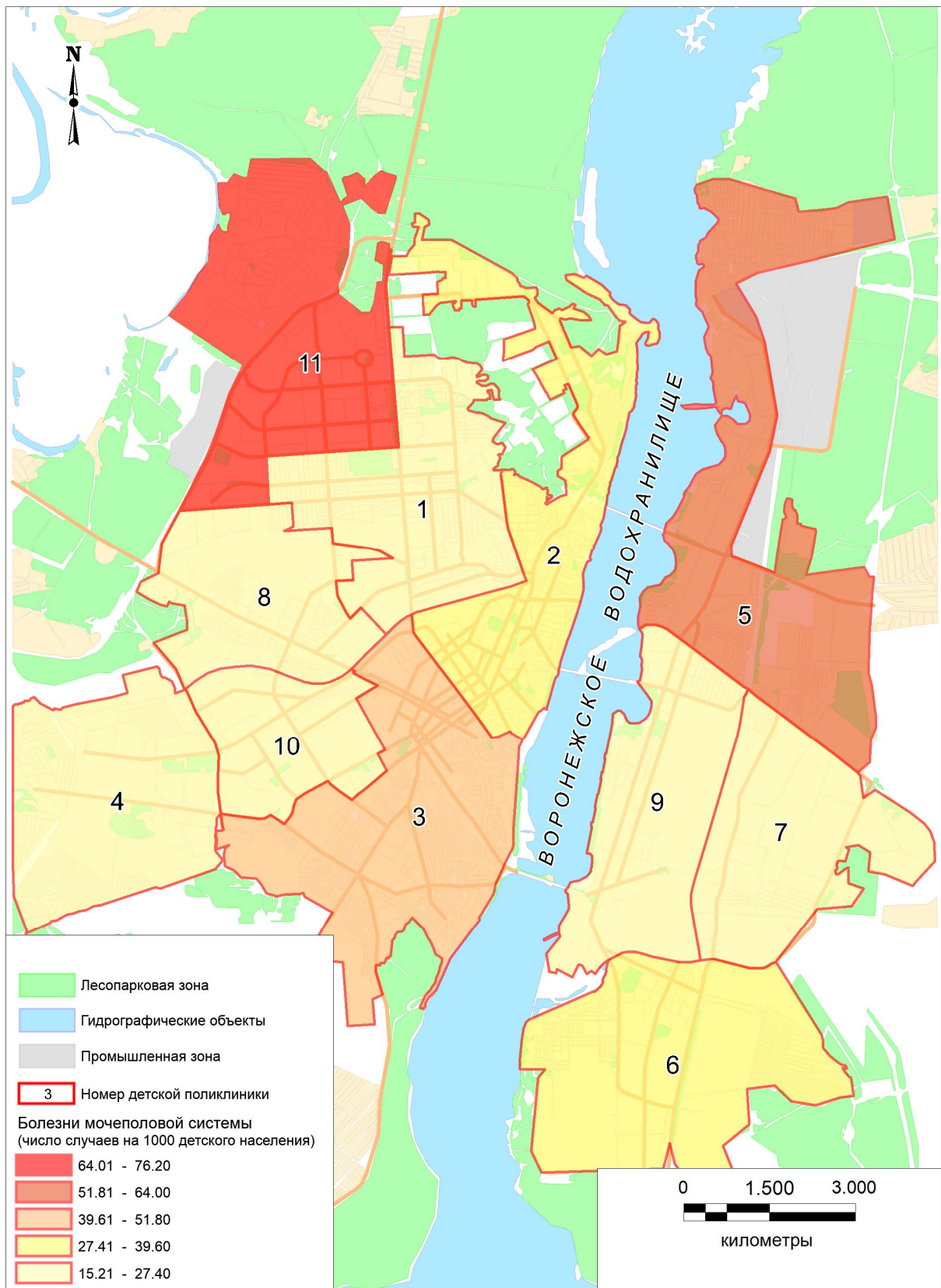


Рис. 4. Ранжирование показателей болезней органов пищеварения детского населения (число случаев заболеваний на 1000 населения)



*Рис. 5. Ранжирование показателей болезней мочеполовой системы детского населения
 (число случаев заболеваний на 1000 населения)*

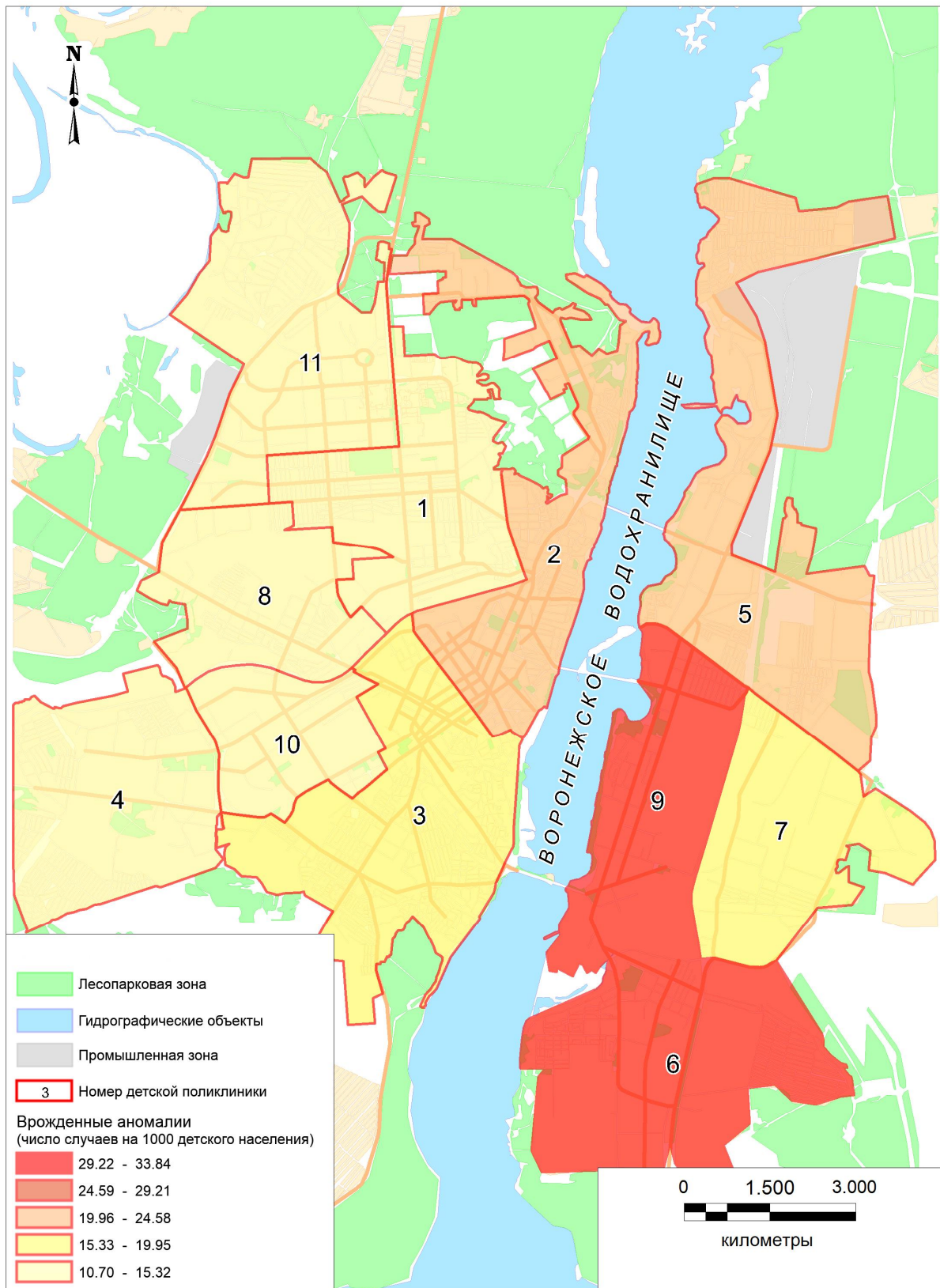


Рис. 6. Ранжирование показателей врожденных аномалий детского населения (число случаев заболеваний на 1000 населения)

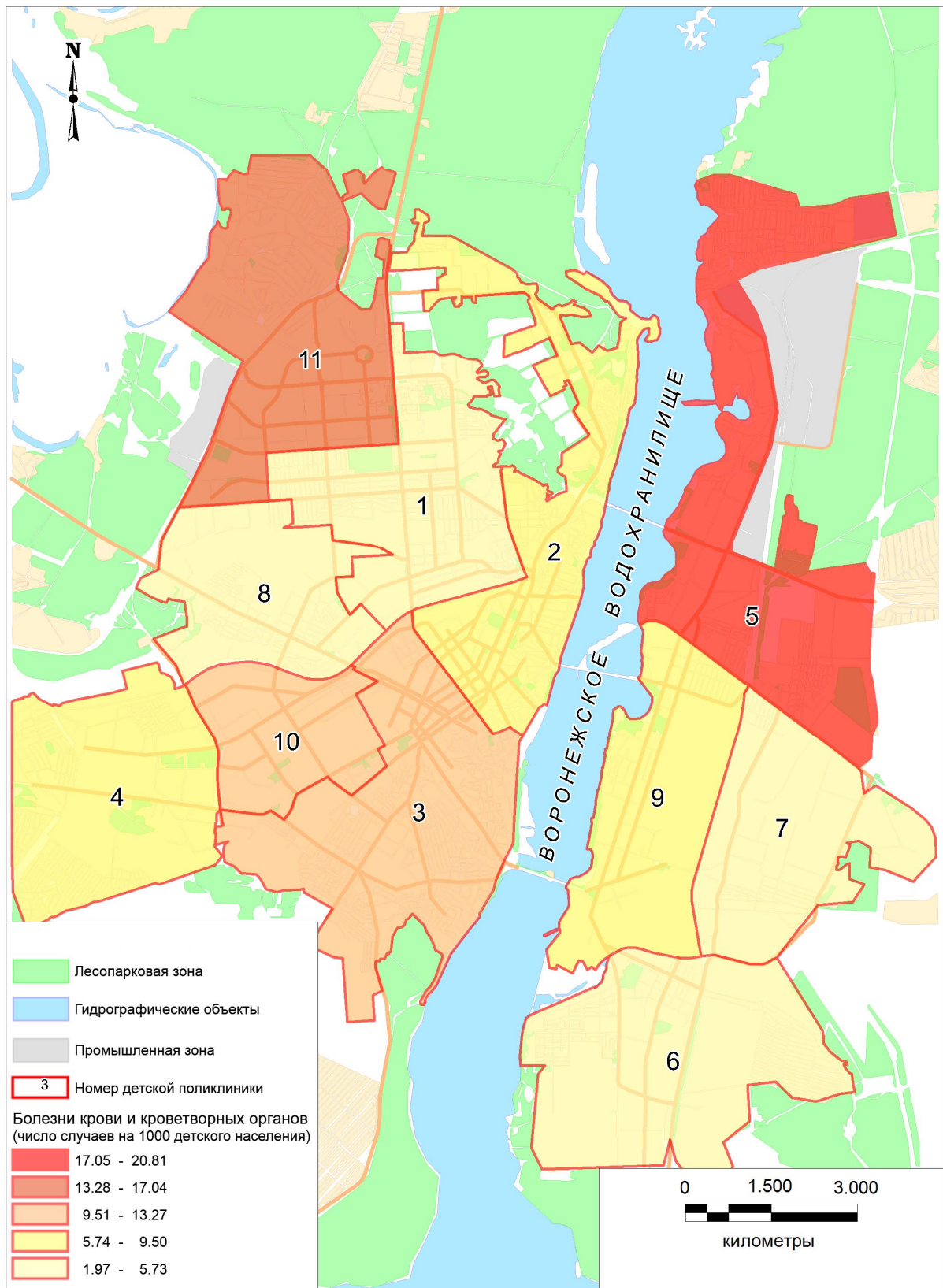


Рис. 7. Ранжирование показателей болезней крови детского населения (число случаев заболеваний на 1000 населения)

При этом уровень заболеваемости детей болезнями органов дыхания визуально коррелирует с данными по оценке уровня за-

грязнения атмосферного воздуха и аэротехногенного риска для здоровья населения, т.к. территория обслуживания детской поликлиники №6 – это часть Левобережного промышленного района Воронежа, а ареал наиболее высокого уровня загрязнения воздушной среды отчасти совпадает с этой территорией.

Территория обслуживания детской поликлиники №2 включает значительную площадь центральной части города с высокой автотранспортной нагрузкой, что также косвенно подтверждает значимость влияния загрязнения атмосферного воздуха как приоритетного фактора на уровень болезней органов дыхания у детей.

Территориями риска по уровню заболеваемости детей болезнями органов пищеварения являются зоны обслуживания детских поликлиник №2 и №5, а СМУ заболеваемости составляет $75,18 \pm 6,9$ и $69,88 \pm 5,7$ случаев на 1000 детей (рис. 4). Факторы алиментарно-зависимой заболеваемости в условиях промышленного мегаполиса с использованием геоинформационных систем нами не оценивались в связи со значительной вариабельностью и неопределенностью данных, отсутствием какой-либо внутригородской привязки к факторам, связанным с питанием. Следует отметить, что в изучении этого аспекта геоинформационные технологии как метод социально-гигиенического мониторинга на отдельно взятой городской территории неэффективны, но, при рассмотрении алиментарно-зависимых заболеваний, например, по субъектам Российской Федерации, могут дать положительный эффект в сочетании с рассмотрением климатических особенностей и пищевого статуса каждого из регионов.

Заболевания мочеполовой системы традиционно связывают с влиянием водного фактора (жесткостью воды, высокой минерализацией). При рассмотрении качества питьевой воды мы получили достаточно однородную информационную картину по внутригородским территориям. В дополнение к этим данным, отметим, что показатель жесткости питьевой воды в Воронеже не превышает гигиенических нормативов, его интервал по данным 2014-2018 гг. варьирует в интервале от 3,8 до 6,5 мг-экв/дм³. Максимальное значение показателя минерализации питьевой воды в разводящей сети за этот же период – 948,3 мг/дм³. По уровню заболеваемости детей болезнями мочеполовой системы большинство территорий – 9 из 11 относятся к среднему, ниже среднего и низкому уровням (рис. 5). Выделена лишь одна территория риска – зона обслужива-

ния детской поликлиники №11 с уровнем $75,79 \pm 9,5$ случаев на 1000 детей до 14 лет.

Уровень врожденных аномалий у детей можно рассматривать как индикатор долговременного неблагоприятного воздействия техногенных факторов риска на население. По данным картографирования к территориям риска по уровню врожденных аномалий отнесены зоны обслуживания детских поликлиник №6 и №9 со СМУ заболеваемости $33,33 \pm 2,2$ и $33,83 \pm 3,4$ случаев на 1000 детей до 14 лет. Вероятно, этот факт является откликом долговременного воздействия факторов промышленной зоны Левобережного района города Воронежа, на которой сконцентрирован потенциал предприятий по производству синтетического каучука, самолетостроения, расположена крупнейшая ТЭЦ города – ВогрЭС.

К территориям риска по уровню болезней крови у детей относится зона обслуживания детской поликлиники №5 с СМУ заболеваемости $20,8 \pm 3,2$ случаев на 1000 детей.

Как показали результаты электронного картографирования, в целом наблюдается очень дифференцированная информационная картина по уровню заболеваемости детского населения. Территории риска по тому или иному классу болезней не повторяются. Все это говорит о сложности причин заболеваний. Вместе с тем, с точки зрения обоснования управленческих решений полученная информация об уровнях заболеваемости детей важна для лечебной сети медицинских организаций города.

Заболеваемость взрослого населения по внутригородским территориям имеет еще более сложную информационную картину. Вероятно, это связано с тем фактом, что на внутригородских территориях имеются различия по возрастному составу, социальному статусу. Накладывают свой отпечаток и производственные факторы, и наличие вредных привычек.

Так, уровень заболеваемости взрослого населения (СМУ) по зонам обслуживания поликлиник сильно варьирует. Показатель общей заболеваемости составляет от 868,58 до 3822,27 случаев на 1000 взрослого населения (в 4,4 раза), при наибольших различиях по уровню болезней крови и кроветворных органов – от 1,57 до 50,61 (в 32,2 раза) и болезней органов дыхания – от 42,74 до 673,49 (в 15,8 раза). СМУ болезней органов пищеварения отличается в 6,1 раза – от 71,64 до 434,32, новообразований в 12,1 раза – от 17,39 до 210,02 случаев на 1000 взрослого населения (табл. 7, 8, рис. 8).

Таблица 7

СМУ заболеваемости взрослого населения по отдельным внутригородским территориям – зонам обслуживания взрослых поликлиник (число случаев заболеваний на 1000 взрослых 18 лет и старше)

Взрослые поликлиники	Общая заболеваемость	Болезни органов дыхания	Болезни органов пищеварения	Болезни мочеполовой системы	Новообразования	Болезни крови и кроветворных органов
1	2382,95	371,84	126,36	280,91	155,96	6,75
2	1475,89	189,75	100,06	129,53	64,73	7,56
3	1713,49	270,34	130,61	178,64	101,77	4,57
4	2164,13	411,12	160,64	201,03	77,71	10,69
5	2964,53	247,95	148,50	213,77	73,27	5,18
7	1914,37	263,97	132,04	201,68	58,89	11,22
8	1336,06	121,78	84,06	89,37	29,43	8,81
9	1465,60	263,70	78,44	126,28	46,91	7,51
10	3822,27	673,49	265,37	434,32	210,02	9,43
11	1675,50	219,82	160,88	125,41	69,56	3,37
12	1099,87	138,72	54,06	132,55	53,82	3,65
14	1178,14	127,80	109,53	108,33	98,60	5,17
16	868,58	94,36	67,44	71,87	17,39	2,40
17	1084,64	144,47	108,40	71,64	48,15	1,57
18	2123,29	367,32	145,35	222,97	65,04	7,56
19	1296,19	42,74	4,15	246,92	94,16	50,61

Применение ГИС для ранжирования показателей заболеваемости взрослого населения по общей заболеваемости, болезням органов дыхания, пищеварения, мочеполовой системы, новообразованиям, болезням крови и кроветворных органов позволило определить территории риска по каждому из классов болезней (рис. 9 – 14).

Территорией риска по уровню общей заболеваемости взрослого населения является зона обслуживания поликлиники №10 со СМУ заболеваемости $3822,27 \pm 69,22$ случаев на 1000 населения (рис. 9).

Эта же территория неблагоприятна по уровню заболеваний органов дыхания ($673,49 \pm 30,57$ случаев на 1000 населения), пищеварения – $265,37 \pm 11,31$ случаев на 1000 населения, мочеполовой системы - $126,28 \pm 9,35$ случаев на 1000 населения, новообразованиям $210,02 \pm 15,38$ случаев на 1000 населения (рис. 10 - 12).

Таблица 8

Фактические интервалы показателей на отдельных территориях, вошедших в тот или иной уровень (число случаев заболеваний на 1000 взрослых 18 лет и старше)

Уровень заболеваемости	Общая заболеваемость	Болезни органов дыхания	Болезни органов пищеварения	Болезни мочеполовой системы	Новообразования	Болезни крови и кроветворных органов
Высокий (территории риска)	3232,0-3822,9	557,9-673,7	226,2-265,8	357,7-434,4	171,7-210,2	9,41-11,40
Выше среднего	2641,0-3231,9	442,0-557,8	186,5-226,1	280,9-357,6	133,1-171,6	7,41-9,40
Средний	2050,0-2640,9	326,1-441,9	146,8-186,4	204,1-280,8	94,5-133,0	5,41-7,40
Ниже среднего	1459,0-2049,9	210,2-326,0	107,1-146,7	127,3-204,0	55,9-94,4	3,41-5,40
Низкий (благополучные территории)	868,0-1458,9	94,3-210,1	67,4-107,0	50,5-127,2	17,3-55,8	1,41-3,40

По болезням крови и кроветворных органов ранжированием СМУ выделены 3 территории риска из 16 рассматриваемых – зоны обслуживания поликлиник №4, 7, 10.

Как показывает оценка уровня заболеваемости взрослого населения, в условиях города наблюдается сильно дифференцированная картина, но уровень заболеваемости не привязан к воздействию техногенных факторов территории проживания. Следует отметить, что в реально сложившихся условиях в крупных промышленных городах, в том числе и рассматриваемом нами городе Воронеже, на организм человека помимо воздействия множества неблагоприятных техногенных факторов окружающей среды, имеет место доминирование воздействия других факторов, особенно для взрослого населения трудоспособного возраста, - производственных, социальных, образа жизни и других, что затрудняет решение задачи определения вклада отдельных факторов техногенного риска в формирование заболеваемости.

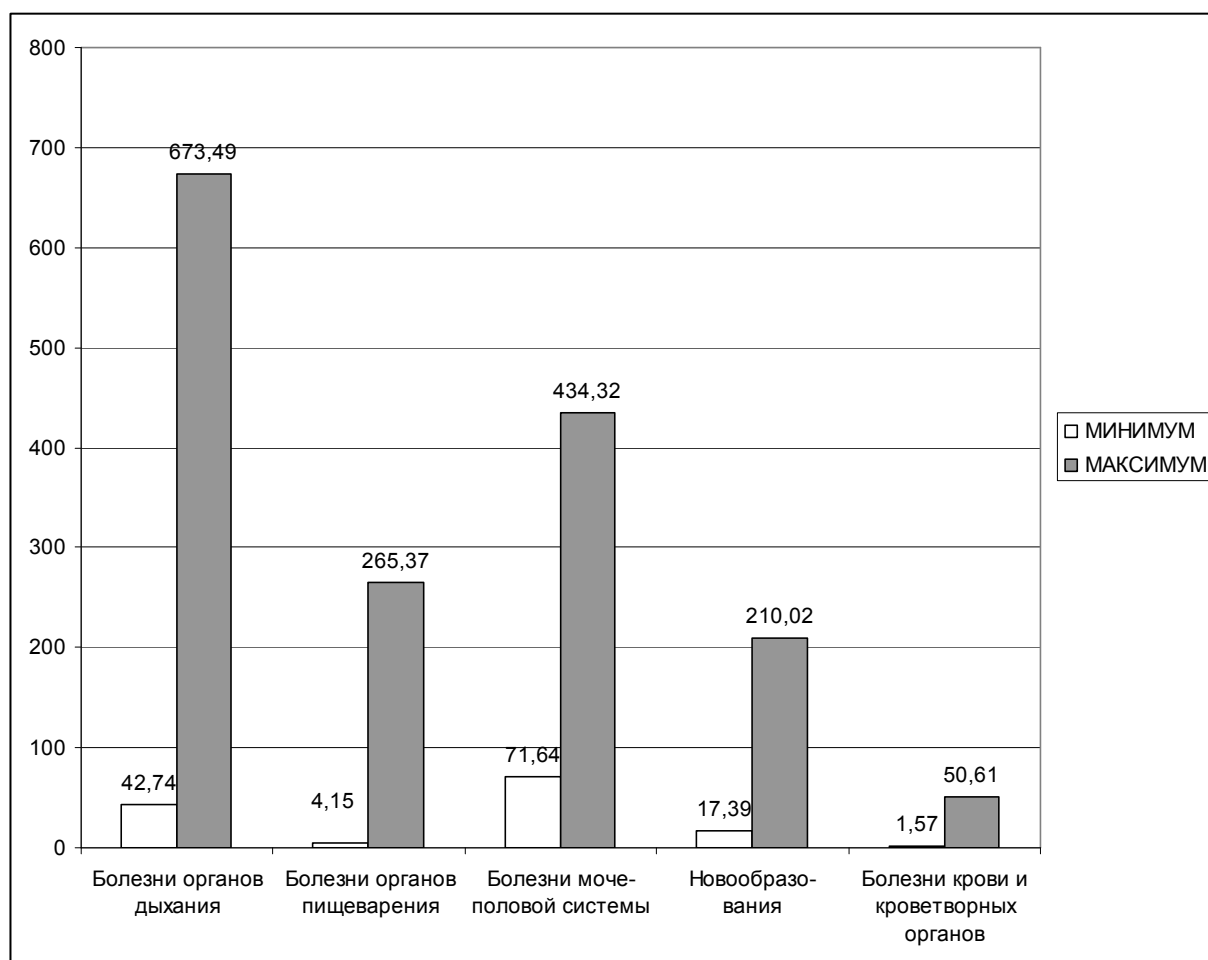


Рис. 8. Различия средних многолетних уровней заболеваемости взрослого населения (минимум и максимум) по отдельным внутригородским территориям (число случаев на 1000 взрослого населения)

Таким образом, на основе проведенной оценки уровня заболеваемости детского и взрослого населения с использованием географических информационных систем определены внутригородские территории риска. При геоинформационном картографировании уровня заболеваемости использована статистическая информация первичного звена – бюджетных медицинских учреждений, оказывающих догоспитальную помощь, т.е. данные обращаемости населения за медицинской помощью в поликлиники. Как известно, статистическим показателям, характеризующим данные обращаемости населения за медицинской помощью, присущи свои неопределенности и погрешности. Снижение неопределенностей и погрешностей может быть достигнуто выборочными исследованиями, например, оценкой достоверности различий средних многолетних уровней заболеваемости населения на контрастных по степени техногенной нагрузки территориях.

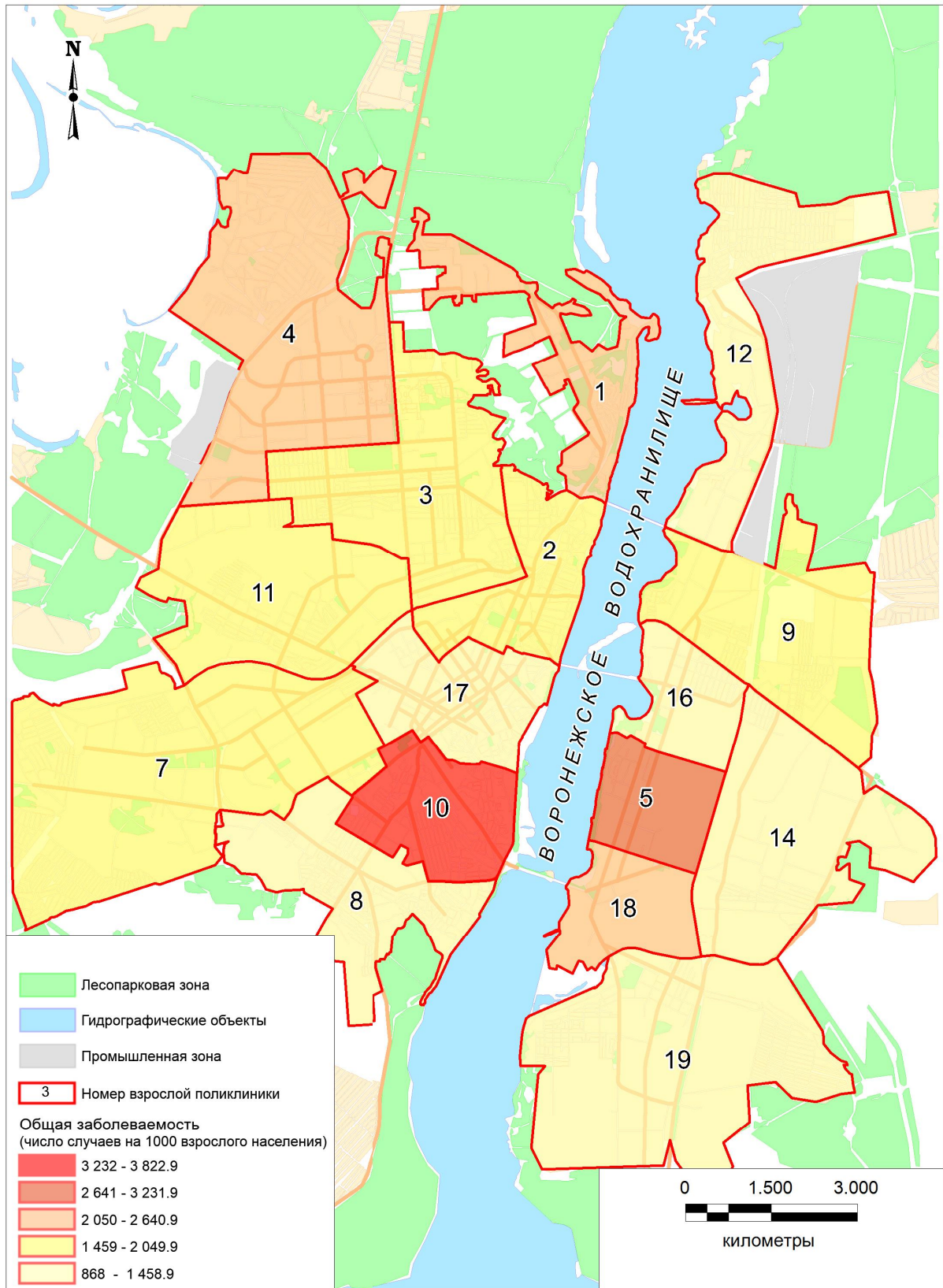


Рис. 9. Ранжирование показателей общей заболеваемости взрослого населения (число случаев заболеваний на 1000 населения)

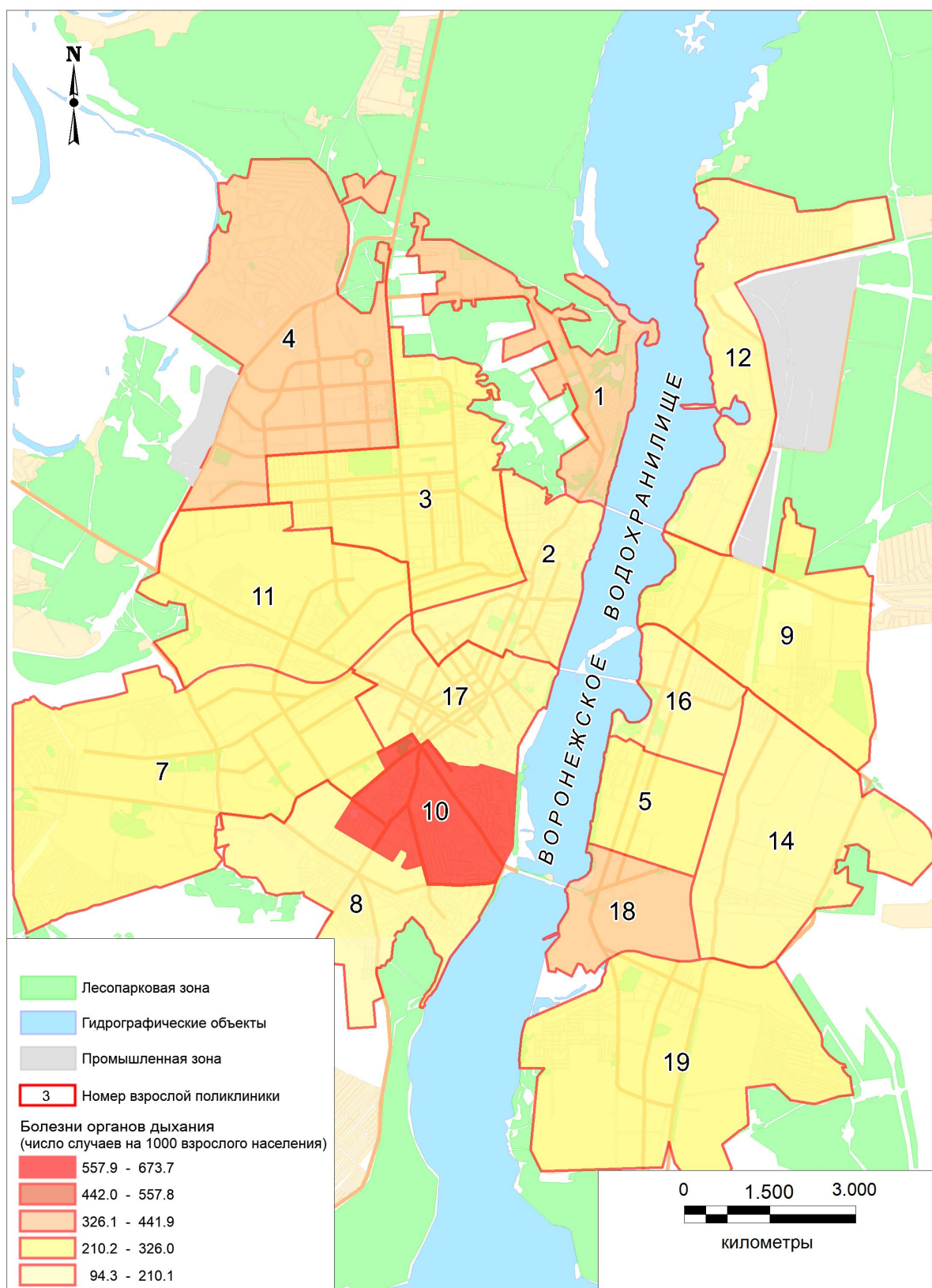


Рис. 10. Ранжирование показателей болезней органов дыхания взрослого населения (число случаев заболеваний на 1000 населения)

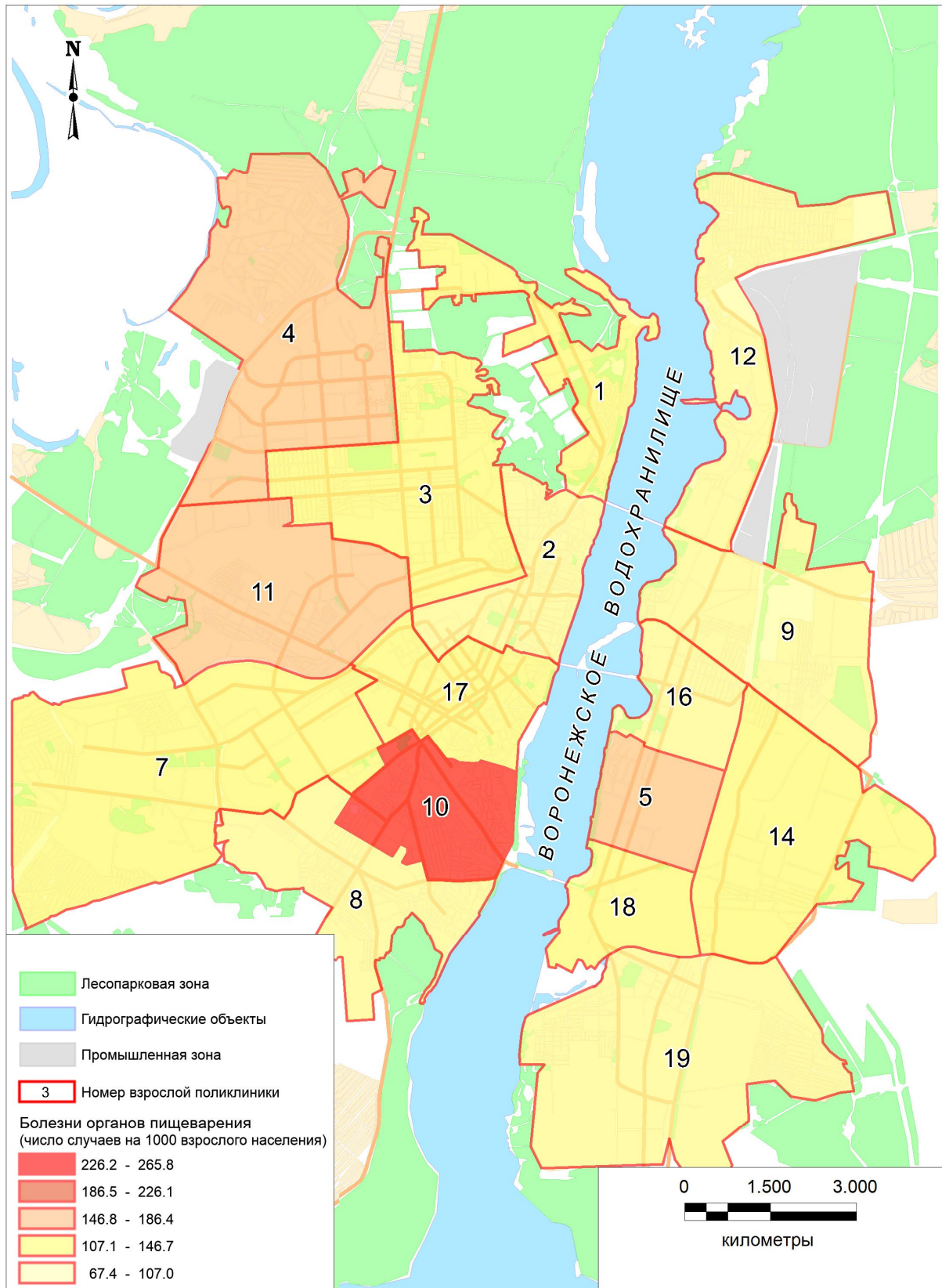
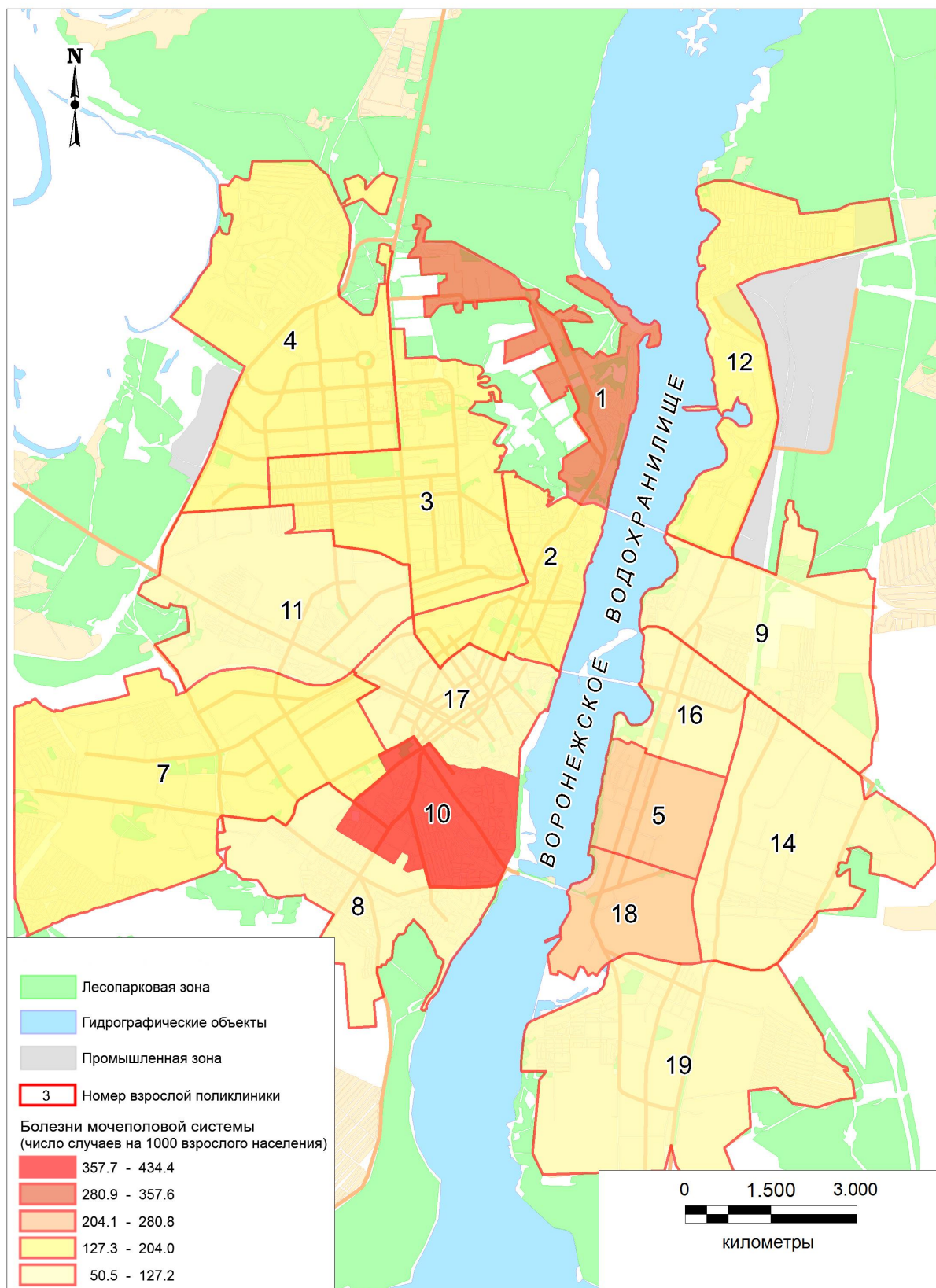


Рис. 11. Ранжирование показателей болезней органов пищеварения взрослого населения (число случаев заболеваний на 1000 населения)



*Рис. 12. Ранжирование показателей болезней мочеполовой системы взрослого населения
 (число случаев заболеваний на 1000 населения)*

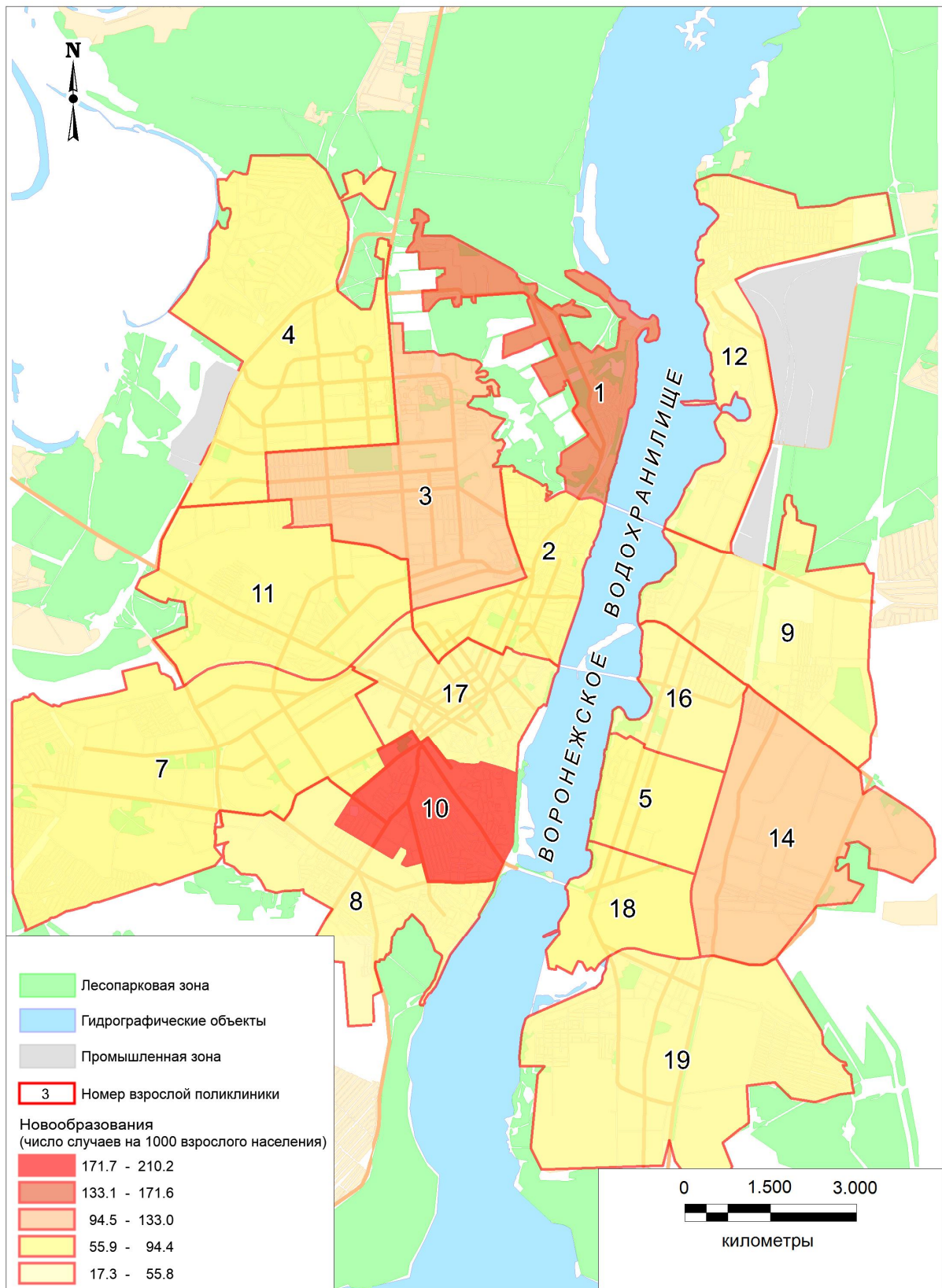


Рис. 13. Ранжирование показателей новообразований у взрослого населения (число случаев заболеваний на 1000 населения)

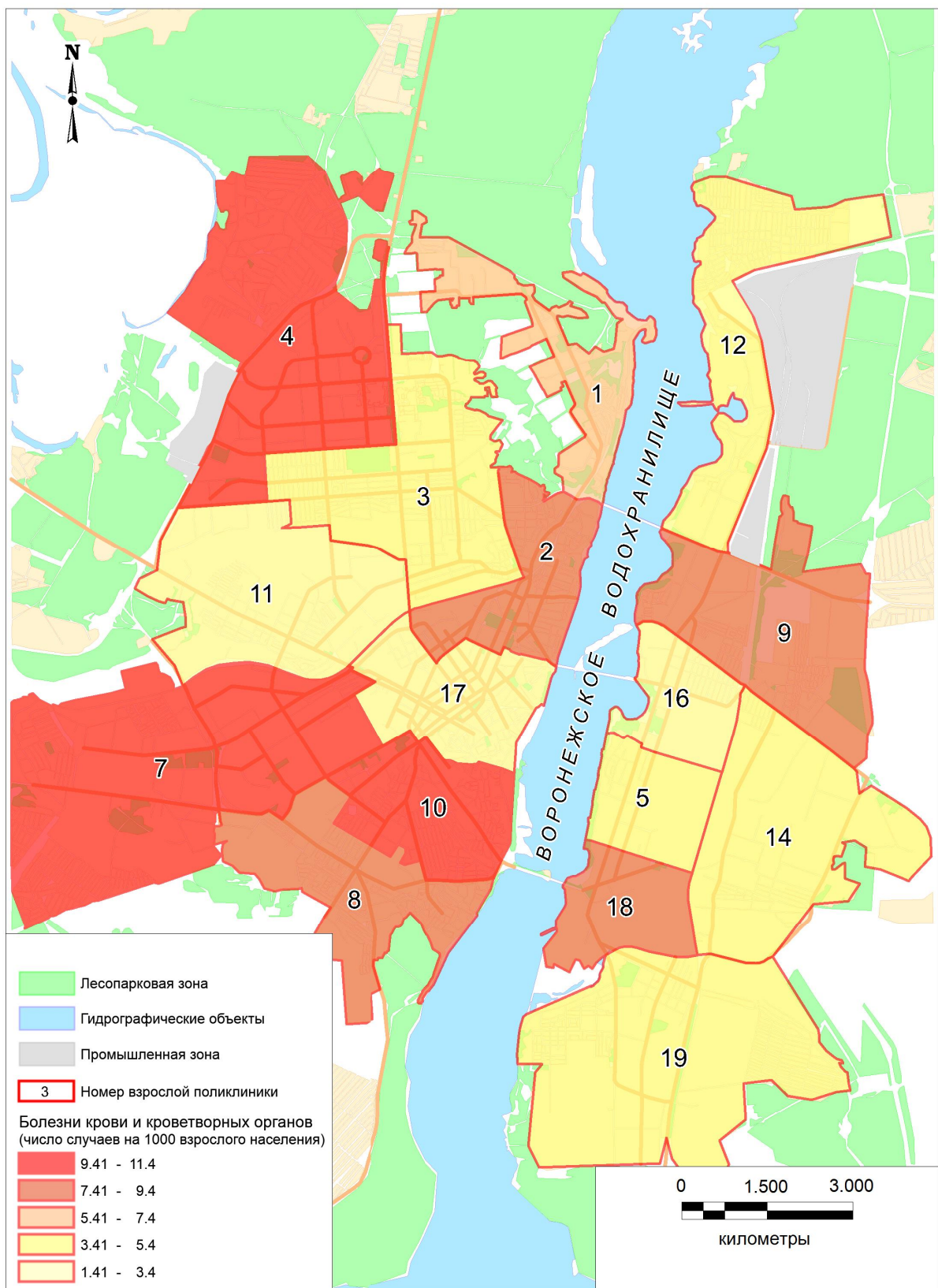


Рис. 14. Ранжирование показателей болезней крови и кроветворных органов у взрослого населения (число случаев заболеваний на 1000 населения)

Еще один метод – корреляционный анализ статистической взаимосвязи в системе «факторы среды – заболеваемость населения». Однако эти, несомненно, доказательные подходы, с одной стороны находятся за пределами инструментов геоинформационных систем, которые сопоставляют данные на картах, с другой стороны, эти приемы, уже неоднократно были использованы в региональных экологических и гигиенических исследованиях [1-6].

Заключение. Установлено, что из 12 внутригородских территорий по уровню заболеваемости детей болезнями органов дыхания к территориям риска (высокий уровень заболеваемости) отнесены 3 территории (СМУ 1016,0-1154,9 случаев заболеваний на 1000 детей), по болезням пищеварения – 2 (64,59-75,29), мочеполовой системы – 1 (75,79), врожденным аномалиям – 2 (29,22-33,84), болезням крови и кроветворным органам – 1 (20,80).

При сопоставлении данных об уровне заболеваемости детей с показателями состояния окружающей среды и связанного с ним риска для здоровья, в ряде случаев (общая заболеваемость, болезни органов дыхания, врожденные аномалии) прослеживается совпадение территорий риска.

Как показывает оценка уровня заболеваемости взрослого населения, в условиях города наблюдается сильно дифференцированная картина: показатель общей заболеваемости составляет от 868,58 до 3822,27 случаев на 1000 взрослого населения (в 4,4 раза), при наибольших различиях по уровню болезней крови и кроветворных органов – от 1,57 до 50,61 (в 32,2 раза) и болезней органов дыхания – от 42,74 до 673,49 (в 15,8 раза). СМУ болезней органов пищеварения отличается в 6,1 раза – от 71,64 до 434,32, новообразований в 12,1 раза - от 17,39 до 210,02 случаев на 1000 взрослого населения. Из 16 внутригородских территорий по уровню заболеваемости взрослого населения к территориям риска отнесены по уровню общей заболеваемости – 1 территория, болезням органов дыхания – 1, органов пищеварения – 1, новообразований - 1, болезням крови и кроветворных органов - 3, но уровень заболеваемости не привязан к воздействию техногенных факторов территории проживания. Это объясняется тем, что в реально сложившихся условиях в крупных промышленных городах, в том числе и рассматриваемом нами городе Воронеже, на организм человека помимо воздействия множества неблагоприятных техногенных факторов окружающей среды, имеет место доминирование воздействия дру-

гих факторов - производственных, социальных, образа жизни, что затрудняет решение задачи определения вклада отдельных факторов техногенного риска в формирование заболеваемости.

Таким образом, анализ многолетней информации об уровнях заболеваемости населения свидетельствует о многогранности проблемы сохранения здоровья жителей промышленно-развитого города.

Выявленная территориальная контрастность городской территории по изучаемым массовым неинфекционным заболеваниям с использованием алгоритмов геоинформационных систем необходима для более эффективного обоснования принятия решений по профилактике заболеваемости и совершенствованию организации медицинской помощи. Это особенно важно в современных условиях, когда рычаги управления «смещаются» на региональный и муниципальный уровни.

Решать рассмотренные проблемы эффективно лишь в рамках межведомственного взаимодействия. Только совместные усилия органов исполнительной власти, науки, образования, специалистов различной профессиональной ориентации в области здравоохранения, гигиены, экологии, градостроительства помогут в улучшении среды обитания на территории города Воронежа, что станет ещё одним шагом в охране здоровья городского населения, обеспечении его экологической и гигиенической безопасности.

ЛИТЕРАТУРА

1. 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.
2. Куролап С.А. Интегральная экологическая оценка состояния городской среды / С.А. Куролап, О.В. Клепиков и др. - Воронеж: Изд-во «научная книга», 2015. - 232 с.
3. Мячина О.В. Комплексная оценка состояния окружающей среды и риска для здоровья населения / О.В. Мячина, О.В. Клепиков // Вестник Воронеж. гос. университета. Серия: География. Геоэкология. - 2017. - №1. - С. 100-107.
4. Мячина О.В. Окружающая среда города: организация мониторинга и анализ состояния / О.В. Мячина, О.В. Клепиков, Н.А. Борисов, Н.М. Пичужкина. – Воронеж: Изд-во ИПФ «ЛИО», 2016. – 180 с.

5. Стёпкин Ю.И. Техногенные факторы окружающей среды и риск здоровью населения / Ю.И. Степкин, Л.Е. Механтьева, Н.П. Мамчик, Н.Ю. Самодурова - Воронеж: Изд-во «Научная книга», 2017. – 318 с.

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

7. Шихова Ю.А., Клепиков О.В., Бережнова Т.А. Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2016619095 от 12.08.2016 г. «Построение оценочных шкал для ранжирования показателей заболеваемости населения», Правообладатель - ВГМУ им. Н.Н. Бурденко. - Воронеж, 2016.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ АВТОТРАНСПОРТНОГО ШУМА, МИКРОКЛИМАТА И ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ ГОРОДА ВОРОНЕЖА

С.А. Куролап, А.Е. Скосарь, И.В. Попова

Современные крупные промышленные города являются центрами острейших экологических проблем. Усиление процессов урбанизации проявляется в городах в росте химического и акустического загрязнения атмосферы, снижении аэрации городских территорий и ухудшении микроклимата, что усугубляется на фоне современных глобальных и региональных климатических изменений, в частности, «потепления» климата и тенденции к росту аномально жарких летних дней на территории Европы и Центральной России [7]. В полной мере эти проблемы справедливы и для города Воронежа - крупнейшего промышленного города Центрального Черноземья. Широко известны опасные последствия аномальной жары лета 2010 г., когда в июле -августе существенно повысилась госпитализация населения по поводу болезней системы кровообращения на фоне резкого снижения комфортности микроклимата городской среды.

Целью исследования являлась экологическая оценка параметров автотранспортного шума, микроклимата и техногенного загрязнения атмосферы города Воронежа как факторов экологического риска для населения. В целом г. Воронеж отличается 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. Крупные автомагистрали, пролегая через плотнозаселенные микрорайоны, в большинстве случаев не обеспечивают достаточную пропускную способность и надежную защиту населения от выхлопных газов и шума. Причина акустического дискомфорта в ряде микрорайонов 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.

Шум в окружающей среде – нежелательный или вредный наружный шум, создаваемый в результате деятельности человека, в том числе шум, излучаемый подвижными (средства дорожного, рельсового, авиационного транспорта) и стационарными (потoki автодорожного транспорта, промышленные предприятия, энергетические и прочие объекты) источниками шума. Из общего шумового загрязнения крупного мегаполиса на долю транспорта приходится около 80–90 %. Как правило, антропогенный шум имеет раздражающий характер, увеличение уровня шума выше природного отрицательно действует на здоровье человека: повышается утомляемость, снижается умственная активность, возникают неврозы, расстройства сна, ослабление памяти и, как следствие, наблюдается снижение жизненного потенциала в целом [8,9]. При воздействии шума свыше 50 дБ в течение нескольких минут на 10% падает содержание калия в плазме крови и уменьшается способность глаза определять размеры рельефа, ухудшается восприятие красного цвета. Шум выше 65 дБ нарушает ритм сердца, частота пульса возрастает с 70 до 80 ударов в минуту. При интенсивности 80-90 дБ шум может стать причиной пароксизмальной та-

хикардии. Шум угнетает естественный иммунитет и повышает уровень заболеваемости, в том числе риск развития ишемической болезни сердца.

Воздействие шума на человека определяется уровнем (интенсивностью) и высотой звуков, составляющих шум, а также продолжительностью его воздействия. В соответствии с санитарными нормами уровень шума около зданий в дневное время не должен превышать 55 дБА, а ночью (с 23 до 7 ч утра) — 45 дБА, в квартирах — соответственно 40 и 30 дБА. Если шумовой защитой пренебречь, то уже при 4 часах непрерывного грохота в неделю возможны кратковременные нарушения слуха в области высоких частот, а позднее и звон в ушах.

Для оценки уровня транспортного шума нами использовались ГОСТ 20444-85 «Шум. Транспортные потоки. Методы измерения шумовой характеристики», ГОСТ Р 53187-2008 «Шумовой мониторинг городских территорий». Натурные измерения проводились шумомером «Testo 815» в течение 2018 - первой половины 2019 гг.. При проведении измерений учитывались состояние дорог (поверхность проезжей части дороги чистая и сухая) и погодные условия (без выпадения атмосферных осадков и скорости ветра не более 5 м/с). Для контроля уровня шума были взяты 13 мониторинговых точек в разных частях города.

В итоге во втором полугодии 2018 и первом полугодии 2019 года оказалось, что 66,5% результатов измерений превышают норматив для жилой застройки. В основном уровень шума соответствует норме в выходные дни, а в рабочие дни норма почти всегда превышена на ул. Московский проспект, пр-т Революции, ул. Ст. Разина, Ленинский пр-т и некоторых др. Причем, в дневное время уровень шума превышен в среднем на 10-15 дБ (78,8 % результатов), в ночное время на 5-10 дБ (56,3 % результатов). По данным областного информационного фонда социально-гигиенического мониторинга, за период 2018-2019 годы, рост заболеваемости ишемическими болезнями сердца на 48,6% (в 1,5 раза) превысил показатели 2009-2017 годы. Авторами работы была проведена сравнительная характеристика роста транспортного потока, уровня шума на основных магистралях города и роста сердечно-сосудистых, ишемических заболеваний сердца в городе Воронеже. Также была проведена оценка риска для здоровья населения по гигиенической методике [3].

Согласно проведенным расчетам наиболее чувствительной к воздействию шума является сердечно-сосудистая система. Средний уровень приведённого риска сформируется к 10-ти годам жизни, высокий - к 30 годам, экстремальный – к 45 годам. Сопоставив данные областного информационного фонда социально-гигиенического мониторинга и данные мониторинга уровней шума, была выявлена определенная зависимость роста транспортного потока, уровня транспортного шума и болезней сердечно-сосудистой системы. Приведенный риск заболеваний органов слуха под воздействием транспортного шума оценивается как низкий, слабо влияющий на уровень состояния здоровья. Приведённый риск заболеваний нервной системы во всех 13 точек акустического дискомфорта оценивается как низкий.

Дополнительно проведены инструментальные микроклиматические исследования на территории г.Воронежа с помощью метеометра (МЭС-2), апробированные ранее для территории города [2]. Выявлены следующие закономерности формирования микроклимата в условиях комбинированной городской застройки:

- 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 в летний период 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 неозелененных пространствах, вблизи проезжей части крупных автомагистралей, либо на участках плотной высокоэтажной 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-ту), вбли-

зи 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 летний период.

Таким образом, сочетание повышенного автотранспортного шума и ухудшение микроклимата в летний период создает зоны экологического риска в городе, которые приурочены с микрорайонам повышенной этажности центрального правобережного (промышленно-транспортно-селитебного) и юго-восточного левобережного индустриального сектора города, где сочетаются крупные автомагистрали, промышленные предприятия и уплотненная городская застройка, снижающая аэрацию городских территорий, особенно в летний период года.

Экологические проблемы городов во многом связаны с качеством воздушного бассейна в условиях прогрессирующего роста городов и усиления техногенного прессинга на окружающую среду [1]. В конечном итоге это приводит к росту загрязнения атмосферного воздуха, которое усугубляется на фоне более высоких температур в приземном слое атмосферы города и ухудшения аэрации городских территорий по сравнению с естественной средой [5]. Под влиянием комплекса неблагоприятных аэрогенных факторов возможно увеличение заболеваемости и преждевременной смертности населения. В связи с этим реализация приоритетной муниципальной программы по формированию комфортной городской среды невозможно без всестороннего учета природно-климатических факторов на стадиях разработки планов реконструкции и перспективной застройки территории города [6].

Разработка математико-картографической модели интегрального эколого-микrokлиматического зонирования проводилась нами на примере Воронежа – крупного промышленного города с населением более 1 млн. человек, в котором последнее десятилетие активно ведется массовое промышленное и гражданское строительство, все больше уплотняется застройка в центральной части города, происходит расширение улично-дорожной сети, что ведет к изменению структуры теплового баланса города и его микроклимата.

В качестве картографической подосновы применена созданная авторами в среде ArcGIS электронная карта города Воронеж. Методология исследования основана на комплексном использовании средств вероятностно-статистического и геоинформационного анализа. На территорию города была нанесена сетка с шагом 100 м на 100 м, в узлах которой были рассчитаны средние микроклиматические показатели и параметры качества атмосферы. Микроклиматические показатели были рассчитаны И.В. Поповой. С помощью геоинформационного анализа свойств подстилающей поверхности выполнена оценка интенсивности городского «острова тепла», результаты представлены в баллах [3]. Оценка аэрационного потенциала велась с помощью морфометрических методов вычисления параметров шероховатости городского пограничного слоя атмосферы: рассчитаны уровень шероховатости Z_0 , высота смещения нулевой плоскости Z_d , пористость слоя шероховатости P_z . [5]. Данные по уровню загрязнения атмосферы предоставлены Управлением Роспотребнадзора в Воронежской области. Оценка качества атмосферного воздуха в городе выполнена на основании рассчитанных значений комплексного показателя К.А. Буштуевой по 74 точкам наблюдения и интерполяцией полученных значений на всю исследуемую территорию с дальнейшим пересчетом средних значений в ячейках сетки с разрешением 100 м.

На основании рассчитанных эколого-микrokлиматических характеристик в сетке с разрешением ячейки 100 м выделены 6 типов территорий (кластеров). Статистические данные о распределении показателей микроклимата и уровня загрязнения атмосферного воздуха по типам территорий (кластерам) представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты кластеризации по эколого-микrokлиматическим показателям

Показатели	Типы территорий (кластеры)					
	1	2	3	4	5	6
<i>Интенсивность «острова тепла», баллы</i>	3,56	10,69	12,77	8,50	3,99	6,63
<i>Уровень шероховатости Z_0, м</i>	0,09	2,07	5,83	0,30	0,05	0,14
<i>Высота смещения нулевой плоскости Z_d, м</i>	0,74	6,89	12,57	2,59	0,48	1,12
<i>Пористость слоя шероховатости P_z, ед.</i>	0,98	0,84	0,83	0,76	0,97	0,92
<i>Комплексный показатель загрязнения атмосферы, $K_{атм}$</i>	0,25	0,44	0,46	0,47	0,48	0,73

Интегральное эколого-микrokлиматическое зонирование выполнялось по результатам корреляционного анализа в системе связей «микrokлиматические параметры – качество атмосферного воздуха – заболеваемость детского населения». Для этого были рассчитаны доля площади, занимаемой каждым типом территории (кластером) и средний уровень заболеваемости детского населения на территории обслуживания детских поликлиник. Данные по заболеваемости населения предоставлены ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области». На основе рассчитанных корреляционных связей дана оценка степени воздействия микrokлиматических факторов и уровня «отклика» со стороны показателей заболеваемости населения.

Установлено, что наибольший «отклик» имеют болезни крови, системы кровообращения, уха, хронические болезни миндалин и аденоидов, болезни органов пищеварения и мочеполовой системы.

Интегральное эколого-микrokлиматическое зонирование выполнялось по результатам корреляционного анализа в системе связей «микrokлиматические параметры – качество атмосферного воздуха – заболеваемость детского населения». Для этого были рассчитаны доля площади, занимаемой каждым типом территории

(кластером) и средний уровень заболеваемости детского населения на территории обслуживания детских поликлиник. Данные по заболеваемости населения предоставлены ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области» и Воронежским ЦГМС. На основе рассчитанных корреляционных связей дана оценка степени воздействия микроклиматических факторов и уровня «отклика» со стороны показателей заболеваемости населения.

Установлено, что наибольший «отклик» имеют болезни крови, системы кровообращения, уха, хронические болезни миндалин и аденоидов, болезни органов пищеварения и мочеполовой системы. Наиболее высокий уровень воздействия имеют следующие факторы: доля территории, относящейся к (2), (3) и (6) кластерам. Очевидно, что рост заболеваемости при высокой доле территорий (6) типа объясняется высоким уровнем загрязнения атмосферы. С увеличением доли территории (2) и (3) типа рост заболеваемости вызван совместным действием как факторов микроклимата, так и аэротехногенного загрязнения. На здоровье детского населения благоприятно сказывается увеличение доли территории, относящейся к первому (1), (4) и (5) кластерам [6].

На основании проведенного корреляционного анализа и оценки влияния факторов микроклимата и качества атмосферного воздуха выделены эколого-микроклиматические зоны различной комфортности, распределение которых по территории города Воронежа отражено на рисунке 1.

На основании проведенного корреляционного анализа и оценки влияния факторов микроклимата и качества атмосферного воздуха выделены эколого-микроклиматические зоны различной комфортности, распределение которых по территории города Воронежа отражено на картосхеме города.

Весьма комфортная эколого-микроклиматическая зона относится к территориям с низким уровнем шероховатости подстилающей поверхности, высоким аэрационным потенциалом, высокой долей озеленения и соответственно низкой интенсивностью «острова тепла», где комплексный показатель загрязнения атмосферы $K_{ам.м}=0,25$. Данная зона приурочена к территориям Воронежской нагорной дубравы, ЦПКиО г. Воронежа, санатория им. Максима Горького, селитебно-рекреационной зоне в районе больницы «Электроника» на левом берегу и верхней части акватории Воронежского водохранилища, исключая промышленную частную застройку в микрорайоне «Отрожка».

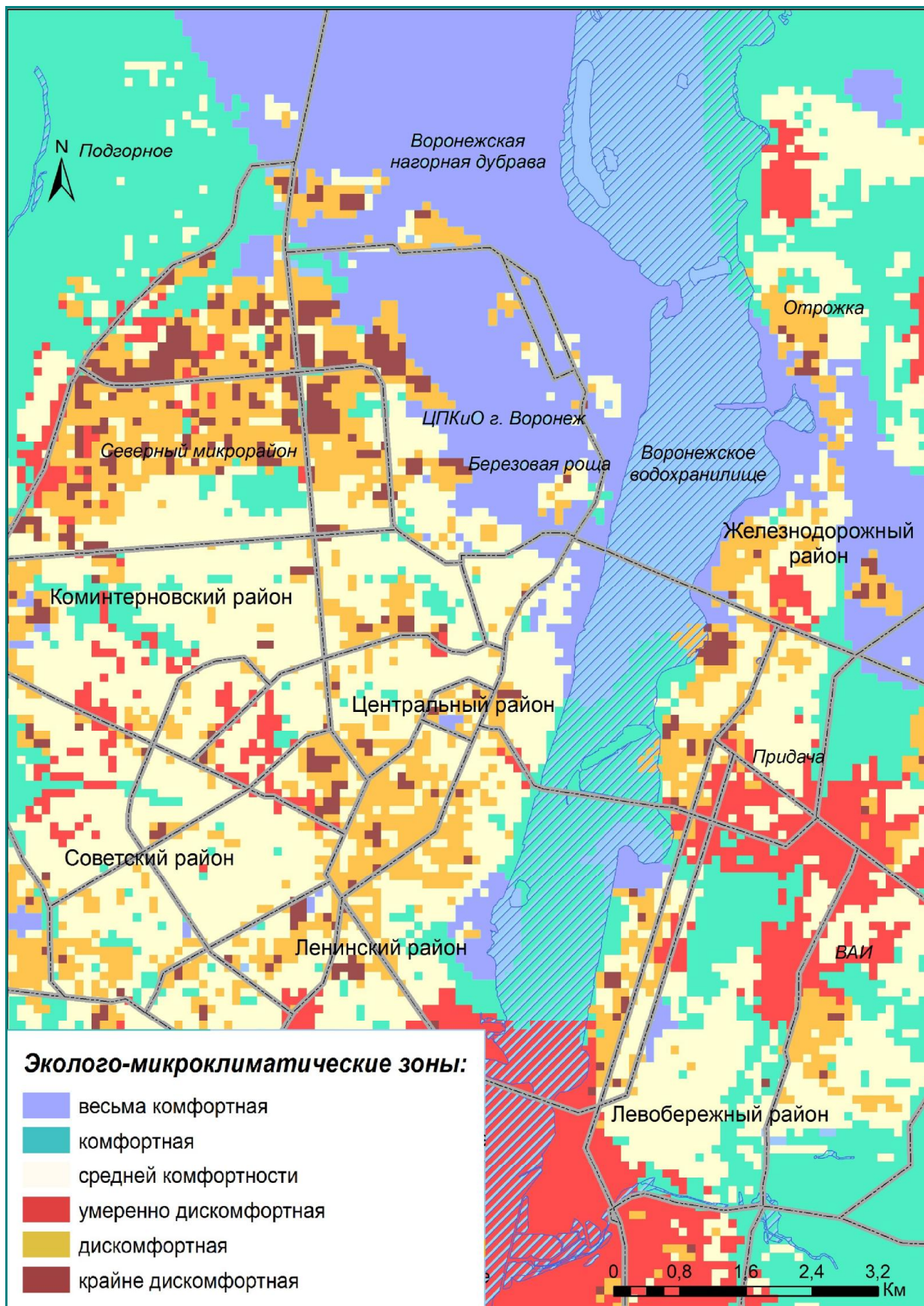


Рис. 1. Эколого-микrokлиматическое зонирование территории г. Воронеж

Комфортная эколого-микrokлиматическая зона территориально относится к поймам реки Воронеж (Воронежского водохранилища), вниз по течению, и реки Дон, включая овражно-балочную сеть. На левом берегу к этой зоне относятся открытые луговые территории, расположенные в понижениях рельефа. Примечательным является то, что, несмотря на благоприятные микrokлиматические характеристики (низкий уровень термического загрязнения и высокий аэрационный потенциал), здесь отмечаются более высокие значения комплексного показателя загрязнения атмосферы ($K_{атм}=0,48$), данный факт объясняется особенностями рельефа: территории относятся к областям ночного выхолаживания и застаивания загрязненных воздушных масс.

Эколого-микrokлиматическая зона средней комфортности относится к жилым районам, преимущественно к застройке малой этажности, имеет средние значения расчетных микrokлиматических показателей, также территориально совпадает с климатопами промышленной и коммунально-складской зоны, в связи с чем имеет повышенный уровень аэротехногенного загрязнения ($K_{атм}=0,47$).

Эколого-микrokлиматическая зона умеренной дискомфортности относится к территориям жилой и промышленной застройки, имеет крайне высокие значения показателей загрязнения атмосферного воздуха ($K_{атм}=0,73$).

Зона дискомфортных эколого-микrokлиматических условий территориально совпадает с жилым климатопом средней этажности. Здесь отмечается более высокая интенсивность «острова тепла», низкий аэрационный потенциал, а комплексный показатель загрязнения $K_{атм}$ равен 0,46.

Крайне дискомфортная эколого-микrokлиматическая зона характеризуется наиболее высокими показателями интенсивности «острова тепла», наименее низким аэрационным потенциалом и средними показателями качества атмосферного воздуха ($K_{атм}=0,44$). Однако совместное воздействие факторов микrokлимата и аэротехногенного загрязнения имеет высокий «отклик» в состоянии здоровья детского населения.

Следует отметить, что комфортность микrokлиматических условий не всегда согласуется с комфортностью городской среды по критериям загрязнения атмосферы, что связано с характером застройки, промышленно-транспортным потенциалом города и должно учитываться в перспективном градостроительстве как

важный дополнительный фактор обеспечения безопасной среды жизнеобеспечения.

С помощью кластерного анализа выделено 6 типов территорий (кластеров), а в качестве индикаторных факторов оценивались интенсивность «острова тепла», параметры слоя шероховатости и комплексный показатель загрязнения атмосферы. Полученные результаты интегрального эколого-микrokлиматического зонирования городской среды могут применяться на стадиях проектов районной планировки, генеральных планов, проектов реконструкции городской застройки.

ЛИТЕРАТУРА

1. 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

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

3. МР 2.1.10.0059-12 «Оценка риска здоровью населения от воздействия транспортного шума» (утв. главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 23 марта 2011 года). – 40с.

4. 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.

5. 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.

6. Попова И.В. Интегральное эколого-микrokлиматическое зонирование городской среды (на примере г.Воронежа) / И.В. Попова, С.А. Куролап, В.П. Закусилов, Г.И. Мазуров // Естественные и технические науки. – 2018. - №11 (125). – С. 277-281.

7. Ревич Б.А., Малеев В.В. Изменение климата и здоровье населения России: анализ ситуации и прогнозные оценки. – М.: ЛЕНАНД, 2011. – 208с.

8. Человек в мегаполисе: Опыт междисциплинарного исследования / Под ред. Б.А. Ревича и О.А. Кузнецовой. - М.: ЛЕНАНД, 2018. - 640 с.

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

МИКРОКЛИМАТ И ПРИРОДНЫЙ КАРКАС ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ КАК ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЗОН ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ВОРОНЕЖА)

С.А. Епринцев, С.В. Шекоян

Развитие современных городов делает жизнь проживающего в них населения максимально комфортным, но вместе с тем рост промышленно-транспортного потенциала влечёт появление в городских экосистемах антропогенных поллютантов, что в свою очередь негативно влияет на качество окружающей среды и способствует появлению экологически-обусловленных заболеваний у населения. Данные факты вызывают беспокойство у учёных и экологов-практиков и обуславливают необходимость изучения формирования зон экологического риска для населения урбанизированных территорий [1-5,7,9].

Российскими и зарубежными исследователями было уделено достаточно внимания исследованию прямых факторов, определяющих экологический риск городов – автотранспорт, топливно-промышленный потенциал и т.д. При этом, помимо прямых факторов на формирование зон риска оказывают влияние косвенные факторы – социально-экономические и микроклиматические условия территории [1-5,7,9].

К числу основных микроклиматических условий, имеющих преимущественное значение для накопления или рассеивания атмосферных загрязнителей, относится аэрация и степень естественного самоочищения атмосферы [5].

Степень самоочищения атмосферы оценивается рядом климатических показателей, а самым распространенным считают метеорологический потенциал самоочищения атмосферы, который определяется путём сопоставления факторов, способствующих накоплению антропогенных поллютантов в атмосфере (полный штиль или скорость ветра менее 1 м/с, а также туман) и факторов, способствующих рассеиванию антропогенных поллютантов (осадки более 0,5 мм, а также ветер со скоростью более 6 м/с) [5].

Градостроительным кодексом РФ рекомендуется для жилой застройки выбирать участки с благоприятным метеорологическим потенциалом самоочищения атмосферы, когда повторяемость атмосферных процессов, способствующих рассеиванию атмосферных примесей, больше, чем повторяемость процессов, ведущих к аккумуляции атмосферных загрязнений [1-5, 7].

Прогноз формирования микроклимата под влиянием градостроительного освоения территории осуществляется на основе установленной эффективности архитектурно-планировочных средств регулирования микроклимата. Для этого необходимы следующие сведения: планировка улично-дорожной сети; плотность и этажность застройки; характер озеленения и благоустройства [1-5, 7].

В настоящее время разработаны как графоаналитические методы расчета ветрового режима, так и методы его физического моделирования (в аэродинамической трубе и гидрлотке). Однако методы моделирования не всегда предоставляется возможным использовать, поэтому, как правило, в процессе архитектурного проектирования применяют графоаналитические методы [5].

С характеристикой ветрового режима непосредственно связана оценка и расчет зон снегоотложений и пылепереноса. Количество переносимого снега определяется интенсивностью и продолжительностью метелей за зимний период и подсчитывается на основе метеорологических наблюдений. Оценка снегоотложений в жилой застройке определяется расчетом с учетом конкретных условий планировки и застройки [5].

Другим немаловажным условием, определяющим микроклимат территории, является комфортность природных условий [1-5,7].

Основными факторами комфортности природных условий являются температура воздуха, ветровой режим и рельеф территории [1].

Оптимальная температура для функционирования жизненных процессов организма – 20 градусов С. Учитывая, что на территории РФ в большинстве регионов наблюдается существенное годовое колебание температур, наиболее комфортным для проживания населения можно назвать температурный режим с минимальным колебанием температур [1].

Для учёта температурного режима при определении степени экологической комфортности введём температурный коэффициент (Т), определяемый по средней температуре мая месяца согласно таблице 1 [1].

Таблица 1

Температурный коэффициент (Т) [1]

п/п	Средняя температура мая	Температурный коэффициент Т
1	ниже -10°C	0
2	от -5 до -10°C	0,2
3	от -5 до 0°C	0,4
4	от 0 до 5°C	0,6
5	от 5 до 10°C	0,8
6	от 10 до 15°C	0,9
7	от 15 до 20°C	1
8	от 20 до 25°C	0,8
9	выше 25°C	0,7

Дифференциация температурного коэффициента в пределах одного населённого пункта практически не наблюдается, в связи с чем, как правило, достаточно определить данный коэффициент лишь на одном исследуемом участке [1].

Другим фактором комфортности природных условий, влияющим на величину экологической комфортности, является ветер. Увеличение скорости ветра повышает физический и психологический дискомфорт, однако полное отсутствие ветра также негативно сказывается на экологической комфортности, т.к. при штиле не происходит естественного самоочищения атмосферы [1].

Для учёта скорости ветра при определении величины экологической комфортности, введём ветровой коэффициент (V), определяемый по таблице 2.

Фактор рельефа территории определяется градусом продольного уклона. Оптимальным считается уклон в пределах $1-5^{\circ}$. Повышение уклона негативно сказывается на комфортности вследст-

вие неудобства перемещения, отсутствие же уклона, также является негативным фактором, так как не обеспечивает естественный сток воды, что влечёт образование мелких водоемов во время осадков и приводит к другим последствиям, негативно сказывающимся на общей комфортности.

Таблица 2

Ветровой коэффициент (V) [1]

Средняя скорость ветра, м/с	0 (штиль)	0,1-1	1-2	2-3	3-5	более 5
микrokлиматический коэффициент V	0,8	0,9	1	0,9	0,75	0,5

Для учёта величины продольного уклона при определении геоэкологической комфортности введём коэффициент рельефа (R), определяемый по таблице 3.

Таблица 3

Коэффициент рельефа (R) [1]

Величина продольного уклона территории	0 ⁰	0,1-1 ⁰	1-5 ⁰	5-15 ⁰	15-25 ⁰	более 25 ⁰
Коэффициент рельефа (R)	0,8	0,9	1	0,8	0,7	0,5

Для определения общей величины фактора комфортности природных условий при определении экологической комфортности введём индекс комфортности природных условий (I_{кпу}), выражаемый в баллах (увеличение балла – эквивалентно повышению комфортности природных условий) и определяемый по формуле (1):

$$I_{кпу} = 10TVR \quad (1)$$

Анализ индекса комфортности природных условий исследуемых городов Центральной России показал общую схожесть данных территорий по интегральным значениям данного показателя.

Для города Воронежа (интегральный индекс комфортности природных условий = 7,5) приоритетными загрязнителями атмосферы являются оксиды углерода, азота, формальдегид, пыль. Основным источником антропогенного загрязнения является автотранспорт (удельный вклад в общий объем выбросов более 90%). Преимущественное направление ветра – северо-восточное [6].

Существенный вклад в естественное самоочищение атмосферы на территории городского округа г. Воронежа вносит Воронежское водохранилище, пространство над которым можно сравнить с мощной аэродинамической трубой в центральной части города.

По данным федерального информационного фонда социально-гигиенического мониторинга 2017 г. удельный вес среднесуточных проб атмосферного воздуха, в которых имело место превышение ПДК по приоритетным контролируемым загрязнителям, составляет менее 5 % (табл. 4) [9].

Таблица 4

Удельный вес среднесуточных проб атмосферного воздуха г. Воронежа, превышающих гигиенические нормативы в 2017 году [9]

Наименование вещества	Исследовано проб	Менее 1 ПДК, %	1-2 ПДК, %	2-5 ПДК, %
Азота диоксид	260	96,15	3,46	0,38
Взвешенные вещества	260	97,31	2,69	0,00
Гидроксibenзол (фенол)	260	98,46	1,54	0,00
Озон	40	92,50	2,50	5,00
Углерод оксид	260	99,23	0,77	0,00
Формальдегид	260	98,85	1,15	0,00

Другим важным фактором, определяющим микроклиматические условия урбанизированных территорий является природный каркас, окружающий данную территорию [1-4,7].

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 [1-4,7].

Для эффективного управления развитием территории на уровне принятия решений администрациями муниципальных образований важно выстроить систему критериев качества структуры и функционирования природного каркаса.

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».

Таким образом, природный каркас территории, повышая качество аэрации урбанизированных территорий, а также повышая степень разнообразия ландшафтов, является одним из факторов, определяющих экологическую безопасность территории.

Методология оценки экологической безопасности, разработанная на базе Воронежского государственного университета [1], позволяет установить значение данного показателя с учётом 3 основных факторов – социально-экономических условий территории, комфортности природных условий, качества окружающей среды [1].

Экологический каркас территории воздействует на качество окружающей среды урбанизированных территорий, улучшая микроклиматические условия, что позволяет отнести данный показатель к одному из факторов комфортности природных условий [1-4,7].

Основными факторами комфортности природных условий согласно данной методологии являются температура воздуха, ветровой режим и рельеф территории [1].

Для учёта фактора природного каркаса на формирование микроклиматических условий городского округа города Воронежа были учтены следующие условия:

- Площадь территории города и пригородной десятикилометровой зоны, занятая объектами природного каркаса;
- Преимущественное расположение территории, занятой природным каркасом относительно розы ветров.
- Объём территории, занятой объектами преимущественного экологического риска – автодорогами, промышленными объектами, предприятиями теплоэнергетики и т.д. К данным территориям относится преимущественно сильноантропогенезированная зона (за исключением объектов селитебных эколого-функциональных зон).

Для численного выражения площади территории города и пригородной десятикилометровой зоны, занятой объектами при-

родного каркаса, введём величину индекса площади природного каркаса. Численные выражения данного коэффициента представлены в таблице 5.

Таблица 5

Численные выражения индекса площади природного каркаса

Процентное соотношение площади территории, занятой объектами природного каркаса по отношению к общей площади исследуемой урбанизированной территории и пригородной десятикилометровой зоны	Более 30	20-30	10-20	5-10	Менее 5
Значение индекса площади природного каркаса	1	0,9	0,8	0,7	0,6

Для численного выражения преимущественного расположения территории, занятой природным каркасом относительно розы ветров, введём значение индекса расположения природного каркаса относительно розы ветров. Учитывая физиологические особенности зелёных насаждений, оказывающих максимальный положительный эффект в тёплый период года, анализ розы ветров при определении численного значения индекса расположения природного каркаса предполагается производить в летний период. Численные выражения данного коэффициента представлены в таблице 6.

Таблица 6

Численные выражения преимущественного расположения территории, занятой природным каркасом относительно розы ветров в летний период

Процент повторяемости ветров (по розе ветров) со стороны объектов природного каркаса в сторону урбанизированной территории в летний период	Более 20	15-20	10-15	5-10	Менее 5
Значение индекса расположения природного каркаса относительно розы ветров	1	0,9	0,8	0,7	0,6

Для численного выражения объёма территории, занятой объектами преимущественного экологического риска – автодорогами, промышленными объектами, предприятиями теплоэнергетики и т.д., введём значение индекса сильноантропогенезированной зоны. Численные значения данного показателя приведены в таблице 7.

Численные выражения индекса сильноантропогенезированной территории

Процентное соотношение площади сильноантропогенезированной территории, по отношению к общей площади исследуемой урбанизированной территории и пригородной десятикилометровой зоны	Менее 50	50-60	60-70	70-80	Более 80
Значение индекса сильноантропогенезированной территории	1	0,9	0,8	0,7	0,6

Изучение природного каркаса как фактора микроклиматических условий 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 [7].

Результаты, полученные в ходе дешифрирования космоснимков, а также данные обработки статистической информации обобщены в среде ГИС «Экология городов Воронежской области», на базе которой разработана модель влияния экологического каркаса на интегральную величину экологической комфортности исследуемой территории [7,8].

Для изучения природного (экологического) каркаса территории города Воронежа и пригородной десятикилометровой зоны создан архив многоканальных космических снимков спутников Landsat-7 и Landsat-8, полученных на портале Геологической службы США [7,8].

Для изучения временной динамики природного каркаса исследуемых территорий – для каждой территории получены космоснимки за 2 периода:

1 период – 1999-2002 годы;

2 период – 2015-2016 годы.

Обработка полученных космоснимков проведена в программном пакете ArcGIS 10.3 – произведён расчёт значений NDVI для исследуемой 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 Воронежа, а также в 10-ти километровой буферной зоне.

Для изучения динамики 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.

Анализ пространственного зонирования территории городского округа г. Воронеж и пригородной десятикилометровой зоны (в общей сложности 1246 км²) методом NDVI, показал, что большая часть исследуемой территории (от 40 до 50 %) относится к слабоантропогенезированной зоне.

Основную долю слабоантропогенезированных территорий составляют сельскохозяйственные поля, прилегающих к городу Рамонского, Новоусманского и Семилукского административных районов.

Доля природного каркаса – 8-10% от общей площади территории. Однако, следует отметить, что территории, составляющие природный каркас урбанизированной территории городского округа г. Воронеж 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 [5].

Сильноантропогенезированные территории, которые за исключением селитебной эколого-функциональной зоны могут быть рассмотрены как объекты экологического риска, расположены преимущественно внутри территории городского округа г. Воронеж, а также в районе иных более мелких урбанизированных территорий.

Анализ динамики изменения расположения различных зон за 15 летний период позволил установить 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 десятикилометровой зоны обусловлено увеличением сильноантропогенезированной зоны и зоны природного каркаса за счёт данной территории.

Таким образом, пространственное зонирование территории города Воронежа и пригородной десятикилометровой зоны методом NDVI показало расположение зон природного каркаса и позволило оценить их влияние на микроклиматические условия города.

На территории городского округа г. Воронежа наблюдается постепенное сокращение площадей, занятых природным каркасом. Данный факт объясняется рядом социально-экономических причин. Во первых, цена земли, а также её рентабельность как в самом Воронеже, так и в пригородных зонах ежегодно увеличивается, что подталкивает местные бизнес-элиты к освоению пригородных зон и сокращению лесных массивов и природных урочищ. Во-вторых, генеральным планом городского округа г. Воронежа предусмотрен вынос объектов экологического риска в пригородные зоны, что, с одной стороны, имеет положительный экологический эффект, а, с другой, - ведёт к сокращению территории природного каркаса.

Помимо площади природного каркаса, важное значение имеет его расположение относительно города. Приоритетней расположение территорий природного каркаса с наветренной стороны относительно города.

На изученных территориях городского округа г. Воронежа, а также пригородных зонах наблюдается устойчивый рост сильноантропогенезированных территорий. Данный факт является ха-

рактерной тенденцией урбанизированных территорий развитых стран мира.

ЛИТЕРАТУРА

1. Епринцев С.А. Оценка экологической комфортности населения урбанизированных территорий / С.А. Епринцев // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. - 2014. - Т. 19.- № 5. - С. 1410-1412.

2. 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.

3. Епринцев С.А. Экологическая комфортность урбанизированной территории Адлерского района города Сочи в условиях интенсивного антропогенного прессинга / С.А. Епринцев, О.Е. Архипова // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. - 2012. - № 2. С. 100-104.

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. Куролап С.А. Экологическая экспертиза и оценка риска здоровью / С.А. Куролап, О.В. Клепиков, С.А. Епринцев. – Воронеж: Издательство: «Научная книга», 2012. – 108 с.

6. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды <http://www.meteorf.ru/>.

7. Yeprintsev S.A. Assessment of the dynamics of urbanized areas by remote sensing / S.A. Yeprintsev, M.A.Klevtsova, L.A.Lepeshkina, S.V.Shekoyan, A.A.Voronin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science Current Problems and Solutions. Ser. "All-Russian Research-to-Practice Conference "Ecology and Safety in the Technosphere"" 2018. С. 012034.

8. Чандра А.М. Дистанционное зондирование и географические информационные системы / А.М. Чандра, С.К. Гош С.К. – М., 2008. – 312 с.

9. Епринцев С.А. Влияние микроклиматических условий на распространяемость антропогенных поллютантов на примере го-

родов Центральной России / С.А. Епринцев, О.В. Клепиков, С.В. Шекоян, Е.В. Жигулина // Глобальные климатические изменения: региональные эффекты, модели, прогнозы: Материалы межд. науч.-практ. конф. (г. Воронеж, 3-5 октября 2019г.). – Воронеж, 2019. – Т.2. – С. 227-230.

АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ, СВЯЗАННЫХ С ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКОЙ И РЕКРЕАЦИОННЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ НА РЕКУ ДОН В ПРЕДЕЛАХ ВОРОНЕЖСКОЙ ГОРОДСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

Ю.С. Калашников, О.В. Клепиков

На территории Воронежской городской агломерации расположен участок крупной реки Центральной России - Дона, испытывающего интенсивное техногенное воздействие. В задачи данного исследования входило: 1) провести гигиеническую и эпидемиологическую оценку роли природных и техногенных факторов, формирующих качество воды в реке Дон на территории Воронежской городской агломерации с населением более 1 млн. человек; 2) 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.

Объект и методы исследования

Дон - самая большая река на территории Воронежской области. Её протяженность на территории области составляет 530 км, ширина русла в межень от 40 до 80 метров. Глубина на плесах 3-5 м. Бассейну реки Дон на территории Воронежской области принадлежит большая часть рек – Воронеж, Хопёр, Битюг, Тихая Сосна, Икорец, Чёрная Калитва.

Водный режим Дона типичен для степных рек с преобладанием (до 70%) снегового питания. В отдельных местах имеется грунтовое питание.

Наибольшему антропогенному воздействию река подвергается в черте городского округа город Воронеж. Именно этот участок был выбран как объект исследования. Протяженность Дона на этом участке составляет около 50 км (рис. 1).

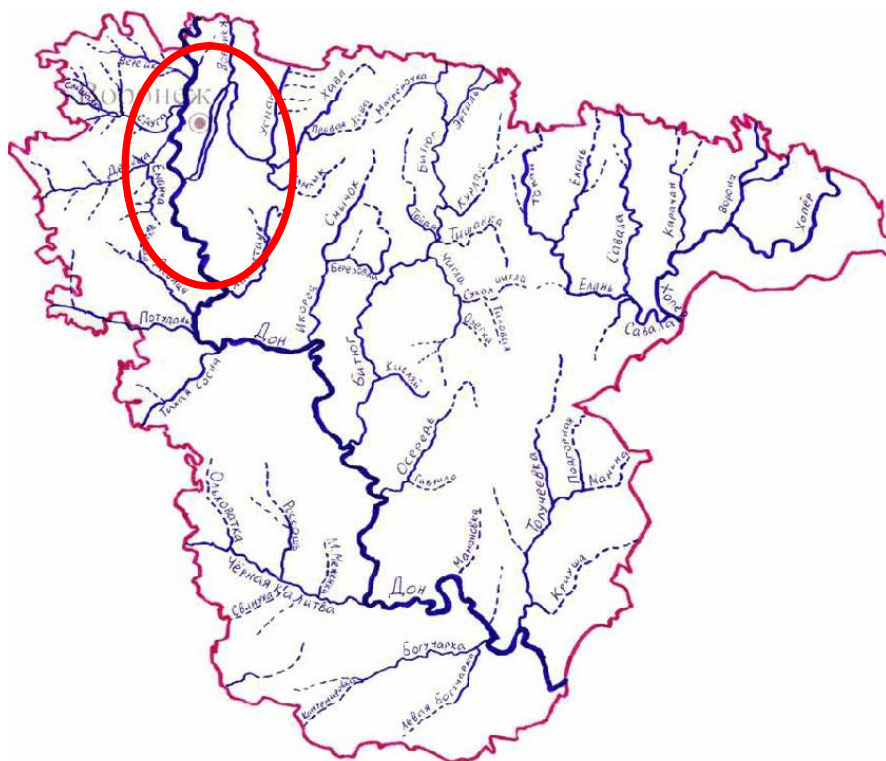


Рис. 1. Объект исследования – участок Верхнего Дона на территории 4 муниципальных районов Воронежской области

Исследуемый участок реки Дон территориально расположен в Рамонском, Семилукском, Хохольском и Каширском районах, а также в городском округе город Воронеж, который является областным центром.

Со значительной по площади территории правобережной (относительно внутригородского Воронежского водохранилища) части города (Коминтерновский, Советский, Центральный, Ленинский административные районы) хозяйственно-бытовые и промышленные сточные воды через систему канализования поступают на Правобережные очистные сооружения. В свою очередь, условно-чистые воды после очистки на Правобережных очистных сооружениях поступают в ручей «Голубой Дунай», (кадастровое название - малая река Песчаный Лог) и далее в реку Дон. Условно-чистые воды, поступающие с Правобережных очистных сооружений, вместе с техногенно измененными водами ручья

«Голубой Дунай» являются первым наиболее значимым источником неблагоприятного воздействия на качество воды в реке Дон.

Вторым значимым техногенно измененным притоком Дона являются воды, сбрасываемые с плотины внутригородского Воронежского водохранилища.

Исследование включало оценку качества воды в реке Дон и влияние на него техногенных факторов (табл. 1).

Таблица 1

Объекты, показатели и объем исследований

Направление исследования	Объект исследования	Показатели	Объем исследований
1. Оценка качества воды в реке Дон и влияние на него техногенных факторов	Река Дон	Органолептические: запах, плавающие примеси Санитарно-химические: аммоний-йон (NH_4^+), мг/дм ³ ; нефтепродукты, мг/дм ³ ; нитраты (по NO_3^-), мг/дм ³ ; нитриты (по NO_2^-), мг/дм ³ ; взвешенные вещества, мг/дм ³ ; хлориды, мг/дм ³ ; сульфаты, мг/дм ³ ; БПК, мг/дм ³ ; ХПК, мг/дм ³ ; водородный показатель, рН, ед. (в рамках региональной системы социально-гигиенического мониторинга);	- 1204 определения 10 санитарно-химических показателей и 375 определений 5 микробиологических показателей в 4-х мониторинговых контрольных точках – зонах рекреации (в рамках СГМ); - 54 пробы воды, исследованных по 13 санитарно-химическим показателям в 6 дополнительных контрольных точках ;
	Техногенно измененный приток Дона – ручей «Голубой Дунай»	дополнительно: жесткость, минерализация, фосфаты	- 54 пробы воды, исследованных по 13 санитарно-химическим показателям в 2-х контрольных точках
	Воронежское водохранилище	Расчетные показатели: средние и максимальные значения показателей, статистическая ошибка средних величин, соотношение показателей с гигиеническими норма-	- 1505 определений 9 санитарно-химических показателей в 5-ти мониторинговых контрольных точках – зонах рекреации; - 625 определений 5 микробиологических

Направление исследования	Объект исследования	Показатели	Объем исследований
		тивами, индекс загрязнения воды (ИЗВ)	показателей в 5-ти мониторинговых контрольных точках – зонах рекреации (в рамках СГМ)
	Техногенно измененный приток Дона – сброс воды с плотины Воронежского водохранилища	Микробиологические: термотолерантные колиформные бактерии, КОЕ/100 мл; ротавирусы, холероподобный вибрион, колифаги, БОЕ/100 мл; антиген вирусного гепатита	- 54 пробы воды, исследованных по 13 санитарно-химическим показателям в 1 дополнительной контрольной точке

Для оценка качества воды в реке Дон использованы материалы региональной системы социально-гигиенического мониторинга за 2014-2019 гг.. по определению 10 санитарно-химических показателей и 5 микробиологических показателей в мониторинговых контрольных точках, выполненные в аккредитованном испытательном лабораторном центре Федерального бюджетного учреждения здравоохранения «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области». Учитывая специфику контроля качества воды в местах рекреации, все пробы и анализы были проведены в летнее время с июня по август, т.е. в купальный сезон.

В течение сезона проведен отбор и анализ 54 проб воды, исследованных по 13 санитарно-химическим показателям в 6 дополнительных контрольных точках реки Дон.

Проведено визуальное санитарно-гигиеническое обследование техногенно измененного притока Дона – ручья «Голубой Дунай» с организацией последующего отбора 54 проб в 2-х контрольных точках и их лабораторным исследованием по 13 санитарно-химическим показателям. При визуальном обследовании места сброса условно-чистых сточных вод с Правобережных очистных сооружений обращалось внимание на органолептические показатели, которые могут быть оценены без ущерба собственному здоровью (наличие плавающих примесей, цвет воды, прозрачность, запах воды). Согласно общим требованиям к составу и свойствам воды водных объектов в контрольных створах и местах

питьевого, хозяйственно – бытового и рекреационного водопользования (извлечение из СанПиН 2.1.5.980-00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод») на поверхности воды не должны обнаруживаться пленки нефтепродуктов, масел, жиров, пены и скопления других плавающих примесей; вода не должна приобретать запахи интенсивностью более 2 баллов.

Отбор проб воды из открытых водоемов осуществлялся в соответствии с требованиями рекомендаций РД 52.24.309-2016 «Организация и проведение режимных наблюдений за состоянием и загрязнением поверхностных вод суши», Р 52.24.353-2012 «Отбор проб поверхностных вод суши и очищенных сточных вод», а также требованиями ГОСТ Р 51592-2000 «Вода. Общие требования к отбору проб».

При анализе данных об уровне загрязнения поверхностных водных объектов использованы ГН 2.1.5.1315-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования», а также показатели жесткости, БПК, ХПК, нормируемые в соответствии с СанПиН 2.1.5.980-00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод» (табл. 2).

Анализировались минимальные и максимальные показатели, рассчитывались средние значения показателей (М), ошибка среднего значения (m).

Показатели микробиологической безопасности качества воды реки Дон и его притоков сравнивались с нормативами, определенными СанПиН 2.1.5.980-00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод»: термо-толерантные колиформные бактерии, КОЕ/100 мл (не более 100), ротавирусы (отсутствие), холероподобный вибрион (отсутствие), колифаги, БОЕ/100 мл (не более 10), антиген вируса гепатита А (отсутствие).

Проведены исследования по оценке влияния стоков с Правобережных очистных сооружений и сброса с гидроузла Воронежского водохранилища на качество воды в реке Дон, включающие визуальное санитарно-гигиеническое обследование, определение органолептических показателей в пробах воды (запах), отбор и анализ проб в дополнительных контрольных точках две из которых ручей «Голубой Дунай», три – река Дон. В течение 2018-2019 гг. отобрано по 54 пробы воды в каждой точке с определением 13 санитарно-химических показателей (дополнительно к существ-

вующей системе мониторинга определялись концентрация фосфатов, жесткость, сухой остаток). Все исследования проведены в аккредитованной лаборатории ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области».

Таблица 2

Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования

Наименование вещества	Номер CAS	Величина ПДК, мг/м ³	Лимитирующий показатель вредности	Класс опасности
Аммиак и аммоний-ион (по азоту)	7664-41-7	1,5	орг. зап.	4
Нефть (нефтепродукты)	8002-05-9	0,3	орг. пл.	4
Нитраты (по NO ₃ ⁻)	8002-05-9	45	с.-т.	3
Нитриты (по NO ₂ ⁻)	-	3,3	с.-т.	2
Хлориды (по Cl ⁻)	-	350	орг.	4
Сульфаты (по SO ₄ ²⁻)	-	500	привк., орг., пена	4
Фосфат-ион, мг/дм ³	-	3,5	общ. санитарный	4
Взвешенные вещества, мг/дм ³	-	+0,75 к фону	-	-
Жесткость, мг-экв./дм ³	-	7	-	-
Сухой остаток	-	1000	-	-
БПК, мг/дм ³	-	4	-	-
ХПК, мг/дм ³	-	30	-	-
Водородный показатель, pH, ед.	-	6,5-8,5	-	-

Проведена оценка рекреационного неблагополучия мест отдыха на реке Дон (8 показателей с расчетом суммы рангов).

Качество воды Верхнего Дона оценивалось 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 очист-

ных 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.

Результаты исследования

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» (табл. 3, рис. 2).

Таблица 3
Основные сведения о зонах рекреации на реке Дон^{*)}

Наименование водного объекта	Сведения о зоне рекреации					
	Наименование зоны рекреации	Вид использования	Местоположение		Размеры зоны рекреации	
			город (район)	наименование ближайшего населенного пункта	Протяженность береговой полосы, км	Ширина, м
р. Дон	Пляж с. Ново-животинное	купание	Рамонский район	с. Ново-животинное	0,10	95,00
р. Дон	место отдыха	купание	Семилукский район	г. Семилуки	1,00	50,00
р. Дон	п. Первое Мая	купание	г. Воронеж	п. 1 Мая	0,60	25,00
р. Дон	пос. Шилово	купание	г. Воронеж	пгт. Шилово	0,56	15,00

**) Точки отбора проб воды ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области».*

Обследуемый в исследовании участок реки Дон территориально находится на территории 4-х муниципальных районов и городского округа город Воронеж. Протяженность обследуемого участка составляет около 50 километров (рис. 2).

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 [1].

Нами проведена оценка рекреационного неблагополучия мест отдыха на реке Дон по трем группам критериев (качество воды, природный комплекс, уровень техногенной нагрузки), которая показала, 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 (табл. 4).

Обобщение данных о качестве воды в реке Дон по этим четырём контрольным точкам за пятилетний период показало, что из 10 систематически контролируемых санитарно-химическим показателем к числу приоритетных (по периодическим фактам превышения норматива) следует отнести концентрацию аммоний-иона (максимальное превышения ПДК в 1,2 раза), содержание нитритов (максимальное превышение в 1,09 раз), БПК (до 2,21 раз), ХПК (до 1,05 раз), а также значительную концентрацию взвешенных веществ (до 75 мг/дм³) (табл. 5).

При этом все максимальные значения санитарно-химических показателей отмечены в 1-ой из 4-х мониторинговых точек – п. Первое мая (мост Курской трассы).

Несоответствие нормативам микробиологических показателей периодически отмечалось по содержанию термотолерантных колиформных бактерий во всех 4-х мониторинговых точках, при максимальном показателе в контрольной точке поселка Шилово. Имелись факты обнаружения холероподобного вибриона в контрольных точках п. Первое Мая и пос. Шилово [2]. В контрольной точке поселка Шилово имелись факты обнаружения колифагов (табл. 6).

Таким образом, приоритетными микробиологическими показателями для воды реки Дон являются содержание термотоле-

рантных колиформных бактерий (во всех четырех контрольных точках), а также контроль холероподобного вибриона, колифагов, особенно в контрольной точке поселка Шилово, расположенной ниже городской черты по течению и ниже сброса условно-чистых вод с Правобережных очистных сооружений.

Таблица 4

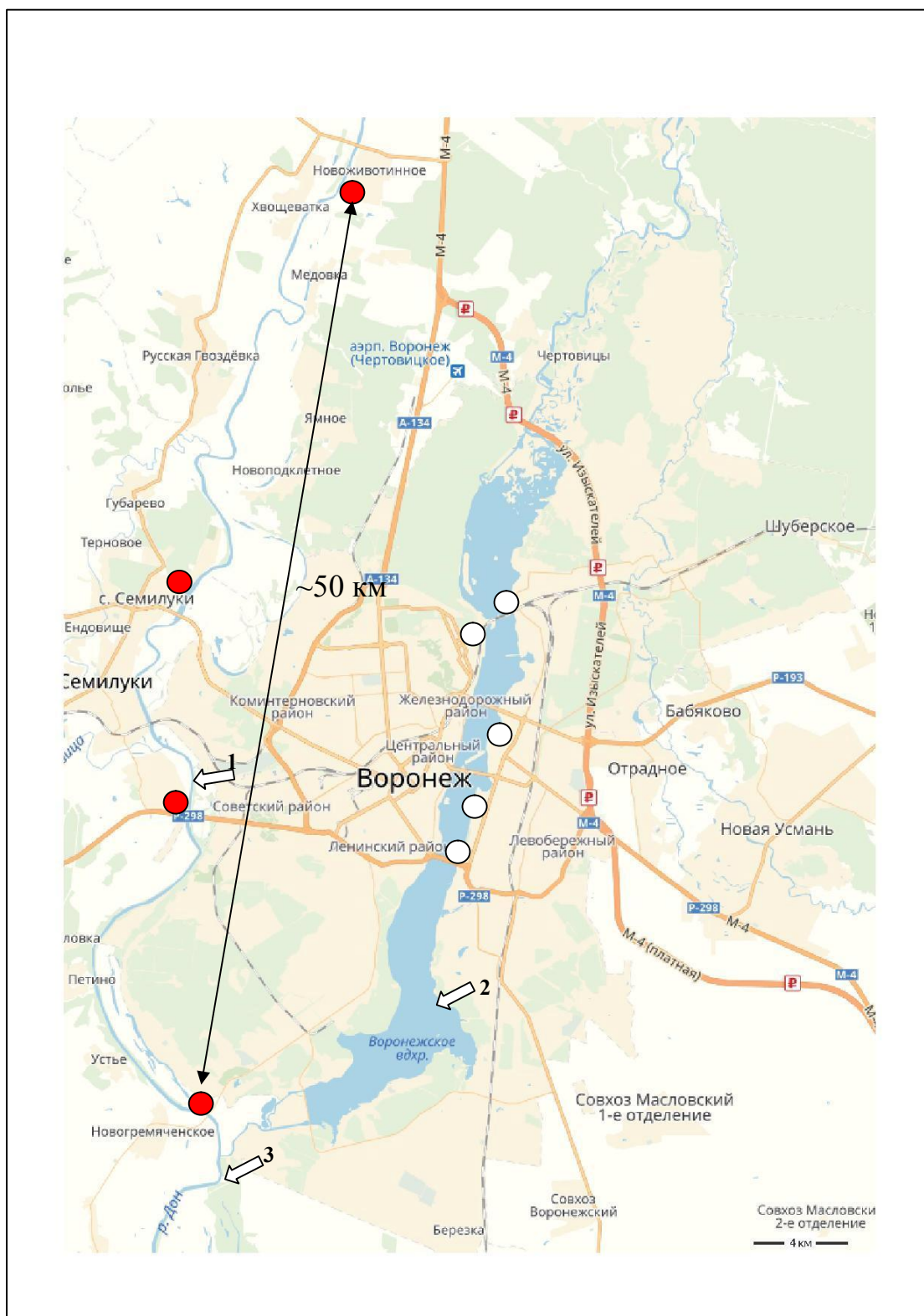
Комплексная оценка неудовлетворительного состояния мест рекреационного водопользования реки Дон

Административный район	Место рекреационного водопользования	Качество воды *)				Природный комплекс **)				Уровень техногенной нагрузки *)				Сум-ма ран-гов ***)		
		% проб по сан.-хим. показателям	Ранг	% проб по микроб. показателям	Ранг	Лесной массив	Луг	Живописность окружающей среды	Сумма баллов	Ранг	ТБО в месте рекреации	Неорганизованный	Близость выпуска		Сумма баллов	Ранг
Рамонский р-н	р. Дон, с. Новоживотинное (фоновая к/т)	1,9	1	13,9	1	0	0	1	1	3	1	1	0	2	2	7
Семилюкский 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
Гор. округ 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
Гор. округ 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.



● - контрольные точки отбора проб воды в реке Дон (места рекреации)

○ - контрольные точки отбора проб воды в Воронежском водохранилище (места рекреации)

⇄ 1 – ручей «Голубой Дунай» со сбросами условно-чистых вод с Правобережных очистных сооружений; 2 – сброс условно-чистых вод с Левобережных очистных сооружений; 3 – сброс с плотины Воронежского водохранилища

Рис. 2. Действующая система мониторинга качества воды в водоемах (ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области»)

Таблица 5

Санитарно-химические показатели качества воды
в местах рекреации реки Дон по данным мониторинга

Показатель	Число определений	Значение концентрации или показателя			ПДК или норматив*)	Средн. / норматив	Макс. / норматив
		Минимум	Максимум	Среднее $M \pm m$			
Аммоний-ион (NH_4^+), мг/дм ³	161	0,02	1,8	0,30±0,07	1,5	0,20	1,20
Нефтепродукты, мг/дм ³	57	0,02	0,04	0,03±0,001	0,3	0,10	0,13
Нитраты (по NO_3^-), мг/дм ³	163	0,05	16,8	4,78±1,02	45	0,11	0,37
Нитриты (по NO_2^-), мг/дм ³	163	0,01	3,6	0,23±0,13	3,3	0,07	1,09
Взвешенные вещества, мг/дм ³	57	1,5	75	15,6±6,09	0,75 к фону	-	-
Хлориды, мг/дм ³	163	2,4	41	19,2±1,41	350	0,05	0,12
Сульфаты, мг/дм ³	57	39	67,5	53,2±2,93	500	0,11	0,14
БПК, мг/дм ³	163	0,94	8,82	3,34±0,46	4	0,84	2,21
ХПК, мг/дм ³	57	7,9	31,4	16,9±2,31	30	0,56	1,05
Водородный показатель, рН, ед.	163	6,5	8,5	7,97±0,09	6,5-8,5*)	-	-

Правобережные очистные сооружения города Воронежа расположены на территории Советского района (ул. Антакольского, д. 21.). На них поступают хозяйственно-бытовые и промышленные стоки с правобережной части Воронежа, а также с расположенных на левом берегу Дона поселков Придонской, Тенистый и Шилово.

Концепция правобережных очистных сооружений города Воронежа создавалась институтом «Воронежгражданпроект» в 60-е годы XX века. Инженеры учли все передовые разработки того времени. Первая очередь производительностью 260 тысяч кубометров в сутки была введена в эксплуатацию в 1972 году. Запуск второй очереди в декабре 1982 года довел мощность правобереж-

ных очистных сооружений до 400 тысяч кубометров в сутки, но из-за отсутствия в те годы необходимого финансирования от строительства блоков доочистки, обезвоживания ила и обеззараживания сточной воды отказались.

Таблица 6

Микробиологические показатели качества воды в местах рекреации реки Дон^{*)}

Показатель	Норматив	Место рекреации (место отдыха)			
		Пляж с. Новоживотинное	п. Первое Мая	Пляж Семилуки	пос. Шилово
Термотолерантные колиформные бактерии, КОЕ/100 мл	100	от 50 до 2400	от 50 до 2400	от 50 до 24000	от 50 до 24000
Ротавирусы	отсутствие	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены
Холероподобный вибрион	отсутствие	не обнаружен	обнаружен	обнаружен	обнаружен
Колифаги, БОЕ/100 мл	отсутствие	не обнаружены	не обнаружены	не обнаружены	обнаружены
Антиген вирусного гепатита	отсутствие	не обнаружен	не обнаружен	не обнаружен	не обнаружен

^{*)} – по данным ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области».

В настоящее время основная технологическая линия включает следующие сооружения: 1) механическая очистка - песколовки, радиальные и вертикальные отстойники; 2) биологическая очистка - аэротенки-смесители; 3) вторичные отстойники. Существующая технология позволяет производить подсушку и обезвоживание образующихся после этого осадков. Затем их складывают на иловых картах площадью 125 га в 1 км от очистных сооружений. Ближайшая селитебная зона – поселок Тенистый, входящий в городской округ город Воронеж - расположен на расстоянии 1,2 км. Полная масса накопленного осадка за время работы сооружений составила около 650 тыс. т и продолжает увеличиваться. Использовать его в качестве удобрения невозможно из-за загрязненности. Хранение ила ведет к загрязнению подземных вод в непосредственной близости от реки Дон. Очищенная сточная вода сбрасывается в ручей «Голубой Дунай» (географическое и кадастровое название – малая река Песчаный Лог, который считается левым притоком Дона), а

по нему в реку Дон. Целиком протекает по территории города Воронежа. Длина его составляет около 12 км. Берёт начало в Коминтерновском районе города. В верхнем течении ручей в настоящее время заключен в коллектор, в нижнем течении – открыт.

Учитывая, что ручей «Голубой Дунай» является практически техногенным стоком, неблагоприятно влияющим на качество воды в реке Дон на изучаемом участке, нами проведено санитарно-гигиеническое обследование его русла и организован дополнительный отбор проб воды.

При визуальном обследовании нами было отмечено скопление в русле ручья плавающих и затонувших твердых бытовых отходов, в основном это полиэтиленовые упаковки, пластиковые бутылки, которые задерживаются упавшими в русло ветками деревьев. Еще выше сброса условно-чистых вод с Правобережных очистных сооружений вода имеет неприятный запах, оцениваемый в 3 балла. Это, по всей видимости, связано с техногенными стоками, попадающими в городской коллектор ручья «Голубой Дунай», проходящий по правобережной части города.

Ниже сброса условно-чистых вод с Правобережных очистных сооружений вода имеет коричневый цвет, местами практически черный. Отмечается выраженный запах, оцениваемый в 4 балла. В углублениях дна скапливается иловый осадок темно-коричневого и черного цвета. Вода в ручье очень мутная, с взвешенными веществами, видимыми невооруженным глазом, на поверхности местами отмечается пленка и пена, что свидетельствует о наличии поверхностно-активных веществ.

Загрязнение воды реки Дон в месте впадения ручья «Голубой Дунай» визуально прослеживается на расстоянии около 1 километра, что также подтверждено изображением на космическом снимке интернет приложения Яндекс-карты (рис. 3).

При визуальном обследовании 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 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; б) ниже точки впадения на расстоянии в 500 м; 7) ниже точки впадения на расстоянии в 2 км.

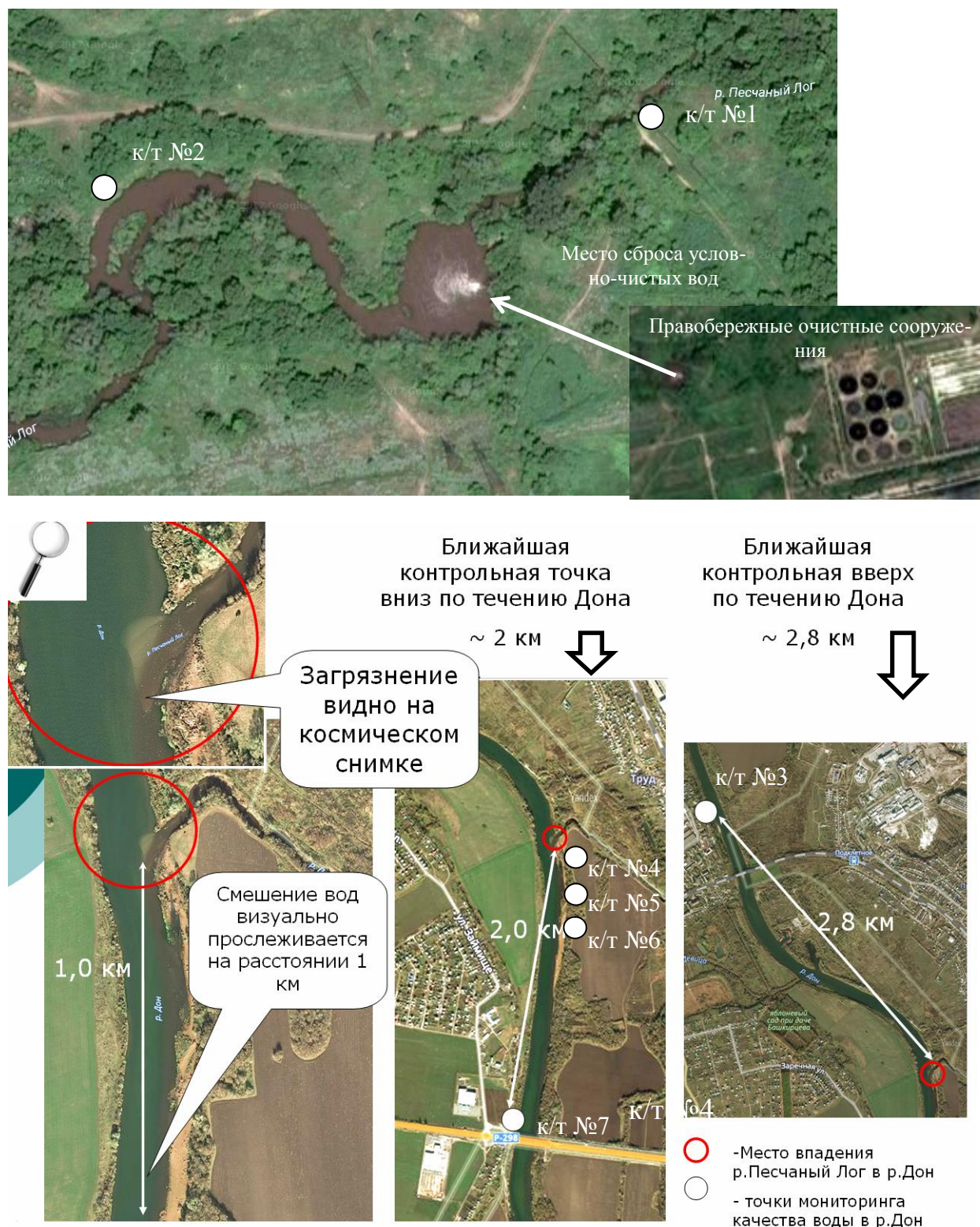


Рис. 3 Контрольные точки отбора проб воды (использованы спутниковые фото свободного интернет-приложения «Яндекс-карты» yandex.ru/maps)

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»).

Пробы отбирались ежемесячно в различные периоды года (весна, лето, осень) на протяжении двух 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 ручья «Голубой Дунай» смешенного со стоком с Правобережных очистных сооружений на качество воды в реке Дон практически по всем санитарно-химическим показателям (табл. 7).

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. 8).

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 так-

же 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).

Таблица 7

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-йон (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	0,0440±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

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)
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, рН, 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

Таблица 8

Кратность превышения гигиенических нормативов по санитарно-химическим показателям в мониторинге оценки влияния стока с Правобережный 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
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, рН	Не выходил за пределы диапазона природных вод Воронежской области						

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 плотины 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-ти 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 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. 9).

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, д. 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. 10).

В летние периоды 2014-2019 гг.. неблагополучная 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 обнару-

жены (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 9

Санитарно-химические показатели качества воды в местах рекреации Воронежского водохранилища (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	+0,75 к 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, рН, 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 термотолернатных 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 Вогрэссовского моста, нами были проведены дополнительные исследования качества воды после водосброса с плотины.

Таблица 10

Микробиологические показатели качества воды в местах рекреации Воронежского водохранилища *)

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
Термо-толерантные 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.11).

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.

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. 12, рис. 4).

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

Таблица 11

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

Показатель	ПДК или нор- ма- тив	Фактическое значение пока- зателя			Соотношение с ПДК или нормативом		
		Дон, к/т № 8 (до сброса с Воро- нежского водохра- нилища)	Сброс с Воронеж- ского во- дохрани- лища (по- сле пло- тины), к/т № 9	Дон, к/т № 10 (по- сле сброса с Воро- неж-ского водохра- нилища)	Дон, к/т № 8 (до сброса с Воро- неж- ского во- дохрани- лища)	Сброс с Воронеж- ского во- дохрани- лища (по- сле пло- тины), к/т № 9	Дон, к/т № 10 (по- сле сброса с Воро- неж-ского водохра- ни-лища)
Аммоний- йон (NH_4^+), мг/дм ³	1,5	0,58± 0,05	1,46± 0,11	1,39± 0,09	0,39	0,97	0,93
Нефтепро- дукты, мг/дм ³	0,3	0,02± 0,005	0,02± 0,005	0,02± 0,005	0,07	0,07	0,07
Нитраты (по NO_3^-), мг/дм ³	45	3,15± 0,22	4,45± 0,31	4,09± 0,28	0,07	0,10	0,09
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 фону	28,50± 1,95	90,85± 6,35	81,35± 5,69	-	-	Увеличе- ние 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-эquiv./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 показат., рН,ед.	6,5- 8,5	7,98± 0,55	8,62± 0,61	8,12± 0,56	0,00	0,00	0,00

Таблица 12

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 аммоний-иона, нефтепродуктов, нитратов, нитритов, хлоридов, сульфатов, фосфат-иона.

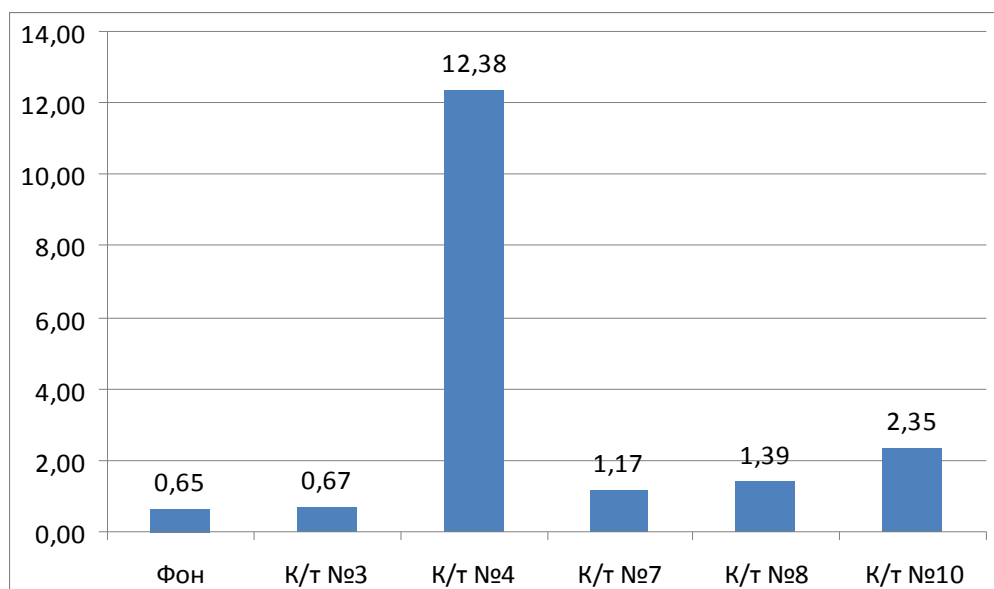


Рис. 4. Индекс загрязнения воды в контрольных точках реки Дон

Таким образом, результаты исследования показывают, что на качество воды реки Дон имеет место резко выраженное техногенное влияние города Воронежа, и, в частности, сточных вод, сбрасываемых с Правобережных очистных сооружений, а также вод с

внутригородского Воронежского водохранилища, в которое поступают без очистки ливнево-талые воды с территории города и сброс условно-чистых вод с Левобережных очистных сооружений.

Результаты гигиенической и эпидемиологической оценки роли природных и техногенных факторов, формирующих качество воды в реке Дон на территории потенциального неблагоприятного влияния промышленно-развитого мегаполиса – города Воронежа, объективно свидетельствуют о существенном ухудшении показателей качества воды оцениваемого водного объекта.

К числу приоритетных санитарно-химических показателей качества воды в реке Дон (по периодическим фактам превышения норматива) следует отнести концентрацию аммоний-иона (в местах рекреации - до 1,20 ПДК, в месте смешения с техногенно измененными притоками – до 9,75 раз), интегральные показатели БПК (до 2,21 и 2,58 раз соответственно), ХПК (до 1,05 и 1,07 раз соответственно), а также значительную концентрацию взвешенных веществ (до 75,0 и 81,35 мг/дм³ соответственно).

Приоритетными микробиологическими показателями для воды реки Дон являются содержание термотолерантных колиформных бактерий, контроль холероподобного вибриона, колифагов, особенно в контрольной точке поселка городского типа Шилово (место рекреации), расположенной ниже городской черты по течению и ниже сброса условно-чистых вод с Правобережных очистных сооружений.

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.

Существующая система мониторинга качества воды, ориентированная лишь на контроль показателей в местах рекреации, не в полной мере предоставляет объективную информацию о влиянии техногенных факторов и санитарно-эпидемиологической обстановке, связанной с водопользованием населения. 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. Эколого-гигиеническая оценка влияния техногенно измененного притока на качество воды в реке Дон вблизи города Воронежа / Ю.С. Калашников, О.В. Клепиков, Т.В. Хорпякова // Проблемы региональной экологии. - № 3. - 2018. - С. 62-66.

2. Клепиков О.В. Оценка экологического состояния Воронежского водохранилища по санитарно-гигиеническим и микробиологическим показателям / О.В. Клепиков, Л.Н. Хицова, Л.В. Молоканова // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2017. №1. С. 87-91.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ ЗАГРЯЗНЕННОГО СНЕГА, ВЫВОЗИМОГО С ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА ВОРОНЕЖА

Т.И. Прожорина, О.А. Гребенникова

В городской среде, где наблюдается большое количество как стационарных, так и передвижных источников загрязнения, снежный покров адсорбирует большее количество вредных веществ. В нем обнаруживаются загрязнения, содержащиеся в выхлопных газах автотранспорта и выбросах промышленных предприятий, и даже различные виды отходов [9].

Кроме того значительный вклад в загрязнение снежного покрова вносят и применяемые антигололедные реагенты различной природы.

Однако, в настоящее время во многих городах процесс уборки и очистки снега не достаточно оптимизирован, зачастую снежные массы сбрасывают в близлежащие водоемы или на прилегающие к городу необорудованные территории без какой - либо

очистки. Все это приводит к неблагоприятным экологическим последствиям: увеличению антропогенного воздействия на водоемы, загрязнению водоносных горизонтов, засолению почв, угнетению роста растительности.

Вывоз снега необходим по следующим причинам.

Во-первых, снег хорошо впитывает химически активные вещества, которые присутствуют не только в промышленных зонах, но и по всей территории города. Преимущественно снежные отвалы можно наблюдать вдоль городских дорог, где выхлопные газы автомобилей адсорбируются снегом в виде сажи от выхлопов, оксидами свинца, остатками бензина и т.п. Снег с течением времени накапливает очень опасную концентрацию вредных веществ. Поэтому вывезенный за город городской снег – это химически агрессивное вещество.

Во-вторых, присутствие антигололедных материалов. Для борьбы с наледью используется не только обычная поваренная соль, но современные химически активные вещества, которые также скапливаются в снежной массе. Если оставлять снег в черте города, то весной, скопившиеся в снеге вещества загрязнят почву и грунтовые воды.

В-третьих, если не вывозить зимой снег, то образуется большое количество талых вод, которые серьезно усложнят городскую жизнь, как для пешеходов, так и для транспорта.

По той же причине, по которой снег нельзя оставлять и в городе, нельзя просто произвести сброс снежных масс в ближайший овраг или к реке.

В настоящее время существуют различные способы и оборудование для эффективного снегоудаления на городских автомагистралях, тротуарах, внутриквартальных проездах и придомовых площадках. Например, это могут быть:

1) снегоплавильные станции, представляющие собой огромные дробильные машины с подогревом, где снег и лед проходят измельчение и растапливаются до жидкого состояния, после чего происходит слив вод в специальные резервуары или канализацию;

2) мобильные снегоплавильные станции, которые предназначены для установки на открытом воздухе в местах временного его складирования, сброс талой воды, в этом случае, происходит в сеть канализации;

3) другим наиболее экологически безопасным и простым способом для складирования вывезенных снежных масс являются специализированные полигоны, так называемые «сухие» снегосвалки. Они устроены так, чтобы химически активные вещества не наносили урона почве и грунтовым водам, в некоторых случаях они оборудованы гидроизоляционными перекрытиями и периодически на них производится рекультивация почвы [3].

Однако, несмотря на значительное количество конструкторских разработок и методик, проблема удаления снега в крупных городах далека от разрешения, что, в основном, обусловлено экономическими причинами [6].

Для многих российских городов этот вопрос недостаточно разработан. В связи с чем, авторы работы попытались рассмотреть возможность решения сложившейся ситуации на примере города Воронежа как крупного центра с развитой промышленностью и автотранспортным комплексом.

Кроме того, в снеге, убираемом с городских территорий, накапливается большое количество биологически трудноокисляемых органических соединений и минеральных веществ. Значительные массы загрязненного снега несут серьезную экологическую угрозу, связанную с загрязнением почвенного покрова, поверхностных и подземных вод. Поэтому после сбора и утилизации снега необходимо подвергнуть талые воды эффективной очистке [8].

Еще одной особенностью зимней уборки городских территорий является отсутствие мест для складирования снега и его загрязненность выбросами автотранспорта и антигололедными реагентами. Следует отметить, что ежегодно возрастает объем песко-соляной смеси, вносимой на улицы г. Воронежа. Так например, в 2017 году было внесено 73 тыс. т. противогололедных материалов, что на 2 тыс. тонн больше, чем в предыдущем году.

В г. Воронеже уборка снега с проезжей части улиц производится в соответствии с требованиями инструкций, утвержденных жилищно-коммунальным хозяйством [2].

Снегоприемные пункты появились в г. Воронеже только в 2000 году. До этого снег с улиц и дворов города выгружался прямо в Воронежское водохранилище. Такой сброс грязного снега в воду вел к экологической катастрофе, ведь вместе со снегом в воду попадало большое количество песка, мусора и химических реа-

гентов. Поэтому в 2000 году воронежские власти приняли важное решение о создании специальных снегоприемных пунктов.

Вплоть до 2014 года в г. Воронеже работало 6 снегоприемных пунктов (снегосвалок), закрепленных за каждым административным районом города.

С 2015 г. администрацией города определено, что единственным местом складирования листвы и снега, вывозимого с территории г. Воронежа, является выработанная часть карьера, расположенного в районе пос. Придонской (рис.1) [7].

Примерная площадь снегосвалки составляет 2000 м². Однако, защитное покрытие почвы отсутствует и очистных сооружений для талых вод не предусмотрено, стоки поступают на рельеф местности.

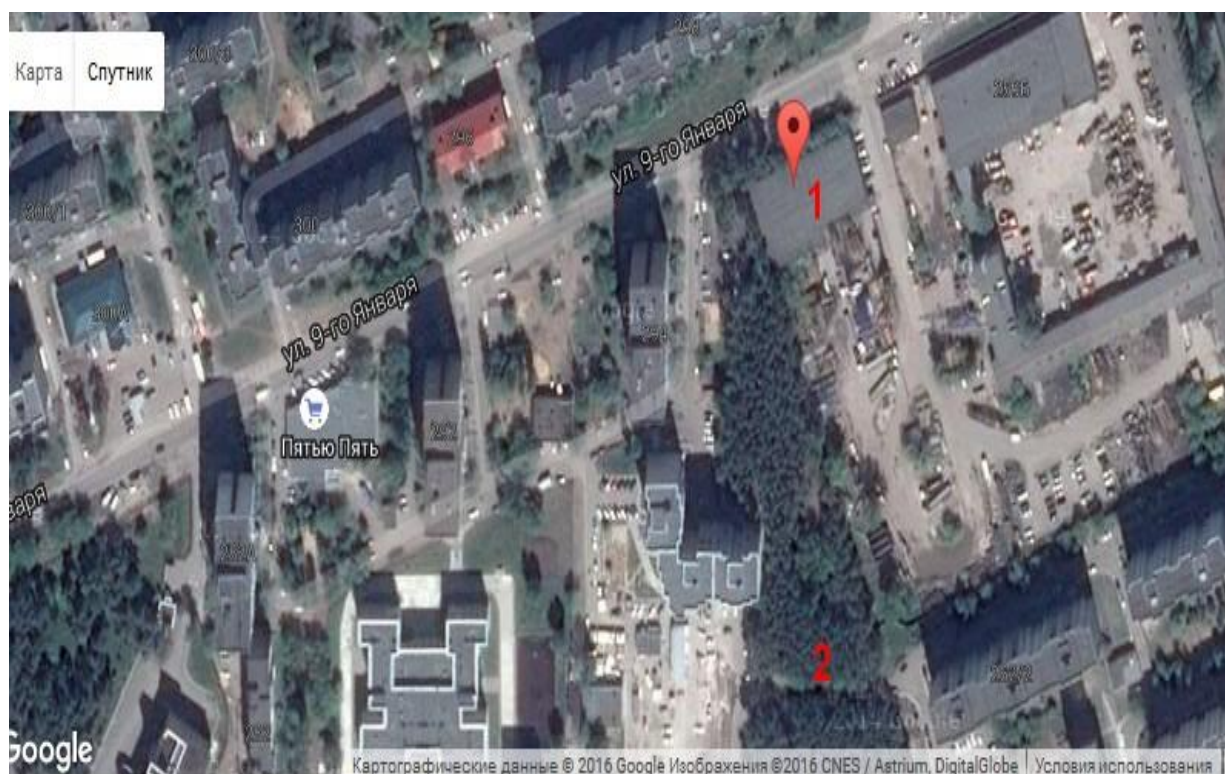


Рис.1. Место расположения городской снегосвалки (1 – место отбора проб снега; 2 – фоновый участок)

Несмотря на то, что Управление Роспотребнадзора по Воронежской области ведет мониторинг экологического состояния почв, но такого объекта как городская снегосвалка, в программе мониторинга нет.

Цель работы заключалась в исследовании экологических проблем, связанных с утилизацией загрязненного снега, убираемого с территории г. Воронежа, на основании результатов хими-

ческого состава талых вод и почвенных образцов, отобранных непосредственно на городской снегосвалке.

Для этих целей зимой 2018 года авторами работы были отобраны смешанные пробы снега с различной глубины снегосвалки (из 8 точек) общим объемом 2 л и образцы почвы после схода снега, т.е. в летний период, непосредственно на месте бывшей снегосвалки (из 8 точек) общей массой около 1 кг.

В качестве фонового участка обычно берутся территории, испытывающие минимальное воздействие на природную среду, поэтому в данном случае была выбрана «условно-чистая» территория, расположенная в 500 м от снегосвалки - территория лесопосадок.

Пробы снега растапливали при комнатной температуре и анализировали на следующий день. По осадку, полученному на фильтре, определяли количество взвешенных частиц в снеге, а в фильтрате определяли основные компоненты химического состава [1].

Исследования проводились на базе аттестованной эколого-аналитической лаборатории факультета географии, геоэкологии и туризма Воронежского госуниверситета. Химический анализ проб снега и почвы со снегосвалки выполняли с применением следующих методов анализа: весовой (взвешенные вещества); кондуктометрический (минерализация); потенциометрический (рН); титриметрический (общая жесткость, Ca^{2+} , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^-) и расчетный (Mg^{2+}) [4].

Результаты анализа показали, что все определяемые ингредиенты превышают фоновые значения (табл. 1). Однако, наибольшее превышение отмечается по взвешенным веществам (в 30,2 раза) и по хлоридам (в 33,7 раза). Это объясняется, тем, что в качестве противогололедных материалов в г. Воронеже используют песко-соляную смесь.

Результаты химического анализа отобранных проб снега представлены в таблице 1.

Следующим этапом работы были проведены исследования по определению кислотности и засоленности почв под влиянием снегосвалки.

Кислотность почвы – важнейший экологический фактор, определяющий условия жизнедеятельности почвенных организмов и высших растений, а также подвижность тяжелых металлов в почве.

Таблица 1

Анализ химического состава снега со снегосвалки

Показатели	Снегосвалка	Фон (500 м от свалки)	Коэффициент концентрации $C_{\text{факт}}/ \text{Фон}$
pH	6,9	6,75	-
взвешенные вещества, мг/л	517,24	17,1	30,2
общ. жесткость, мг-экв/л	0,47	0,1	4,7
Ca^{2+} , мг/л	7,3	1,36	5,4
Mg^{2+} , мг/л	0,66	0,13	5,1
HCO_3^- , мг/л	29,1	7,49	3,9
SO_4^{2-} , мг/л	82,1	36,1	2,3
Cl^- , мг/л	103,2	3,06	33,7
минерализация, мг/л	221,9	51,5	4,3

Засоленность почвы обусловлена повышенным содержанием в ней легкорастворимых минеральных солей, что создает неблагоприятные условия для развития и роста растений. У растений, произрастающих на засоленных почвах, задерживаются набухание семян, цветение, рост и снижается урожайность. Сильнозасоленные почвы непригодны для выращивания сельскохозяйственных культур, так как при высоком содержании солей наступает гибель растений.

В лабораторных условиях почву просеивали через сито с размером ячеек 1 мм, потенциометрическим методом с помощью рН-метра определяли актуальную ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$) и потенциальную (pH_{KCl}) кислотность в водной и солевой почвенных вытяжках [5].

Результаты анализа показали, что по сравнению с фоновым участком, как актуальная, так и потенциальная кислотность повысилась, и характеристика почвы изменилась от «нейтральной» до «слабощелочной». Это связано с присутствием большого количества зольных частиц, содержащих соединения гидрокарбонатов магния, кальция, калия, которые повышают pH почвенных вытяжек. А повышенное содержание зольных веществ в снежной массе объясняется наличием песка, входящего в состав песко-соляной смеси при обработке городских магистралей противогололедными реагентами [8].

Для определения засоленности почвенных образцов определили фактическую концентрацию основных анионов (гидрокарбо-

наты, сульфаты, хлориды) в водной почвенной вытяжке. На рисунке 2 приведены результаты анализа почвенных образцов, отобранных непосредственно под снегосвалкой, по сравнению с фоном.

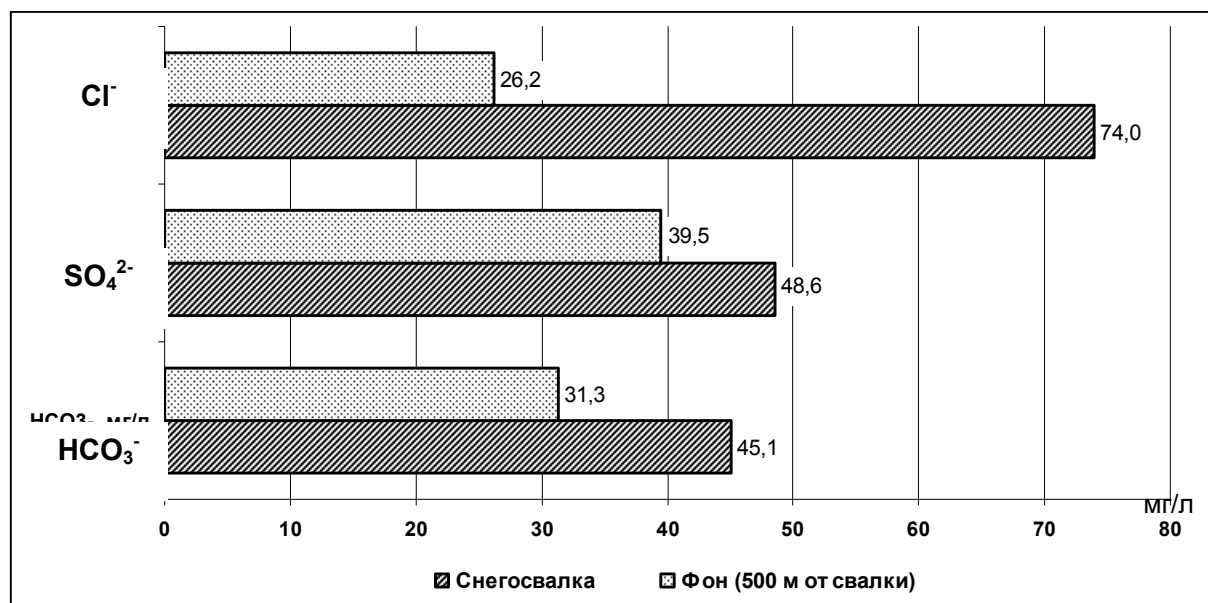


Рис. 2. Сравнительный анализа солевого состава почвенных образцов

Результаты анализа показали, что среди анионов солевого состава в почвенном образце, отобранном под снегосвалкой, доминируют хлориды (74,0 мг/л), хотя в фоновом образце они находятся на последнем месте (26,2 мг/л). Кроме того, все основные анионы в пробах почвы под снегосвалкой превышают аналогичные фоновые значения. Однако, наибольшее превышение отмечается по хлоридам (в 2,8 раза). Это объясняется, тем, что в качестве противогололедных материалов в г. Воронеже используют песко-соляную смесь.

В зависимости от концентрации солей, определили характеристики засоленности почвы под снегосвалкой: тип засоления – «смешанный» с преобладанием хлоридов, степень – «среднезасоленная».

Таким образом, если продолжать использовать данную территорию под снегосвалку при отсутствии необходимых сооружений для сбора и очистки талой воды, то через несколько лет почвенный покров перейдет в категорию «хлоридного» засоления, а после весеннего снеготаяния засоленные талые воды могут нанести непоправимый вред окружающей среде, связанный с загрязнением почв, поверхностных и подземных вод.

В таком развитом индустриальном городе как Воронеж для решения вопросов, связанных с удалением снега, необходим комплексный подход, включающий следующие мероприятия.

1. Сброс снега непосредственно в канализационные каналы, без учёта его качественного состава, приводит к засорению сооружений сети и, в результате, к трудоемким и дорогостоящим работам по очистке коллекторов. Снежные массы, вывозимые с городских территорий, сильно загрязнены песком, нефтепродуктами, антигололедными реагентами, уличным мусором и др. Талая вода от убираемого снега не соответствует не только нормативам по сбросу в водоёмы, но зачастую и нормам приёма стоков в городскую канализацию.

Таким образом, несмотря на то, что «сухие» снегосвалки являются наиболее простым методом удаления снега, однако они должны быть оборудованы сооружениями для сбора и очистки талой воды.

2. В г. Воронеже имеется дефицит больших площадей городских земель под устройство «сухих» снегосвалок. Например, для размещения 1 млн. м³ снега, площадь такой свалки должна быть не менее 12 га. Для размещения 213478 м³ снега, примерно вывозимого с улиц города Воронежа за год, площадь снегосвалки должна быть не менее 2,4 га. В тоже время площадь городской снегосвалки (по данным 2015года) составляет всего 0,2 га, что в 12 раз меньше нормы. Эти расчеты подтверждают острую необходимость внедрения стационарных или мобильных снегоплавильных установок в городе.

3. Так как загрязненный снег, вывозимый с городских территорий, представляет серьезную экологическую угрозу, связанную с загрязнением почвенного покрова, поверхностных и подземных вод, необходимо осуществлять постоянный контроль и мониторинг за влиянием эксплуатации снегосвалки на состояние окружающей среды. В связи с тем, что в настоящее время в г. Воронеже «сухие» снегосвалки не оборудованы надлежащим образом, а снегоплавильные установки отсутствуют, в программу мониторинга экологического состояния почв, осуществляемого Управлением Роспотребнадзора по Воронежской области, должен быть включен такой объект как «городская снегосвалка».

ЛИТЕРАТУРА

1. Аэротехногенный мониторинг состояния городской среды по загрязнению снежного покрова (на примере города Воронежа) / Прожорина Т.И., Беспалова Е.В., Куролап С.А., Виноградов П.М. // Вестник Волгоград. гос. ун-та. Серия 11: Естественные науки. 2014. - № 3 (9). - С. 28-34.

2. Генеральная схема очистки территории городского округа город Воронеж. – Воронеж, 2013. – 186 с.

3. Корецкий В.Е. Экологичное снегосплавление / Коммунальный комплекс России. Серия: Дорожное хозяйство.- М.: МосводоканалНИИпроект, 2006. - №2. - С. 20-24.

4. Методы экологических исследований: учебное пособие для вузов [гриф ФУМО «Науки о Земле»] / Н.В. Каверина, Т.И. Прожорина, Е.Ю. Иванова и др. - Воронеж: Издательство «Научная книга», 2019. - 355 с.

5. Орлов Д.С. Химия почв: учебник / Д.С. Орлов, Л.К. Садовникова, Н.И. Суханова. – М. :Высшая школа, 2005. – 557 с.

6. Очков В.Ф. Снег в мегаполисе и энергетика / В.Ф. Очков // Энергосбережение и водоподготовка, 2005. - №1. - С. 86-92.

7. Правила Благоустройства территорий городского округа город Воронеж / ПРАВИЛА (в ред. решений Воронежской городской Думы от 08.07.2009 N 203-II, от 03.03.2010 N 33-II, от 20.02.2013 N 1077-III, с изм., внесенными решением Арбитражного суда Воронежской области от 16.10.2009 по делу N А14-11562/2009/273/24).

8. Прожорина Т.И. Эколого-геохимическая диагностика состояния городской среды по загрязнению снежного покрова г. Воронежа / Т.И. Прожорина, С.А. Куролап, Е.В. Беспалова, П.М. Виноградов // Проблемы природопользования и экологическая ситуация в Европейской России и сопредельных странах: сб. матер. V межд. конф. - Белгород, 2013. - С. 131-134.

9. Снежный покров как индикатор загрязнения атмосферы / Т.И. Прожорина, Н.А. Шилкина // Экологические проблемы промышленных городов: сб. матер. IV всероссийской науч-практ. конф. с межд. участием. - Саратов, 2009. - С. 188-191.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НЕСАНКЦИОНИРОВАННОЙ СНЕГОСВАЛКИ НА ЭКОСИСТЕМУ ТЕРРИТОРИИ БОТАНИЧЕСКОГО САДА ВОРОНЕЖСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Т.И. Прожорина, Л.А. Лепешкина, О.А. Гребенникова

В настоящее время во многих городах процесс уборки и очистки снега недостаточно оптимизирован, зачастую снежные массы сбрасывают в близлежащие водоемы или на прилегающие к городу необорудованные территории без какой-либо очистки. Все это приводит к неблагоприятным экологическим последствиям: увеличению антропогенного воздействия на водоемы, загрязнению водоносных горизонтов, засолению почв, угнетению роста растительности.

Именно поэтому уборка и, главное, очистка снега является актуальной проблемой крупных городов. Данный вопрос является недостаточно разработанным для российских городов, поэтому в работе авторы попытались рассмотреть решение данного вопроса на примере города Воронежа как крупного центра с развитой промышленностью и автотранспортом.

С 2015 г. действует распоряжение администрации г. Воронежа, которым определено, что единственным местом складирования листвы и снега, вывозимого с территории города, является выработанная часть карьера, расположенного в районе пос. Придонской [1]. Однако, в последнее время участились факты несанкционированного складирования снега, загрязнённого песко-соляной смесью.

В качестве объекта исследования была выбрана временная снегосвалка, расположенная непосредственно у северной границы Ботанического сада Воронежского госуниверситета (ВГУ). В зимний период 2018-2019 гг. на пустыре в районе ул. Шишкова 140Б организовано складирование загрязненного снега, вывозимого с улиц Центрального района г. Воронежа (рис. 1). При этом место складирования не было согласовано с Департаментом природных ресурсов и экологии Воронежской области.



Рис. 1. Место расположения несанкционированной снеговалки

Весной тысячи кубометров грязной талой воды текут в заповедную зону Ботанического сада, на территории которого произрастает более 5 тыс. видов растений из разных стран мира, некоторые из них занесены в Красную Книгу. В результате разрушается подъездная дорога, открываются корневые системы деревьев, наблюдается почвенная эрозия и другие негативные последствия. Помимо засоления почвенного покрова прилегающей к снегосвалке территории и большого материального ущерба природному комплексу, очевидным фактом становится угнетение роста растений. Это связано с тем, что корневая система, в течение всего периода снеготаяния подвергается воздействию солёной воды с примесями тяжёлых металлов, нефтепродуктов и других загрязняющих веществ, присутствующих в загрязнённых массах снега, вывозимых с улиц города [6].

Научные сотрудники особо охраняемого природного объекта наблюдают присутствие антропогенного влияния снегосвалки на почвенный покров территории и угнетение роста древесных насаждений. В период активного снеготаяния отмечены эрозионные процессы в прикорневой части древесных и кустарниковых растений, что приводит к снижению их жизненности, наблюдаются процессы усыхания тсуги канадской, отмирание скелетных веток и суховершинность дуба черешчатого. На участках, подвергавшихся затоплению талыми загрязнёнными водами, отмечена массовая гибель молодых сеянцев ясеня обыкновенного, клена татарского и остролистного, дуба черешчатого.

Цель работы заключалась в исследовании влияния несанкционированной снегосвалки на экосистему территории Ботанического сада Воронежского госуниверситета.

Зимой 2019 г. авторами работы были отобраны смешанные пробы снега (из 8 точек) общим объемом 2 л. Снег отбирали лопатой, стараясь брать слои снега с различной глубины снегосвалки. Пробы снега растапливали при комнатной температуре. По осадку, полученному на фильтре, определяли количество взвешенных частиц в снеге, а в фильтрате определяли основные компоненты химического состава.

Химический анализ проб снега и почвы со снегосвалки выполняли с применением следующих методов анализа: весовой (взвешенные вещества); кондуктометрический (минерализация); потенциометрический (рН); титриметрический (общая жесткость, HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^-) [2].

Чтобы оценить степень загрязнения вывозимого на снегосвалку снега, провели сравнительный анализ химического состава загрязненного снега с его фоновыми показателями (табл. 1). В качестве фоновой пробы снега была выбрана «условно-чистая» территория санатория им. М. Горького, расположенная в 2 км от снегосвалки.

Таблица 1

Сравнительный анализ химического состава снега со снегосвалки с фоновыми показателями

Показатели	Снегосвалка	Фон (2км от снегосвалки)	Коэффициент концентрации $C_{\text{факт}} / \text{Фон}$
pH	7,59	6,8	
взвешенные вещества, мг/л	91345,72	33,0	2768,1
Общая жесткость, ммоль/л	3,25 средняя	0,18 очень мягкая	18,1
минерализация, мг/л	672,0	79,4	8,5
HCO_3^- , мг/л	106,75	16,4	6,5
SO_4^{2-} , мг/л	53,0	36,0	1,5
Cl', мг/л	381,63	1,2	318,0

Результаты анализа показали, что все определяемые показатели превышают фоновые значения. Однако, наибольшее превышение отмечается по взвешенным веществам (в 2768,1 раза) и по хлоридам (в 318 раз). Обнаруженное подщелачивание проб снега до 7,59 относительно фона также обусловлено повышенным содержанием в снеге твердых частиц (песка). Это объясняется, тем, что в качестве противогололедных материалов в г. Воронеже используют смесь песка с солью [7].

Соленые воды пагубно влияют на рост растений, вызывают засоление почв. Даже когда соль применялась в течение всего лишь одной зимы, ее остается в почве так много, что и спустя несколько лет может сохраняться опасная ее концентрация. Талый снег частично поступает в поверхностные воды, что ведет к увеличению минерализации речной воды весной, а частично - в почву, что приводит к ее засолению.

К контролируемым показателям состояния почв относятся кислотность и засоленность почв.

Одним из приоритетных экологических факторов, определяющих условия жизнедеятельности высших растений и почвенных организмов, является кислотность почв.

Процесс приобретения почвой повышенной кислотности часто называют *закислением почв*. Закисление почвы отрицательно сказывается на её плодородии и негативно воздействует на вегетацию большинства растений. Основные причины закисления почв носят как естественный, так и антропогенный характер:

- выдыхание микроорганизмами и корнями растений углекислого газа, при растворении которого в воде образуется угольная кислота;

- образование некоторых форм гумуса, имеющих повышенную кислотность;

- всасывание растениями с почвенной влагой катионов щелочных и щелочно-земельных металлов (калия, натрия, кальция, магния), приводящее к обогащению почвенного раствора кислотными компонентами;

- внесение кислотообразующих удобрений, например, аммиачные удобрения на основе мочевины, преобразование которой в нитратную форму, усвояемую растениями, сопровождается образованием азотной кислоты;

- кислотные осадки, при которых в почву с дождевой водой попадают серная, азотная и сернистая кислоты, при этом величина рН кислотного дождя может достигать 2-3 единиц [3].

Ещё одним важным контролируемым показателем экологического состояния почв является *засоленность*. Под засолением почвы подразумевается переизбыток химических соединений в структуре грунта, вызванный частым применением минеральных удобрений или поливами растений загрязненной водой. Засоление блокирует в гумусовом слое микропоры, убивает повышенной концентрацией химических веществ полезные биологические организмы, что вызывает полную непригодность грунта для любого вида земледелия. Возделываемые культуры на таких участках постепенно начинают увядать, прекращается их рост, ослабляется плодоношение.

Основной признак засоленных (солонцеватых) почв - присутствие в почвенном растворе значительного количества катионов Na^+ . Соответствующими анионами являются, в основном, хлориды, сульфаты, гидрокарбонаты и карбонаты, причем наибо-

лее отрицательно влияют на качество почвы гидрокарбонаты и особенно карбонаты как наиболее щелочные компоненты.

В зависимости от вклада различных анионов в солесодержание почвенного раствора различают:

- типы засоления почв: хлоридное, хлоридно-сульфатное, содовое и смешанное засоление;

- степень засоленности почв: незасоленные, слабозасоленные, средnezасоленные, сильнозасоленные, солончаки.

Засоление почв может происходить в силу естественных и антропогенных процессов. Естественное засоление почв происходит при переносе растворенных в грунтовых водах солей, из нижних водоносных слоев к поверхности. При испарении воды соль остается на поверхности почвы. Антропогенное засоление почв происходит при орошении почвы водой с повышенной концентрацией солей — более 1 г/л [3].

Чтобы установить степень влияния несанкционированной снегосвалки на почвенный покров территории Ботанического сада ВГУ, необходимо было отобрать и проанализировать образцы почвы до размещения снега на снегосвалке и после схода снега, т.е. в летний период того же года, а также сравнить полученные результаты с фоновыми значениями.

Для этих целей авторами работы весной 2019 года были отобраны смешанные почвенные пробы непосредственно на месте бывшей снегосвалки (из 8 точек) общей массой около 1 кг. В лабораторных условиях приготовили водную и солевую почвенные вытяжки. С помощью рН-метра определяли актуальную и потенциальную кислотность. Результаты анализа показали, что по сравнению с фоновым участком, как актуальная, так и потенциальная кислотность повысилась и характеристика почвы изменилась от «нейтральной» до «слабощелочной». Это связано с присутствием большого количества зольных частиц, содержащих соединения гидрокарбонатов калия, кальция, магния, которые повышают рН почвенных вытяжек. А повышенное содержание зольных веществ в снежной массе объясняется наличием песка, входящего в состав песко-соляной смеси при обработке городских магистралей противогололедными реагентами [4].

Для определения типа и степени засоленности почвенных образцов приготовили водные почвенные вытяжки, в которых опре-

делили фактическую концентрацию гидрокарбонатов, сульфатов и хлоридов (в мг/л). Результаты анализа приведены в таблице 2.

Сравнительный анализ показал, что среди анионов солевого состава в почвенном образце, отобранном под снегосвалкой, доминируют хлориды (159,75 мг/л), хотя в фоновом образце они находятся на последнем месте (26,2 мг/л). Кроме того, все главные анионы в пробах почвы под снегосвалкой превышают аналогичные фоновые значения. Однако, наибольшее превышение (в 6,8 раза) снова отмечается по хлоридам. Установлено, что после схода снега такой показатель, как сухой остаток, увеличился более, чем в 10 раз. В зависимости от концентрации солей, определили тип засоления – «смешанный» с преобладанием хлоридов, степень – «среднезасоленная» [5].

Таблица 2

Сравнительный анализ засоленности почвы на территории снегосвалки

Показатели	Фон (санаторий им. М. Горького)	Территория снегосвалки до размещения снега (22.01.2019г)	Территория снегосвалки после схода снега (05.04.2019г)	Коэффициент концентрации $C_{\text{факт}} / \text{Фон}$ (05.04.2019г)
HCO_3^- , мг/л	31,28	53,38	64,05	2,04
SO_4^{2-} , мг/л	39,5	87,0	126,0	3,19
Cl ⁻ , мг/л	26,2	159,75	178,3	6,8
Сухой остаток, мг/л	110	122	1260	10,33

Избыток солей в почвенном растворе токсичен для большинства растений. Особенно сильно действует на растения хлоридное засоление. Избыточная концентрация солей оказывает как осмотическое действие, нарушающее нормальное водоснабжение растений, так и токсическое, вызывая отравления. В частности, отравление возникает в результате резкого нарушения азотного обмена и накопления продуктов распада белков. Сильное засоление замедляет синтез белков, подавляет процессы роста. Кроме того, засоление почвы угнетающе действует и на почвенные микроорганизмы, включая тех, жизнедеятельность которых весьма важна для высших растений.

Таким образом, результаты проведенных исследований подтверждают присутствие повышенной антропогенной нагрузки, ко-

торую оказывают талые загрязненные снежные массы несанкционированной снегосвалки на территории экосистемы Ботанического сада ВГУ. Если не предпринять срочные меры по ликвидации незаконной снегосвалки, то в ближайшее время после весеннего снеготаяния засоленные талые воды могут нанести непоправимый вред уникальному природному комплексу, связанный с засолением почвенного покрова и гибелью уникальных растений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Генеральная схема очистки территории городского округа город Воронеж. – Воронеж, 2013. – 186 с.
2. Методы экологических исследований: учебное пособие для вузов [гриф ФУМО «Науки о Земле»] / Н.В. Каверина, Т.И. Прожорина, Е.Ю. Иванова и др. - Воронеж: Издательство «Научная книга», 2019. - 355 с.
3. Орлов Д.С. Химия почв: учебник / Д.С. Орлов, Л.К. Садовникова, Н.И. Суханова. – М. :Высшая школа, 2005. – 557 с.
4. Прожорина Т.И. Исследование влияния снегосвалки на почвенный покров прилегающей территории (на примере города Воронежа) / Т.И. Прожорина, О.В. Крутова // Вестн. Воронеж. гос.ун-та. Серия: География. Геоэкология. – 2019. - №2. – С. 77-82.
5. Прожорина Т.И. Исследование антропогенного влияния снегосвалки на почвенный покров г. Воронежа / Т.И. Прожорина // Научные исследования высшей школы по приоритетным направлениям науки и техники: Сб. статей по итогам межд. науч.-практ. конф. (Пермь, 03 марта 2019 г.). - Стерлитамак: АМИ, 2019. – С.4-5.
6. Прожорина Т.И. Мониторинг загрязнения снежного покрова / Прожорина Т.И., Беспалова Е.В. // Экологическая оценка и картографирование состояния городской среды. – Воронеж, 2014. – С.107-117.
7. Прожорина Т.И. Мониторинг техногенного загрязнения снежного покрова г. Воронежа // Е.В. Беспалова, Т.И. Прожорина, В.В. Мокеева, С.А. Куролап // Вестн. Воронеж. гос.ун-та. Серия: География. Геоэкология. – 2015. - №4. – С. 77-80.

БИОИНДИКАЦИОННАЯ ОЦЕНКА ПЫЛЕУЛАВЛИВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЛИСТОВЫХ ПЛАСТИНОК ТОПОЛЯ ИТАЛЬЯНСКОГО В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

М.А. Клевцова, Е.А. Доброва

Одним из основных компонентов выбросов являются пылевидные частицы. Пыль, находящаяся в воздухе, содержит очень много химических веществ, некоторые из них являются крайне токсичными для биоты. При этом общедоступным способом очистки является использование газопоглотительной и пылеулавливающей способности растений. Известно, что в кронах деревьев ветровой воздушный поток резко снижает скорость движения и в результате этого теряет большую часть пыли [7].

Целью данной работы является анализ основных морфометрических параметров листовых пластин тополя итальянского (*Populus italica* (Du Roi) Moench), а также оценка запыленности атмосферного воздуха по накоплению пыли на ассимилирующих органах. Согласно современным данным тополь пирамидальный является синонимом.

Объект исследования – насаждения тополя итальянского, произрастающие на правобережье города Воронежа.

Предмет исследования – морфометрические параметры листовых пластинок тополя итальянского и их пылеулавливающая способность.

В ходе анализа определены 20 базовых точек отбора материала в разных функциональных зонах города Воронежа. В качестве контрольной (фоновой) точки выбран ботанический сад Воронежского госуниверситета. В указанных в таблице 1 и на рисунке 1 пунктах мониторинга, проводился отбор листовых пластин тополя итальянского для последующего лабораторного анализа. Сроки отбора листовых пластин: конец июня – начало июля 2018 года.

Листовые пластины нужно собирать равномерно по всему доступному периметру нижней части кроны дерева. Следует обратить внимание на состояние листовой пластины, чтобы она не была подвержена патологическим изменениям (например, следы деятельности насекомых или наличие бактериальных некрозов), либо

указанные повреждения не затрагивали участки, с которых будут сниматься измерения.

Таблица 1

Места отбора листовых пластинок тополя итальянского

№ точки отбора	Местоположение	Функциональная зона
1	ул. Ломоносова, 114/13	рекреационная
2	ул. Владимира Невского, 53	жилая
3	ул. Хользунова, 102	транспортная
4	ул. Генерала Лизюкова, 73а	жилая
5	Московский проспект – ул. Хользунова	транспортная
6	ул. Лидии Рябцевой, 51б	промышленная
7	ул. Машиностроителей, 8	промышленная
8	Ясный проезд, 13	промышленная
9	ул. 9 Января – ул. Антонова-Овсеенко	транспортная
10	ул. Холмистая, 41	промышленная
11	ул. 3 Интернационала, 4	жилая
12	ул. Ст. Разина – ул. Большая Манежная	транспортная
13	ул. Ворошилова, 30	жилая
14	ул. Кривошеина, 11	промышленная
15	ул. Матросова, 6	транспортная
16	Бульвар Победы – ул. 60 Армии	транспортная
17	ул. Набережная Массалитинова, 1	рекреационная
18	Проспект Труда, 111	промышленная
19	ул. 9 Января, 180	промышленная
20	ул. Дорожная, 15	промышленная
	ботанический сад ВГУ	контроль

Приступить к сбору материала для исследования необходимо после остановки роста листьев и обязательно не ранее чем через 3-4 дня после последних атмосферных осадков. Отбирают аккуратно, чтобы полный объем пыли, скопившейся на листовых пластинах, сохранился. Соблюдение техники сбора растительного материала повышает достоверность исследований.

Для фиксации параметров запыленности воздушной среды в каждой точке отобрано не менее 50 листовых пластин. В целом проанализировано более 1000 образцов.

На последующем этапе все измерения производились в аттестованной эколого-аналитической лаборатории факультета географии, геоэкологии и туризма Воронежского госуниверситета, в частности следующие замеры: морфометрические параметры лис-

ТОВЫХ ПЛАСТИНОК ТОПОЛЯ ИТАЛЬЯНСКОГО (длина, ширина, площадь), а также количество пыли, накопленное на их поверхности [4].

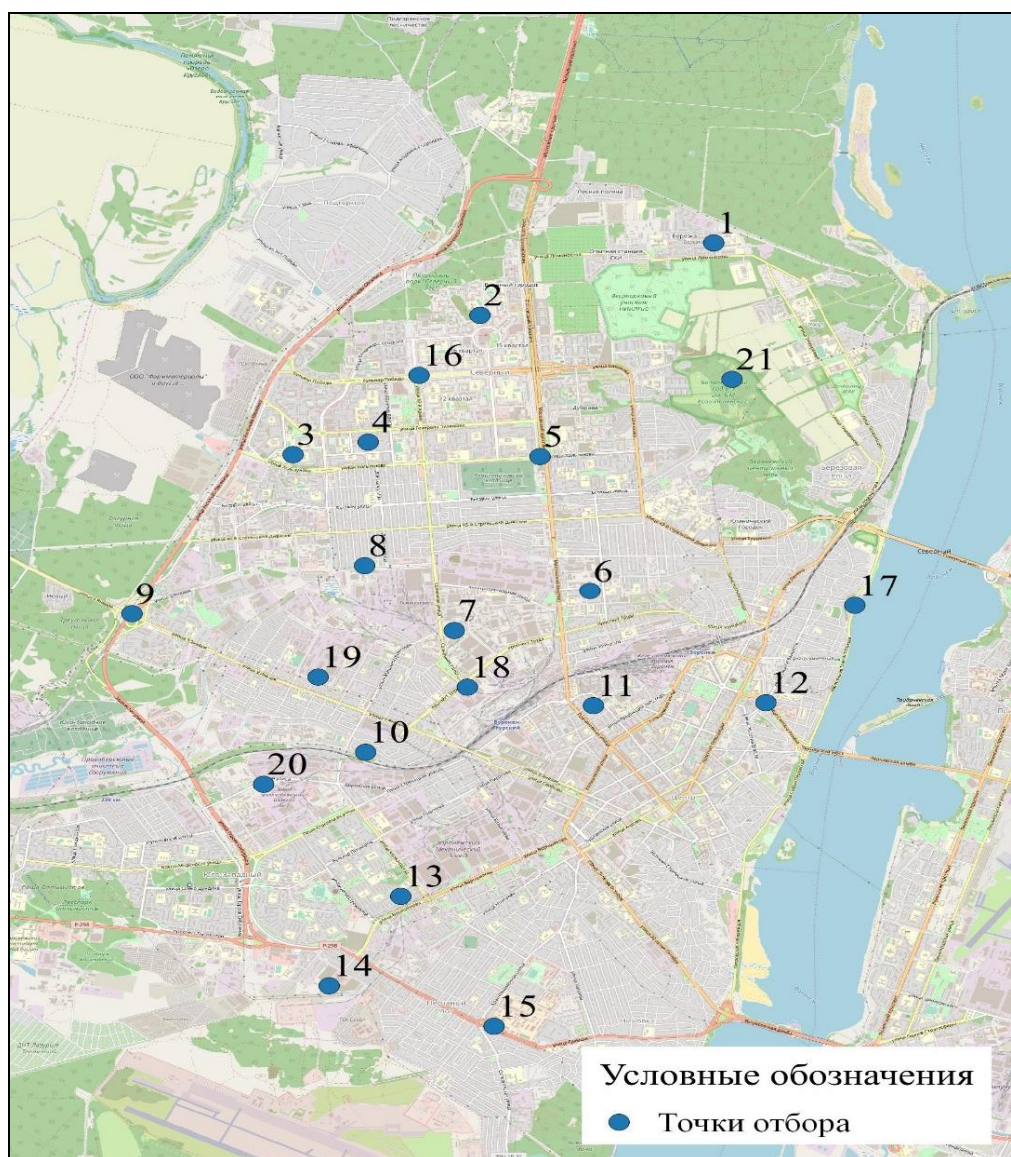


Рис. 1. Пункты отбора растительного материала в пределах правобережной части города Воронежа

Для определения площади листовых пластинок использовали весовой метод [10]. Количество пыли определяли также гравиметрически с точностью 0,0001 г.

Собранные листья тополя итальянского с каждой точки отбора помещаются в чистую коническую колбу. Затем дистиллированной водой объемом 50 мл тщательно смывается пыль с поверхности каждого листа для каждой точки отбора отдельно. Далее взвешивается предварительно высушенный фильтр и фильтруется через него смыв. После чего высушивается фильтр в сушильном шкафу при температуре 105 °С до постоянного веса.

По итогам осуществленных исследовательских процедур выявлено количество пыли, осаждаемое на 1 м² поверхности листовой массы тополя итальянского. На основе тщательной фиксации точных хронологических данных по накоплению пыли (от момента выпадения последних дождевых осадков до времени проведения анализа) рассчитана средняя скорость осаждения пыли за сутки по следующей формуле:

$$V=(M*100)/(S*t),$$

где M – масса пыли, г; S – поверхность обмытых листьев, см²; t – время осаждения пыли, сут. [11].

Листовая пластинка является одним из наиболее чувствительных органов растений. Размеры листьев могут сильно варьировать в зависимости от интенсивности действующих экологических факторов. Следовательно, можно предположить, что пылевидные частицы, оседающие на поверхности ассимилирующих органов, могут влиять на морфометрические показатели листовых пластинок растений.

Полученные данные за 2018 год демонстрируют, что пределы колебания линейных размеров листовых пластинок *Populus italica* в пределах правобережной части города Воронежа колеблются по длине от 5,7 до 9,4 см; по ширине от 4,2 до 6,9 см. Показатели площади листовых пластин варьируют от 16,44 до 36,69 см².

В ходе исследования такого морфометрического параметра, как длина листовой пластины, были получены следующие данные (табл. 2).

Таблица 2

Усредненные морфометрические показатели листовых пластин тополя итальянского (2018 г.)

№ точки	Длина, см	Ширина, см	№ точки	Длина, см	Ширина, см
1	6,5	5,9	11	6,2	5,8
2	9,4	6,9	12	7,6	6,6
3	6,0	5,5	13	7,3	5,9
4	6,6	5,4	14	6,7	5,9
5	6,7	5,8	15	6,9	5,6
6	6,3	5,2	16	6,6	4,2
7	6,9	6,2	17	7,5	6,0
8	5,7	5,6	18	7,9	7,5
9	6,8	5,8	19	7,1	6,7
10	6,9	6,3	20	5,8	6,1

Максимальные значения по данному показателю отмечены для образцов точек, расположенных по адресам: ул. Владимира Невского, 53 (№ 2), ул. Проспект Труда, 111 (№ 18). Их средние значения составляют 9,4 и 7,9 см соответственно. Минимальные значения выявлены на ул. Дорожной, 15 (точка № 20), ул. Ясный проезд, 13 (точка № 8) и составили 5,8, 5,7 см соответственно.

При измерении ширины листовой пластины были получены следующие значения. Максимальные значения имеют листовые пластины в точках, расположенных по адресам: проспект Труда, 111 (№ 18), ул. Владимира Невского, 53 (№ 2), их средние значения составляют 7,5 и 6,9 см соответственно. Минимальные значения выявлены на ул. Лидии Рябцевой, 51б (точка № 6), Бульвар Победы – ул. 60 Армии (точка № 16), и составили 5,2 и 4,2 см соответственно.

При расчете площади листовой пластины за 2018 год были получены следующие значения (рис. 2). Максимальные значения по данному показателю имеют образцы из точек № 2 (36,69 см²) и № 18 (35,96 см²). Минимальные значения выявлены на ул. Лидии Рябцевой, 51б (точка № 6), Бульвар Победы — ул. 60 Армии (точка № 16), и составили 19,05 и 16,44 см² соответственно.

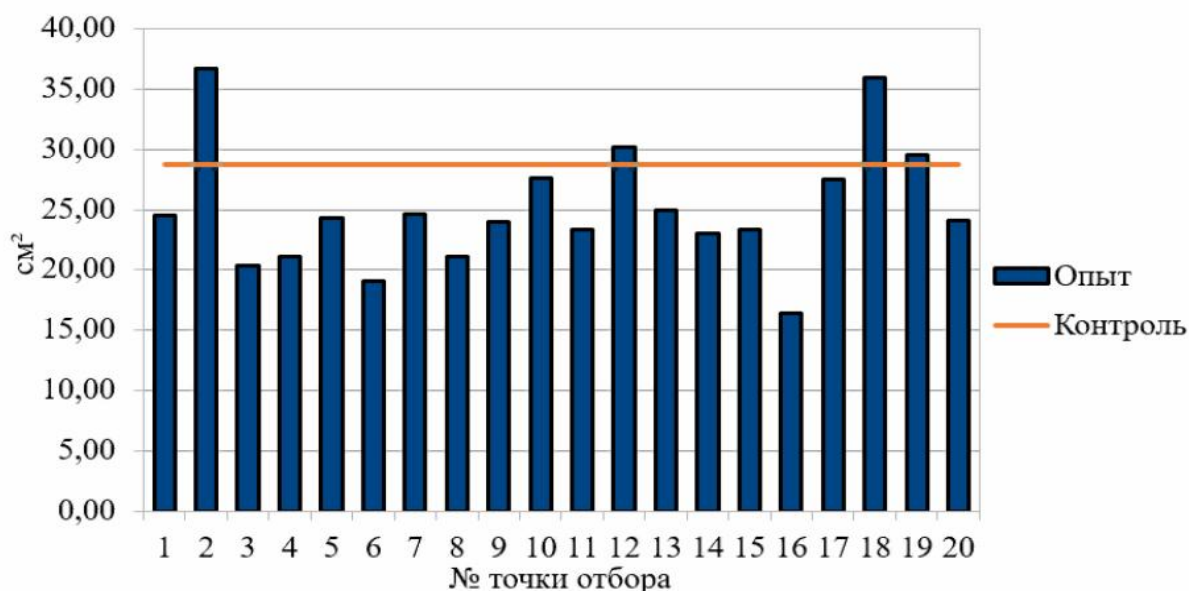


Рис. 2. Средние значения площади листовых пластинок (2018 г.)

Важно отметить, что ухудшение динамики роста листовых пластин находится в прямо пропорциональной зависимости от уровня насыщенности газами окружающей среды. Таким образом,

чем выше уровень интоксикации атмосферного воздуха, тем ниже морфометрические параметры листа [1,3]. Кроме того, Н.В. Турмухаметова актуализирует тот факт, что по мере адаптации древесных растений к условиям техногенного поражения наблюдается определенное удлинение параметров [8].

Сопоставление полученных результатов за 2018 год с данными контроля (фона) позволяет сделать следующие выводы. Материалы лабораторных опытов свидетельствуют о том, что практически во всех исследованных районах города площадь листовых пластинок ниже, чем данные контроля. Можно отметить несколько точек, в которых рассматриваемый параметр превышает фоновые значения. Они расположены по следующим адресам: ул. Г. Лизюкова, 7 а (точка № 4), ул. Л. Рябцевой, 51 б (№ 6), ул. Ясный проезд, 13 (№ 8), Бульвар Победы – ул. 60 Армии (№ 16) [6].

Исследования зеленых насаждений на предмет накопления листовыми пластинками пылевых частиц в 2018 году показали следующие результаты, которые представлены в таблице 3.

Первый этап исследования датируется данными 2016 года [5], на основе которых разработана классификация пунктов наблюдения, расположенных на правом берегу города Воронежа по запыленности атмосферного воздуха. С целью мониторинга и выявления динамики данного показателя проведено исследование в 2018 году.

Выделены четыре основные группы точек отбора по содержанию пыли. Критерием разграничения состава групп, согласно предложенной классификации, является средневзвешенный показатель запыленности.

Первая группа включает районы города, в которых содержание пыли в исследуемых точках отбора выше $0,030 \text{ г/см}^2$, вторая группа $0,020-0,030 \text{ г/см}^2$; третья – $0,010-0,020 \text{ г/см}^2$ и четвертая – менее $0,010 \text{ г/см}^2$.

Анализ результатов позволяет охарактеризовать каждую группу следующим образом.

Первая группа. Максимальное содержание пыли было выявлено в четырех точках отбора: ул. Ясный проезд, 13 (точка № 8) и составило $0,05121 \text{ г/см}^2$, ул. 9 Января – ул. Антоново-Овсеенко (точка № 9), ул. Матросова, 6 (точка № 15), ул. Ворошилова, 30 (точка № 13). Значение превышает $0,04083 \text{ г}$ пыли на 1 см^2 .

Вторая группа. Высокие показатели содержания пыли зафиксированы в двух точках отбора: ул. Ломоносова, 114/13 (точка № 1) и Московский Проспект – ул. Хользунова (№ 5), составили 0,02365 и 0,02222 г/см² соответственно.

Третья группа. Средние показатели количества осажденной пыли, выявлены в 14 исследуемых точках отбора (№№ 2-4, № 6, № 7, №№ 10-12, № 14, №№ 16-20), которые в свою очередь могут быть разделены на две подгруппы.

Таблица 3

Результаты определения количества пыли, осажденной листовыми пластинками тополя итальянского (2018 г.)

№ точки	Вес фильтра, г	Вес фильтра с пылью, г	Вес пыли, г	Скорость осаждения пыли, г/дм ² *сут
1	1,4330	1,4359	0,0290	0,0422
2	1,4639	1,4665	0,0260	0,0253
3	1,3908	1,3928	0,0200	0,0350
4	1,4042	1,4056	0,0140	0,0237
5	1,3858	1,3885	0,0270	0,0397
6	1,3762	1,3778	0,0160	0,0300
7	1,3967	1,3984	0,0170	0,0247
8	1,4004	1,4058	0,0540	0,0914
9	1,4043	1,4095	0,0520	0,0774
10	1,3894	1,3910	0,0160	0,0207
11	1,3965	1,3986	0,0210	0,0322
12	1,3978	1,4002	0,0240	0,0284
13	1,4156	1,4207	0,0510	0,0729
14	1,4087	1,4102	0,0150	0,0233
15	1,4292	1,4342	0,0500	0,0765
16	1,4249	1,4260	0,0110	0,0239
17	1,4496	1,4511	0,0150	0,0195
18	1,4414	1,4434	0,0200	0,0199
19	1,4390	1,4408	0,0180	0,0217
20	1,4128	1,4141	0,0130	0,0193
Контроль	1,4352	1,4456	0,0104	0,0171

В точках, расположенных по адресам: ул. Хользунова, 102 (точка № 3), ул. 3 Интернационала, 4 (№ 11), ул. Лидии Рябцевой, 51б (№ 6), ул. Степана Разина – Большая Манежная (№ 12), показатель содержания пыли выше 0,015 г/см².

В следующих пунктах: ул. Владимира Невского, 53 (№ 2), ул. Машиностроителей, 8 (№ 7), Бульвар Победы – ул. 60 Армии (№

16), ул. Лизюкова, 73а (№ 4), ул. Кривошеина, 11 (№ 14), ул. 9 Января, 180 (№ 19), ул. Холмистая, 41 (№ 10), пр-т Труда 111 (№ 18), ул. Набережная Массалитинова, 1 (точка № 17), ул. Дорожная, 15 (№ 20) количество пылевидных частиц на листовых пластинках колеблется от 0,01 до 0,015 г/см².

Четвертая группа. Минимальные показатели по содержанию пыли (менее 0,010 г/см²) в 2018 году не были зафиксированы.

Таким образом, количество пыли, осажженной листовыми пластинками тополя итальянского, колебалось в пределах от 0,01080 до 0,05121 г/см².

Согласно данным фонового участка (ботанический сад ВГУ), содержание пыли на поверхности листьев составляло 0,0171 г/см². Следовательно, во всех точках наблюдается превышение от 1 до 5 раз (рис. 3)

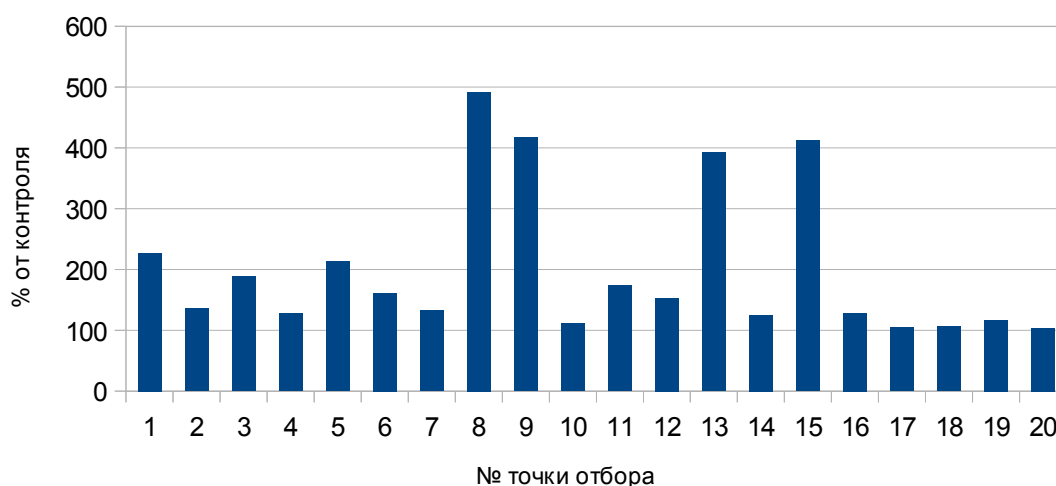


Рис. 3. Превышение количества пыли на листовых пластинках тополя итальянского по сравнению с контролем 2018 г.

Кроме того, получены данные за 2018 год по скорости осадения пыли на рассматриваемой территории правобережья города Воронежа (рис.4). Данный показатель варьирует в диапазоне от 0,0193 до 0,0914 г/дм²*сут. Максимальное значение скорости осадения пыли наблюдаются на в точке № 8 и составляет 0,0914г/дм²*сут. Минимальное значение скорости осадения пыли отмечено на ул. Дорожной и составляет 0,0193 г/дм²*сут.

По представленным на рисунке 4 данным можно сделать вывод о том, что скорость осадения пыли во всех точках отбора превышает данные контроля.

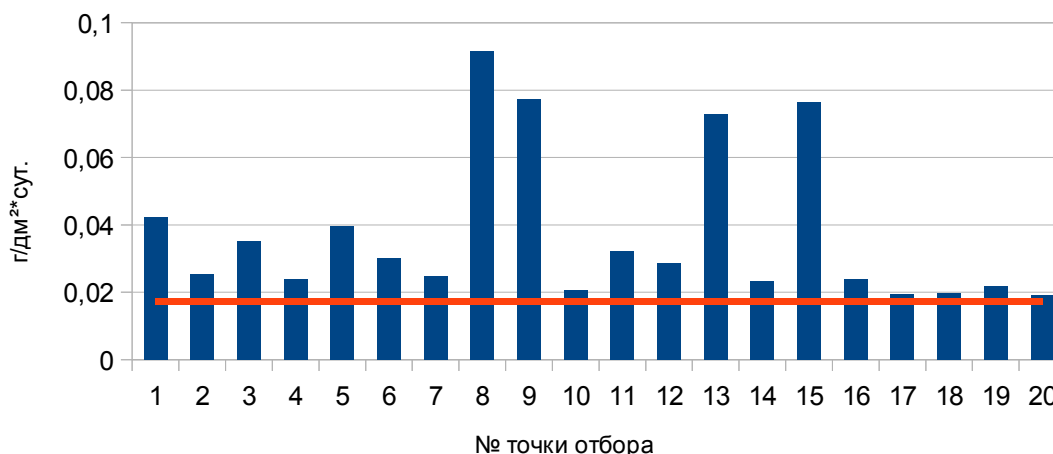


Рис 4. Скорость осаднения листовыми пластинами тополя итальянского по сравнению с контролем (2018 г.)

Таким образом, можно отметить, что на исследуемой территории города уровень содержания пыли в воздухе довольно высокий.

Сравнительный анализ данных 2016-2018 гг. позволяет прийти к следующим выводам.

Первая группа включает районы города, в которых содержание пыли исследуемых точек отбора выше $0,030 \text{ г/см}^2$ (рис. 5). Максимальное значение запыленности возросло с $0,03346$ до $0,05121 \text{ г/см}^2$. Отрицательная динамика также выявлена по показателю количества точек, включенных в данный диапазон, который вырос в два раза.

Вторая группа, представленная в диапазоне значений $0,020$ - $0,030 \text{ г/см}^2$, характеризуется следующими незначительными изменениями. Значение запыленности выросло с $0,02360$ до $0,02365 \text{ г/см}^2$. По количеству включенных точек показатель остался прежним.

Третья группа с показателем запыленности от $0,010$ до $0,020 \text{ г/см}^2$. Значения выросли на 11%. По показателю количества включенных точек наблюдаются наиболее существенные изменения: общее число выросло в 2 раза. При этом в первой подгруппе в диапазоне выше $0,015 \text{ г/см}^2$ показатель повысился в 2,5 раза. Вторая подгруппа, для которой характерен диапазон значений ниже $0,015 \text{ г/см}^2$, по количеству точек динамики не демонстрирует.

В 2016 г. минимальное значение запыленности атмосферного воздуха было зафиксировано на ул. Владимира Невского, 53 (№ 2) и составило $0,0059 \text{ г/см}^2$. Данная точка была единственной, близ-

кой по «чистоте» к норме. В то же время в 2018 г. точкой с наиболее низким данным показателем стал участок, расположенный по адресу ул. Дорожная, 15 (№ 20), исследуемое значение составило 0,01080 г/см². Таким образом, минимальный показатель запыленности атмосферного воздуха вырос в динамике с 2016 по 2018 годы на 0,0049 г/см².

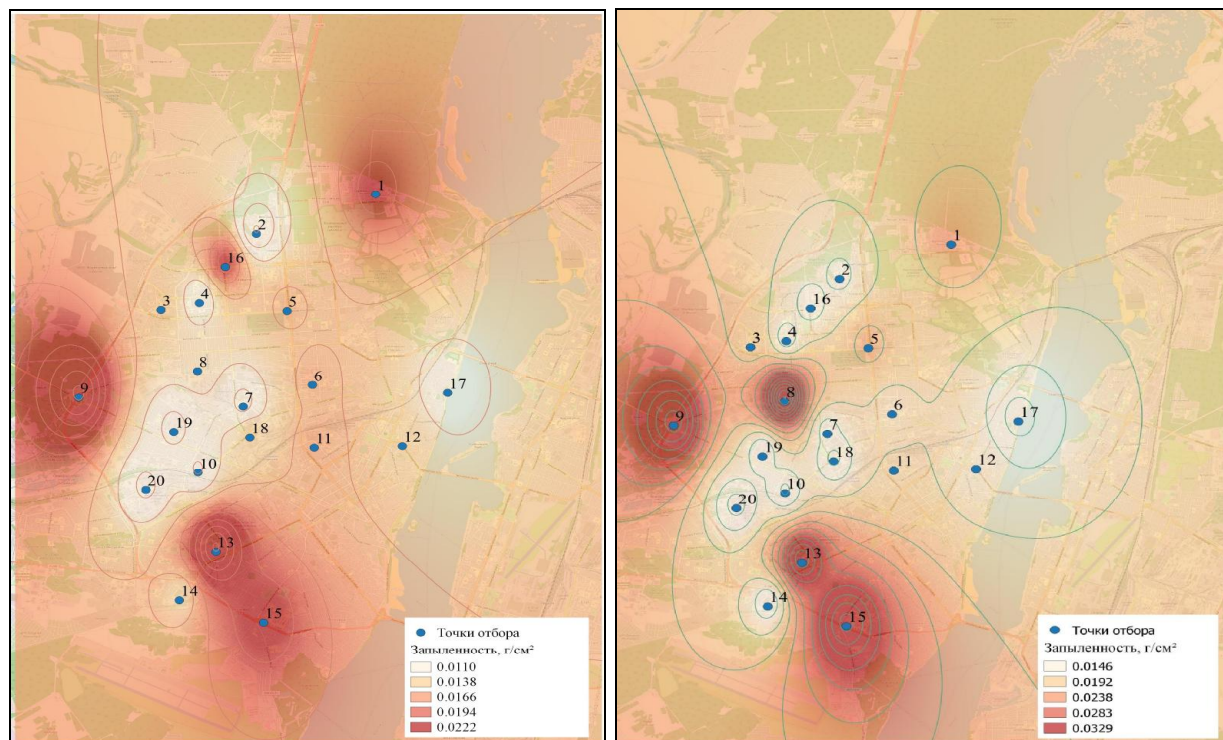


Рис. 5. Запыленность атмосферного воздуха правобережной части города Воронежа (слева – 2016 г.; справа – 2018 г.)

Четвертая группа, представленная диапазоном значений менее 0,010 г/см² и характеризующаяся наиболее благоприятным состоянием исследуемых участков, по данным 2018 года оказалась нерелевантной. Из семи точек в этом диапазоне не осталось ни одной, все они демонстрируют рост запыленности и вхождение в группы, отличающиеся более высоким значением запыленности атмосферного воздуха.

Таким образом, наблюдается рост количества пыли, осаждаемой листовыми пластинками тополя итальянского в сравнении аналогичных временных промежутков в 2016 г. и 2018 г.

Согласно данным фонового участка, содержание пыли на поверхности листьев, выросло с 0,0051 до 0,0171 г/см².

Данные лабораторных исследований свидетельствуют о том, что во всех перечисленных районах города концентрация пыли

гораздо выше, чем для контрольного участка. Единственным пунктом, близким по «чистоте» к норме оказалась точка № 20, расположенная по адресу ул. Дорожная, 15.

Кроме того, выявлены данные по скорости осаждения пыли на рассматриваемой территории правобережья г. Воронежа. Данный показатель варьирует в диапазоне по минимальным значениям от 0,0105 до 0,0193 г/дм²*сут., по максимальным от 0,0598 до 0,0914 г/дм²*сут. За 2016 год максимальные значения скорости осаждения пыли наблюдаются на ул. 9 Января – ул. Антонова-Овсеенко (точка № 9), ул. Ворошилова, 30 (№ 13) и составляют 0,0598 и 0,0596 г/дм²*сут. соответственно. Минимальное значение скорости осаждения пыли отмечено на ул. Владимира Невского, 53 (№ 2) и составляет 0,0105 г/дм²*сут. За 2018 г. максимальное значение скорости осаждения пыли наблюдается на ул. Ясный проезд, 13 (точка № 8) и составляет 0,0914 г/дм²*сут. Минимальное значение скорости осаждения пыли отмечено на ул. Дорожной, 15 (№ 20) – 0,0193 г/дм²*сут.

По данным, полученным за 2016-2018 год, можно сделать вывод о том, что скорость осаждения пыли во всех точках отбора превышает данные контроля.

В целом по итогам исследования выявлена тенденция роста запыленности атмосферного воздуха правобережья города Воронежа за последние три года. Основной причиной выявленного роста исследуемого показателя можно считать незадернованный почвенный покров. Кроме того, в транспортной зоне очень часто происходит смыв почвы с придорожных территорий, которые расположены выше бордюров [11]. Согласно данным В.А. Горохова растительность городских парков и скверов площадью 1 га за вегетационный период очищает от пыли 10-20 млн. м³ воздуха [2].

Аналитическая обработка теоретических научных источников и проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы.

Во-первых, наличие правильно подобранных зеленых насаждений для той или иной территории дает возможность ослабить или нейтрализовать негативные последствия воздействий токсических веществ на окружающую среду, сохранить благоприятное ее состояние.

Так, листовые пластинки деревьев активно задерживают пыль и существенно снижают концентрацию вредных газов. То-

поль итальянский является примером вида, который по ряду значимых параметров подходит для озеленения г. Воронежа, так как обладает высокими пылеулавливающими характеристиками, способен противостоять негативному токсичному воздействию загрязняющих веществ воздушной среды. По содержанию поглощаемого углекислого газа и продуцируемого кислорода двадцатипятилетний тополь превышает данные по ели в 7 раз, а по уровню насыщения воздуха влагой – почти в 10 раз [9]. Таким образом, для фильтрации воздуха от пылевидных частиц и газообразных примесей целесообразно создавать зеленые насаждения с доминированием тополей.

Во-вторых, сравнительный анализ динамики уровня запыленности атмосферного воздуха правобережья города Воронежа за период 2016-2018 гг. позволяет прийти к следующим заключениям.

Максимальное значение запыленности атмосферного воздуха в исследуемых точках возросло с 0,03346 (2016 г.) до 0,05121 (2018 г.) г/см², т.е. на 55%.

В 2016 году минимальное значение запыленности атмосферного воздуха было зафиксировано на ул. Владимира Невского, 53. Именно данная точка была единственной близкой по «чистоте» к норме. В то время как в 2018 году точкой с наиболее низким показателем запыленности атмосферного воздуха стал участок, расположенный по адресу ул. Дорожная, 15. Таким образом, минимальный показатель запыленности атмосферного воздуха вырос на 83%.

Особое беспокойство вызывает тот факт, что во всех точках отбора по сравнению с 2016 годом количество пыли значительно увеличилось, при этом показатели группы с минимальными значениями запыленности (диапазон значений менее 0,010 г/см²) не зафиксированы и перестали быть релевантными для исследуемых закономерностей.

Таким образом, количество пыли, осаждаемой на листовых пластинках тополя итальянского, увеличилось во временном промежутке с 2016 по 2018 год по минимальным показателям запыленности атмосферного воздуха с 0,0059 до 0,01080 г/см² (разница значений составила 0,0049 г/см²), по максимальным показателям с 0,0335 до 0,05121 г/см² (разница значений составила 0,01771 г/см²). Согласно данным фонового участка (ботанический сад ВГУ) содержание пыли на поверхности листьев выросло в иссле-

дуемом временном периоде с 0,0051 по 0,0171 г/см² (разница значений составила 0,012 г/см²).

Данные лабораторных исследований свидетельствуют о том, что во всех перечисленных районах города концентрация пыли гораздо выше, чем для контрольного участка.

В-третьих, город Воронеж является крупнейшим городом с большим количеством населения, развитой инфраструктурой, для которого характерно наличие большого количества автотранспорта и промышленности, поэтому для снижения пылевого загрязнения рекомендуется проводить следующие мероприятия:

- вокруг источников повышенного загрязнения высаживать газо- и пылеустойчивые виды (например, тополь итальянский);

- регулярно (несколько раз в сутки) в весенне-летний период проводить уборку придорожного пространства и полив дорожного полотна;

- вдоль сильно загруженных улиц создавать живые изгороди, включающие несколько ярусов (кустарники, деревья);

- усилить контроль за размещением транспортных средств на газонах, а также запретить выезд большегрузной техники с прилегающих территорий, где отсутствует твердое покрытие;

- провести задернение почвенного покрова придорожных территорий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бессонова Н.В. Использование метода биоиндикации для оценки экологического состояния различных районов в г. Хабаровске / Н.В. Бессонова // Леса России в XXI веке: матер. I междунар. науч.-практ. интернет-конф. (июль 2009 г.). – Санкт-Петербург: ЛТА, 2009. – С. 11-13.

2. Горохов В. А. Городское зеленое строительство: Учеб. пособие для вузов / В.А. Горохов. – Москва: Стройиздат, 1991. – 416 с.

3. Иоффе А.О. Определение уровня запыленности на территории г. Петрозаводска / А.О. Иоффе // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 6–4. – С. 753–759.

4. Клевцова М.А. Лабораторно-полевой практикум по биоиндикации: (учебное пособие для вузов) / М.А. Клевцова; Воронеж. гос. ун-т, Фак. географии, геоэкологии и туризма. – Воронеж: Научная книга, 2016. – 105 с.

5. Клевцова М.А. Оценка загрязнения окружающей среды пылью по ее накоплению на листовых пластинках растений / М.А. Клевцова, Е.А. Доброва // Медико-экологическая диагностика состояния окружающей среды города Воронеж. – Воронеж, 2017. – С.124-135.

6. Клевцова М.А. Фитоиндикационная оценка состояния заповедных и урбанизированных территорий (на примере Воронежской области) / М.А. Клевцова // Вестник Тамбовского государственного университета Сер. Естественные и технические науки. – 2014. – Т. 19, вып. 5. – С. 1301-1303.

7. Муллаярова П.И. Влияние зеленых насаждений на запыленность атмосферы городов / П.И. Муллаярова // ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ, 2016. – Т.4, №21. – С. 89-93.

8. Турмухаметова Н.В. Особенности морфогенеза побегов и феноритмов *Betula pendula* Roth и *Tilia cordata* Mill. в условиях городской среды: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Н.В. Турмухаметова. – Новосибирск, 2005. – 19 с.

9. Федорова А.И. Причины суховершинности и усыхания пирамидальных тополей в г. Воронеже / А.И. Федорова, Е.В. Шунелько, М.А. Михеева // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. – 2010. – № 2. – С. 103-111.

10. Эколого-аналитические методы исследования окружающей среды: учеб. пособие / Т.И. Прожорина [и др.] – Воронеж: Истоки, 2010. – 302 с.

11. Эколого-геохимические исследования почв и оценка запыленности на территории г. Вольска (в зоне влияния ОАО «ВОЛЬСКЦЕМЕНТ») / М.В. Решетников [и др.] // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле. – 2011. – Т. 1. – № 1. – С. 51-57.

ГОРОДСКИЕ ТЕХНОГЕННЫЕ АНОМАЛИИ: ЗАГРЯЗНЕНИЕ НЕФТЕПРОДУКТАМИ И ЛЕГКОРАСТВОРИМЫМИ СОЛЯМИ ПОВЕРХНОСТНОГО ГОРИЗОНТА ПОЧВ ГОРОДА ВОРОНЕЖА

Н.В. Каверина

Оценка состояния объектов окружающей природной среды в городах – одна из актуальных проблем геохимии [3, 4, 8 12]. В современных городских ландшафтах техногенное воздействие на окружающую среду проявляется повсеместно.

Под влиянием множества факторов на территории городов формируются сложные природно-техногенные комплексы. Вещества от техногенных источников поступают в различные компоненты ландшафта, накапливаются и формируют локальные геохимические аномалии. В условиях города большинство геохимических аномалий имеют концентрическую форму и связаны с определенным центром - источником загрязняющих веществ [2, 4, 9].

Экологическая ситуация в городе Воронеже развивается под влиянием выбросов и сбросов промышленности и транспорта. На фоне сокращения объемов производства, трансформации функциональных зон, вклад транспорта в загрязнение окружающей среды неуклонно возрастает.

В целом по стране, по данным Росстата [1] на фоне сокращения экологически «чистых» видов транспорта (трамвай, троллейбус), количество грузовых и легковых автомобилей увеличилось (табл. 1). По сравнению с 2012 годом общее количество грузовых машин выросло на 38 %, легковых - на 22 %, автобусов - на 125 %.

Увеличение числа автомобилей в Воронеже совпадает с общероссийским трендом. Согласно данным Управления экологии и администрации городского округа город Воронеж общее количество автомобилей в городе составляет 330 тысяч штук [6].

По данным аналитического агентства «Автостат» по общему количеству зарегистрированных машин Воронеж занимает «почетное» десятое место среди городов России. По обеспеченности легковыми автомобилями на тысячу жителей в городах с населением свыше 1 млн человек – третье, опережая г. Москва (табл. 2).

В настоящее время транспортные функциональные зоны г. Воронежа активно модернизируются в соответствии с современными-

ми требованиями. Наиболее сложные и загруженные участки дорожной сети реконструируются и обустриваются развязками [7].

Таблица 1

Количество транспортных средств в Российской Федерации

Перечень видов транспорта	Количество транспортных средств, в тыс. штук по годам				
	2012	2013	2016	2017	2018
Грузовые автомобили в организациях автомобильного транспорта общего пользования	60	61,7	635,8	604,1	593,3
Грузовые автомобили в собственности граждан	3273	3547	3841	3926	4016
Автобусы в организациях автомобильного транспорта общего пользования	74,50	69,80	171	170	168
Легковые автомобили в собственности граждан	36917	39243	43157	44792	45377
Трамвайные вагоны	8,40	8,30	7,80	7,70	7,70
Троллейбус	11	10,70	9,70	9,40	9
Вагоны метрополитена	6,70	7	7,70	7,80	8,10

Таблица 2

Обеспеченность легковыми автомобилями в городах Российской Федерации (на тысячу жителей) [1]

№	Город	Количество автомобилей, тыс. шт.	Население, тыс. чел.	Обеспеченность на тыс. чел., шт
1	Самара	390,9	1171	334
2	Санкт-Петербург	1665,3	5225,7	319
3	Воронеж	330	1047	315
4	Москва	3782,8	12330,1	307

В 2015 году на территории Воронежа внедрена и эффективно функционирует автоматизированная система управления дорожным движением (АСУДД). Управление потоками транспорта осуществляется на проспектах: Московский, Ленинский, Революции, на улицах: Плехановская, Кольцовская, Кирова, и на отдельных участках улиц: Ленина (до остановки «Динамо»), Новосибирская (до остановки «Саврасова»), Богдана Хмельницкого (до железнодорожного моста), 20 лет Октября (до остановки «Чижовский плацдарм»).

Внедрение современных подходов к организации движения в городе позволило сократить, но не исключить вредное воздействие транспорта [7].

Существенный вклад в загрязнение городской среды вносят предприятия теплоэнергетики, машиностроения и химической промышленности. Крупные производства Воронежа расположены в промышленных функциональных зонах Левобережного, Коминтерновского и Советского районов.

Исторически сложившиеся функциональные зоны характеризуются высокой плотностью предприятий и наличием постоянно действующих стационарных источников загрязнения окружающей среды. Это позволяет рассматривать их как основные центры распространения техногенного воздействия в геохимических аномалиях, локализованных на ограниченной территории.

Исходя из особенностей формирования природной и техногенной составляющих, была сформулирована основная цель исследования – выявление в почвах Воронежа городских аномалий.

Объекты и методы исследований

Объектом исследований являлась территория города Воронежа. Выбор точек обследования обусловлен расположением промышленных и транспортных функциональных зон.

Для организации мониторинговых наблюдений в функциональных зонах г. Воронежа были выбраны ключевые участки, равномерно-разряжено распределённые по городской территории (табл. 3). При выборе территории для исследования учитывались: интенсивность движения по основным и дублирующим магистралям, «зрелости» внутрисистемных связей природной составляющей и перспективы трансформации функциональных зон.

Предметом исследования являлся приповерхностный слой почвы различных функциональных зон города [12], в котором определялось содержание нефтепродуктов и легкорастворимых солей.

Таблица 3

Точки отбора проб почв в различных функциональных зонах города Воронежа

		Количество точек
1	Промышленная (П)	27
2	Транспортная (Т)	45
3	Фоновые (ключевые) городские участки	5

Смешанные пробы отбирались в теплое время года (июнь 2018 г и август 2019 г) на участках, относящихся к промышленным и транспортным функциональным зонам. Опробование проводилось из верхнего слоя почвы на всю глубину от 0 до 20 см.

Естественные ненарушенные почвы города, слабо затронутые антропогенной деятельностью (черноземы суглинистые различной мощности и дерново-лесные песчаные и супесчаные), фрагментарно сохранились на участках лесопарковых зон и на окраинах города [8]. По классификации основных типов антропогенно преобразованных почв, исследуемая территория представлена урбаноземом [5, 11].

Анализ отобранных образцов почвы на содержание нефтепродуктов и другие физико-химические анализы почв выполнены на базе аттестованной эколого-аналитической лаборатории факультета географии, геоэкологии и туризма Воронежского государственного университета [10]. При статистической обработке материала использована программа Stadia.

В качестве фоновых участков выбирались территории, испытывающие минимальную антропогенную нагрузку. Ими стали особо охраняемые природные территории (ООПТ) регионального значения: садово-парковые ландшафты «Сквер «Дубрава», «Алые паруса», «Танаис», «Сквер Мемориальный», «Парк «Оазис».

Результаты и обсуждение

В результате антропогенной деятельности химические свойства почв города Воронежа трансформировались и характеризуются значительной неоднородностью (табл. 4).

В особых условиях сформирован почвенный покров промышленной и транспортной зон. Здесь значение кислотности находится под влиянием мощных техногенных факторов. В результате значения показателя $pH_{\text{вод}}$ в этих зонах самые высокие ($pH_{\text{вод}} > 7$). Полученные результаты совпадают с данными других авторов о повышенной щелочности почв Воронежа [8]. Смещение реакции среды обусловлено воздействием на почвенный покров техногенных выбросов, содержащих в своём составе большое количество щелочных компонентов.

В почвах промышленных функциональных зон среднее значение величины pH равняется 7,2 ед. pH при диапазоне измеряемых значений от 6,65 до 8,15, т.е. реакция среды нейтральная.

При этом усредненные значения водородного показателя фоновых участков имеют кислую реакцию ($pH_{\text{вод}} = 5,85$).

Таблица 4

Величина $pH_{\text{вод}}$ и среднее содержание легкорастворимых солей (мг/кг) в поверхностном (0-20 см) слое почв города Воронежа

Показатель	pH	Cl-	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Плотный остаток, %
Фоновые (ключевые) городские участки					
Среднее	5,85	79,06	26,42	5,16	0,27
Промышленные функциональные зоны					
Среднее	7,49	92,75	28,35	9,78	0,18
min	6,65	67,45	2,00	2,50	0,02
max	8,15	118,04	53,60	23,66	0,34
Kc	-	1,17	1,07	1,90	0,68
Транспортные функциональные зоны					
Среднее	7,39	95,87	31,82	9,59	0,28
min	6,12	67,55	14,81	2,50	0,09
max	8,33	181,32	54,47	27,86	0,51
Kc	-	1,21	1,20	1,86	1,03

В почвах транспортных функциональных зон среднее значение величины $pH_{\text{вод}}$ равняется 7,39 при диапазоне измеряемых значений от 6,12 до 8,33 и происходит накопление легкорастворимых солей.

Основными источниками солей являются противогололёдные реагенты. В состав применяемых на территории города смесей входят соли, содержащие хлориды, а их большая часть попадает в почву в результате таяния снега. Длительное применение противогололёдных реагентов вредит растительному покрову прилегающих территорий, разрушает дорожное покрытие и вредит здоровью населения [8].

Пространственное распространение загрязнений почв города Воронежа характеризуют карты, составленные по результатам почвенных исследований 2018 и 2019 годов (рис. 1, 2 и 3).

Содержание солей в почве города неоднородно. В промышленных функциональных зонах накопленные количества сульфатов и хлоридов не значительно превышают фоновые значения. В почвах транспортных функциональных зон концентрации солей отличаются большими значениями.

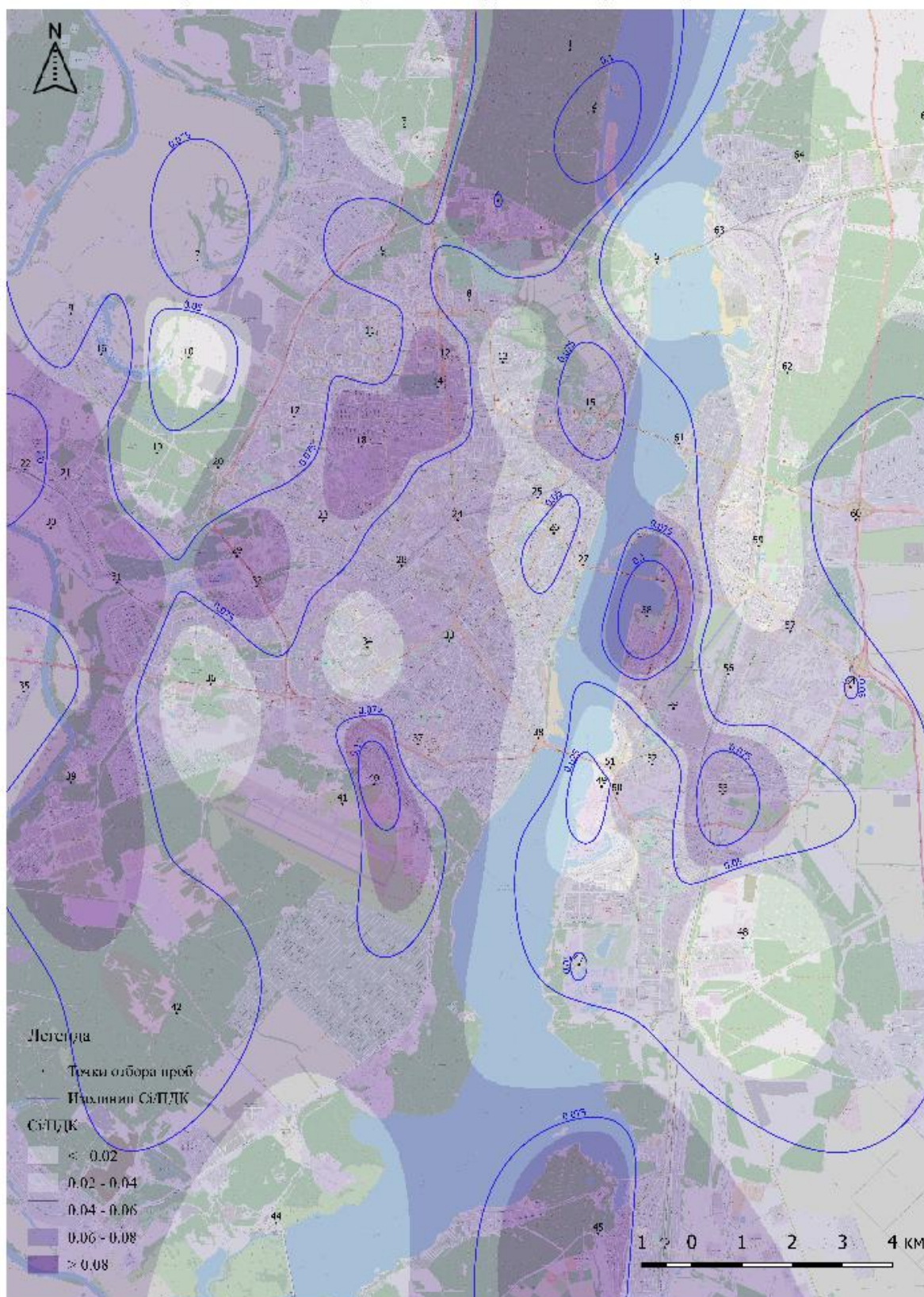


Рис. 1. Содержание сульфат-иона (мг/кг) в почвах г. Воронежа

Основным источником сульфатов в почве города является образующаяся в результате сгорания серосодержащего топлива серная кислота. При поступлении в почву может вызывать нежелательное увеличение почвенной кислотности.

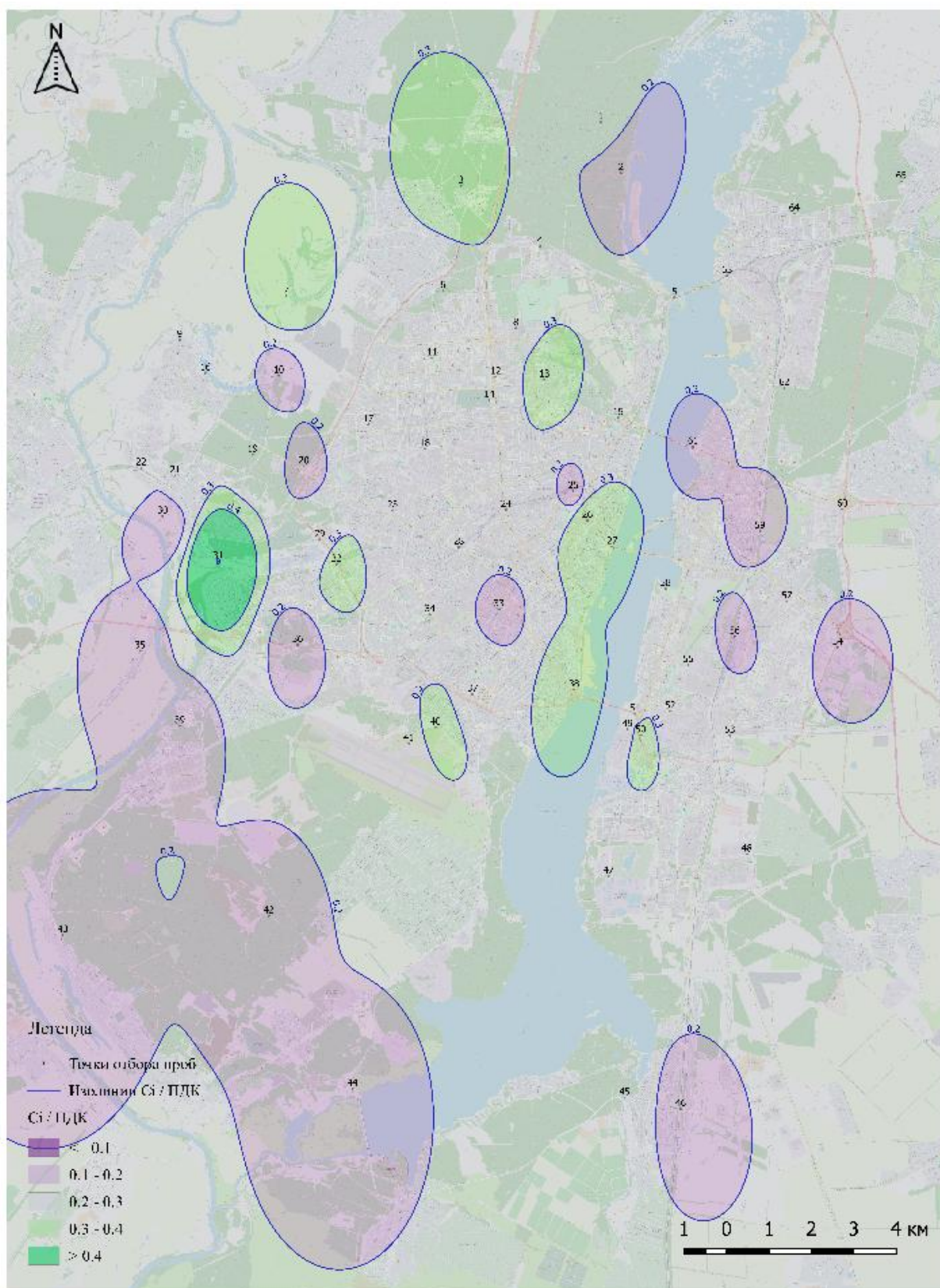


Рис. 2. Содержание хлорид-иона (мг/кг) в почвах г. Воронежа

Для промышленных функциональных зон установлена слабая корреляционная связь между величиной $pH_{\text{вод}}$ и содержанием сульфатов ($r=0,47$).

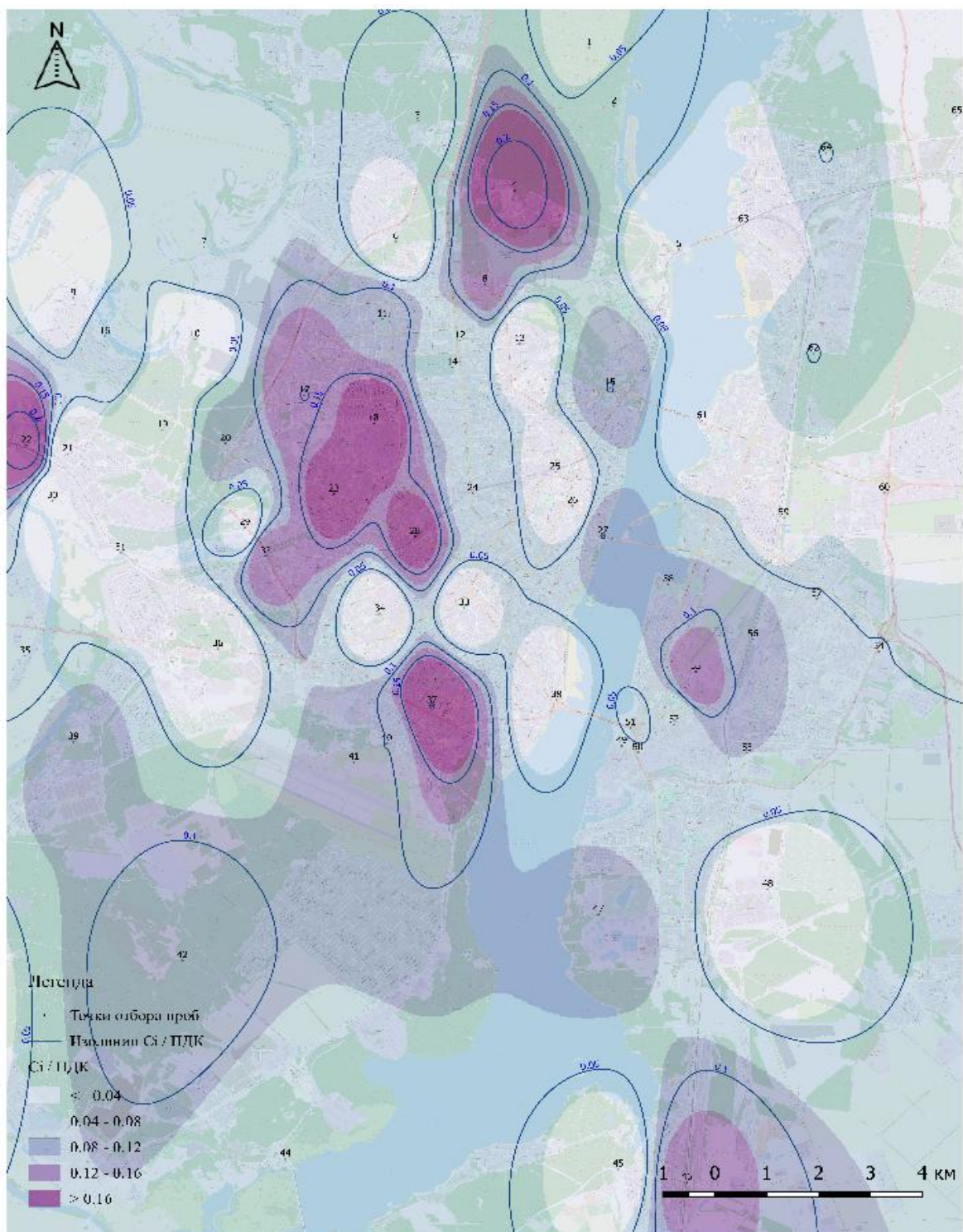


Рис. 3. Содержание нитратов (мг/кг) в почвах г. Воронежа

Наибольшие концентрации хлоридов характерны для транспортных функциональных зон. Содержания максимальны почвах вблизи Чернавского моста, Вогрэссовского моста, Адмиралтейской площади, железнодорожного вокзала «Воронеж – Курский», железнодорожного вокзала «Придача», ул. 45 Стрелковой дивизии, ул. Матросова.

Городские техногенные аномалии нитратов в почве связаны с промышленными функциональными зонами: «ТЭЦ-1», «ТЭЦ-2», очистные сооружения «РВК-Воронеж» и «ЛЮС», завод «ТМП», район нефтебазы «Терминал», «Стальмост», «ВАСО».

Определение значений плотного остатка позволяет определять степень деградации почв (табл. 5).

Таблица 5

Деградация почв промышленных (ПФЗ) и транспортных (ТФЗ) функциональных зон города Воронежа

№ п/п	Степень деградации почв по величине плотного остатка	Диапазон значений плотного остатка, %	Процент от общего числа обследованных ключевых участков	
			ПФЗ, %	ТФЗ, %
1	Не деградированные (не-нарушенные)	□ 0,1	25	5
2	Слабо деградированные	0,1 - 0,25	51	44
3	Средне деградированные	0,25 – 0,50	24	45
4	Сильно деградированные	0,50 – 0,80	-	6
5	Очень сильно деградированные (разрушенные)	□ 0,80	-	-

Аномалии с наибольшим содержанием плотного остатка (0,51%) характерны для почв транспортных функциональных зон на пересечении улицы Степана Разина и проспекта Революции, а также на участке «Аллеи Славы» на Московском проспекте.

Эти территории отличаются и аномально большими содержаниями нефтепродуктов. В условиях сильного техногенного воздействия, депонирующие среды накапливают загрязнители, что приводит к формированию положительных аномалий, с избыточными содержаниями загрязнителей.

В результате антропогенной деятельности различные по составу и свойствам нефтепродукты проникают в почву из поверхностных водотоков, из атмосферных осадков, а также в результате утечек и аварий.

По результатам исследований 2018 – 2019 г установлено, что содержание нефтепродуктов в городских почвах меняется от 60 до 3447 мг/кг почвы при средней фоновой концентрации 30 мг/кг.

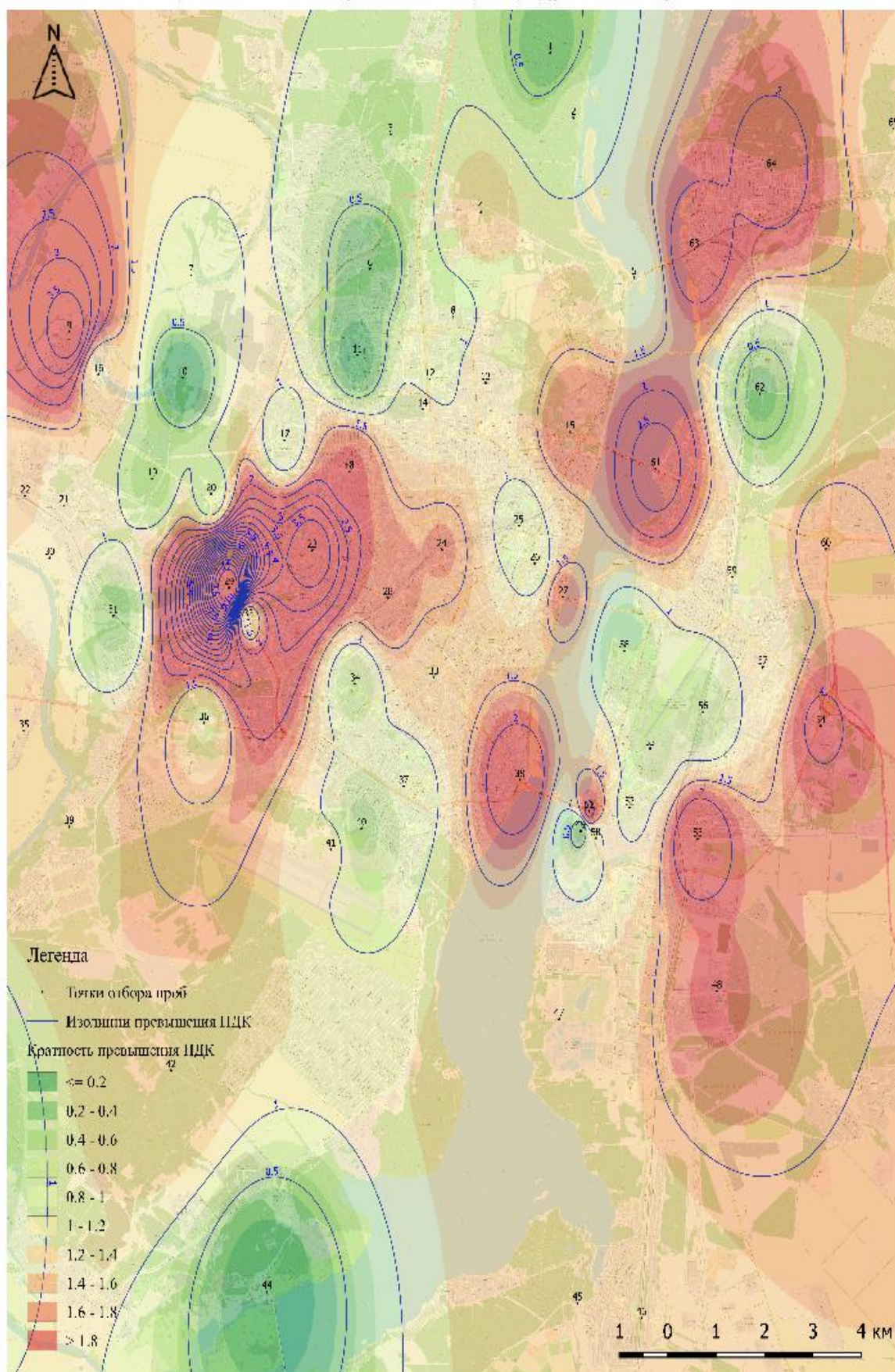


Рис. 4. Содержание нефтепродуктов (мг/кг) в почвах г. Воронежа

Большинство исследуемых ключевых участков на территории города загрязнены нефтепродуктами. Максимальные значения характерны для автотрасс с высокой интенсивностью движения, перекрестков, остановок общественного транспорта, территорий предприятий автомобильного транспорта и АЗС. При удалении от крупных магистралей вглубь селитебных функциональных зон концентрации нефтепродуктов снижаются в десятки раз.

В отличие от «стабильно» загрязненных почв транспортных функциональных зон, в промышленных зонах города Воронежа последнее десятилетие наблюдается снижение содержаний нефтепродуктов (рис. 5).

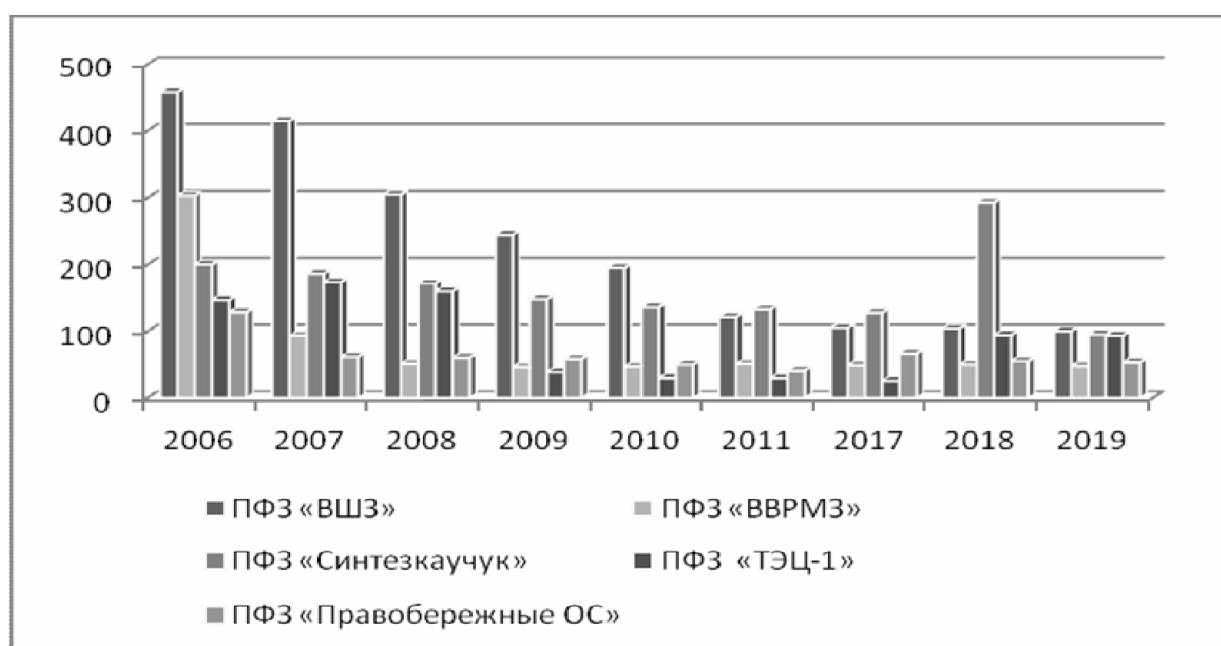


Рис. 5. Среднегодовые концентраций нефтепродуктов (мг/кг) в почвах промышленных функциональных зон

Снижение обусловлено модернизацией и сокращением производственных мощностей оказывающих воздействие на почвы.

По состоянию на 2019 года загрязнение урбаноземов в промышленных функциональных зонах «РВК-Воронеж», «ТМП» «Стальмост», «Терминал» и «Автоматика» существенно превышает фоновые концентрации. Наибольшие превышения, выявлены на участках, расположенные в непосредственной близости от мест хранения нефтесодержащих отходов и транспортных средств. В некоторых точках «Стальмост» наблюдаются превышение фоновых значений в десятки раз.

В 2019 году выявлены территории с наименьшими количествами нефтепродуктов: «ВАСО», «ТЭЦ-1» и «Инжиниринг». Во многом такая положительная динамика объясняется набором факторов: большой площадью (в т.ч. взлётно-посадочной полосы), особым режимом территории и удаленностью от иных производств.

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

1. Антропогенное воздействие на почвы города привело к их деградации и формированию локальных геохимических аномалий.

2. Функциональная структура города в сочетании с ландшафтно-геохимическими условиями относится к важным факторам, определяющим уровень техногенного воздействия на почву.

3. Применение противогололедных реагентов способствует развитию антропогенного засоления и подщелачивания, а также общей деградации почв. Деградация почв транспортных функциональных зон выражается в неспособности к биodeградации нефтяных загрязнений и самовосстановлению.

4. Процессу интенсивного накопления нефтепродуктов поверхностными горизонтами городских почв во многом способствуют их трансформированные химические свойства

5. Модернизация и сокращение промышленного производства способствуют восстановлению почв и сокращению в них концентрации нефтепродуктов.

6. Загрязнение поверхностных горизонтов почв промышленных территорий нефтепродуктами во многом зависит от внедрения природоохранных мероприятий. В долгосрочной перспективе внедрение природоохранных стандартов качества способствует ликвидации накопленного экологического ущерба.

ЛИТЕРАТУРА

1. База данных показателей муниципальных образований (Федеральная служба государственной статистики). – URL: <https://voronezhstat.gks.ru/> (дата обращения 05.06.2019).

2 Власов Д.В. Пространственное распространение геохимических барьеров в городских почвах / Д.В. Власов // Мат-лы III Всеросс. Научно-практ. конф. «Современные проблемы географии и геологии», Томск, 11-12 ноября 2014 г. – Томск: Томский государственный университет, 2014. – С. 13-18.

3 Геохимия ландшафтов и географии почв. 100 лет со дня рождения М.А. Глазовской / Под ред. Н.С. Касимова, М.И. Герасимовой. М.: АПР, 2012 . – 600 с.

4. Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов / М.А. Глазовская. – М.: Географический ф-т МГУ. – 2007. – 350 с.

5. Дабахов М.В. Особенности техногенной трансформации почв Нижнего Новгорода / М.В. Дабахов, Е.В. Дабахова, В.И. Титова // Ахрохимический вестник. – 2011. – № 2. – С. 21-23

6. Доклад о природоохранной деятельности городского округа город Воронеж в 2012 году / Управление экологии администрации городского округа город Воронеж. – Воронеж : Изд-во ВГУ, 2012. – 57 с.

7. Доклад о природоохранной деятельности городского округа город Воронеж в 2015 году / Управление экологии администрации городского округа город Воронеж. – Воронеж, 2016. – 46 с.

8. 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.

9. Касимов Н.С., Борисенко Е.Н. Становление и развитие учения о геохимических барьерах / Н.С. Касимов, Е.Н. Борисенко // Геохимические барьеры в зоне гипергенеза. - Москва, 2002. – С. 6-37.

10. Методы экологических исследований: учеб. пособие для вузов / Н.В. Каверина, Т.И. Прожорина, Е.Ю. Иванова и др. – Воронеж: Изд-во «Научная книга», 2019. – 355 с.

11. 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. университета. Серия: География. Геоэкология. – 2015. - № 4. – С. 59-65.

12. Эколого-геохимические оценки городов / Н.С. Касимов [и др.] // Вестн. Моск. ун-та Сер. 5, География. – 1990. - № 3. – С. 3-12.

ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИЕ АРОМАТИЧЕСКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ В ПОЧВАХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЗОН ГОРОДА ВОРОНЕЖА

Н.В. Каверина

Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) представляют собой группу высокомолекулярных органических углеводородных соединений, образованных двумя и более конденсированными бензольными кольцами. Соединения с 2–3 бензольными кольцами относят к группе низкомолекулярных, а с 4 – 6 кольцами – к группе высокомолекулярных [2, 5, 6].

В большинстве ПАУ проявляют токсичные, мутагенные, канцерогенные свойства, способны накапливаться в компонентах окружающей среды, поэтому рассматриваются в качестве опасных загрязняющих веществ, подлежащих нормированию [11]. В России установлены предельно допустимые концентрации (ПДК) бенз(а)пирена в почвах, они составляют 20 мкг/кг [2].

Городские почвы, с одной стороны, являются главным депонирующим компонентом ландшафта, с другой стороны, сами могут быть вторичным источником загрязненной ПАУ пыли.

Содержание и пространственное распределение ПАУ в почвах урбанизированных территорий обусловлено главным образом антропогенной деятельностью, связанной с эксплуатацией автотранспорта, функционированием химической, нефтеперерабатывающей и энергетической промышленности [2].

Техногенные ПАУ образуются путем сжигания жидкого топлива, древесины и угля, при лесных пожарах [4, 5, 7, 9], обнаруживаются в нефтепродуктах и креозоте [6,7].

Интенсивная урбанизация приводит к увеличению плотности населения, числа промышленных предприятий, развитию уличной дорожной сети, что, в свою очередь, вызывает изменение состава и количества ПАУ, поступающих в почвы [2]. Показано, что повышенные концентрации ПАУ отмечаются в почвах как в пределах промышленных районов [5], так и в районах с высокой плотностью населения и интенсивными транспортными потоками [9]. Углеводороды, образующие от техногенных источников рассеиваются в атмосфере, оседают и накапливаются в почвах и донных отложениях водоемов, образуют устойчивые ореолы загрязнения.

Город Воронеж – крупный активно развивающийся административный центр Центрально-Черноземного региона. Последние годы город активно развивается, его площадь растёт и составляет в настоящее время 596,5 кв. км. Численность населения более 1 миллиона человек [1].

Техногенная нагрузка на городскую среду в основном связана с промышленностью и транспортом. В городе расположены предприятия по производству электроэнергии, химии, машин и оборудования, готовых металлических изделий и металлургического производства, электрооборудования, бетона и железобетона, пищевых продуктов. Крупные предприятия объединены в промышленные узлы, размещенные на территории города в промышленных функциональных зонах Левобережного, Коминтерновского и Советского районов.

Через территорию города проходит автомагистраль М4, в черте города три крупных железнодорожных вокзала и предприятий железнодорожной инфраструктуры. В городе эксплуатируется 330 тыс. транспортных средств, общая протяженность дорожной сети составляет 1786,5 км [10].

Комплексного изучения почв на содержание ПАУ в Воронеже не проводилось. Целью данной работы является количественная оценка уровня загрязнения ПАУ почвенного покрова промышленной, транспортной, рекреационной и селитебной функциональных зон города Воронежа.

За последние двадцать лет в городе произошли существенные изменения в уровне техногенного воздействия и в характере использования городской территории. Промышленные функциональные зоны (ПФЗ) существенно сократились, плотность жилой застройки Воронежа возросла и сменилась высокоэтажной [1]. Естественные экосистемы города преобразованы антропогенной деятельностью и находятся под техногенным прессингом. В городском озеленении происходит вынужденная замена естественных насаждений устойчивыми видами к загрязнению окружающей среды в условиях недостаточного увлажнения.

Для организации мониторинговых наблюдений, на протяжении летних периодов 2018 и 2019 годов, в различных функциональных зонах Воронежа намечены ключевые участки, распределённые по городу (табл. 1). Территории для наблюдения выбира-

лись 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)	27
2	Транспортная (Т)	45
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	Рекреационная (Р), в том числе: - зона лесных насаждений; - зона зеленых насаждений общего пользования; - зона особоохраняемых территорий	22 8 9 5

Городская территория представляет собой слабо организованный комплекс функциональных зон, сформировавшийся длительный исторический период и активно трансформирующий последнее десятилетие.

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

В левобережной части города Воронежа нами выделено 49 ключевых участков. Они охватывают преимущественно транспортные и промышленные функциональные зоны: «ТЭЦ-1», «Стальмост», «Терминал», «ВШЗ», «Автоматика», «Воронежсельмаш», «ВАСО», «ЛОС», «Синтезкаучук», «Мостотрест», «Инжиниринг», «ВЗПП», «НИИЭТ», «НИИПМ», «Рудгормаш», «РАСКО».

В *правобережной части* города намечено 55 ключевых участков, большая часть из которых характеризует транспортные функциональные зоны (территория аэродрома, автомобильные дороги, перекрестки и развязки, железнодорожные станции и тепловыпуски).

В составе промышленных функциональных зон учитывались территории «ТЭЦ-2», «Тяжмехпресс», «АБЗ», «Мехзавод», «РВК», «Ангстрем», «ВТРЗ», «Молвест», «КБХА», «РЕЛЭКС», «Янтарь», «Электросигнал», «Космос-Нефть-Газ», «Пивзавод», «Кондитерский завод», «ВМЗ», «Комбикормовый завод».

Особое внимание было уделено промзонам города, подвергшимся трансформации. Большая их часть использована под жилую застройку (микрорайоны высокой этажности) и нежилую застройку (офисы, торговые и развлекательные центры) (табл. 2).

Таблица 2

Трансформация промышленных функциональных зон
города Воронежа

№ п/п	Наименование предприятия	Адрес	Функциональное назначение в 2019 году
1	Воронежский ремонтный трамвайно-троллейбусный завод (ВРТТЗ)	ул. 45-ой Стрелковой дивизии	Жилой комплекс «Цветной бульвар»
2	Воронежский мыловаренный завод («Финист»)	ул. Революции 1905 года	Жилой комплекс «Финист»
3	Воронежгеология	ул. 45-ой Стрелковой дивизии	Жилой комплекс «Смарт-Квартал»
4	Воронеж-пласт	ул. Карпинского	Жилой комплекс «Оазис дом»
5	Трамвайное депо	ул. 9 января	Жилой комплекс «Квартет»
6	Троллейбусное депо	ул. Хользунова	Жилой комплекс «Острова»
7	Воронежсельмаш	ул. 9 января	Жилой комплекс «Современник»
8	Энергия	ул. Ворошилова	Жилой комплекс «Гран При»
9	Мостозавод	ул. Димитрова	Жилой комплекс «Каскад»

№ п/п	Наименование предприятия	Адрес	Функциональное назначение в 2019 году
10	Промтеплица	Рабочий проспект	Многофункциональная общественно-деловая застройка
11	Воронежский завод электронно-лучевые трубки (ВЭЛТ)	Ленинский проспект	Торговый центр «Максимир»
12	Энергия	ул. Ворошилова	Жилой комплекс «Гран При»
13	Алюминиевый завод	ул. Землячки	Многофункциональная общественно-деловая застройка
14	Теплицы ЗАО «ВШЗ»	ул. Ростовская	Микрорайон ВШЗ
15	Склады ООО «РВК-Воронеж»	ул. Переверткина	Жилой комплекс «Дельфин»

С точки зрения физико-географического районирования Воронеж располагается в пределах лесостепной природной зоны, занимает различные уровни преобразованной долины р. Воронеж.

На территории города сформировались разные типы почв: левобережная часть в основном представлена дерново-лесными песчаными и супесчаными почвами, а на правом берегу преобладают черноземы суглинистые различной мощности. Почвы города значительно преобразованы, представлены антропогенно-измененными почвами (урбаноземами) [3]. Естественные ненарушенные почвы, слабо затронутые антропогенной деятельностью, сохранились на небольших участках лесопарковых зон и на окраинах города.

В местах трансформации функциональных зон распространены искусственно созданные техногенные поверхностные образования.

Объекты и методы исследования

Предметом исследования послужили смешанные образцы верхних ненарушенных горизонтов почв (0-20 см) г. Воронежа.

Отбор проб проводился в летнее время 2019 г. по равномерно-разряженной сетке на 104 ключевых участках в соответствии с ГОСТ 17.4.3.01-83 и ГОСТ 17.4.4.02-84.

Первичная подготовка образцов включала отбор растительных остатков и включений (камни, стекло, строительный мусор,

древесина и пр.), высушивание при комнатной температуре, квартование и просеивание через поверенное сито с диаметром отверстий 1,0 мм.

Количественный химический анализ отобранных образцов проведен на базе лаборатории Воронежского филиала ФГБУ «Центр лабораторного анализа и технических измерений по Центральному федеральному округу».

Извлечение 3,4-бенз(а)пирена выполняли методом жидкостной экстракции, экстрагентом служил н-гексан. Метод измерения основан на экстракции бенз(а)пирена из почв с последующим концентрированием, очисткой на колоночной хроматографии и регистрацией сигнала с использованием флуоресцентного детектора («Флюорат-02-2М»). Дешифрирование хроматограмм осуществлялось автоматически с применением программного обеспечения «МультиХром для Windows XP» с учетом требований, установленных международным стандартом [8].

Погрешность измерения при доверительной вероятности $P = 0,95$ составила 30% во всем диапазоне измерений. Степень загрязнения ПАУ оценивалась по коэффициенту опасности бенз(а)пирена, рассчитанного как превышение его содержаний над ПДК [11].

Картографирование выполнено с применением программы MapInfo Pro на базе лаборатории геоинформационного картографирования факультета географии, геоэкологии и туризма Воронежского государственного университета.

Результаты и обсуждение

Для оценки загрязнения городских почв ПАУ важное значение имеет анализ уровней содержания бенз(а)пирена. Его содержание в почвах Воронежа варьируется в широких пределах от 0,005 до 0,36 мг/кг, в среднем составляя 0,023 мг/кг.

На основе полученных данных о содержании бенз(а)пирена была построена карта содержаний (рис. 1).

Расчет коэффициентов опасности показал, что в 27 % почвенных проб наблюдается превышение ПДК: 10 % проб характеризуется как слабо загрязненные, 10 % – сильно загрязненные и 3 % – очень сильно загрязненные. Наиболее загрязнены почвы, расположенные в непосредственной близости от крупных улиц и автомагистралей (табл. 3).

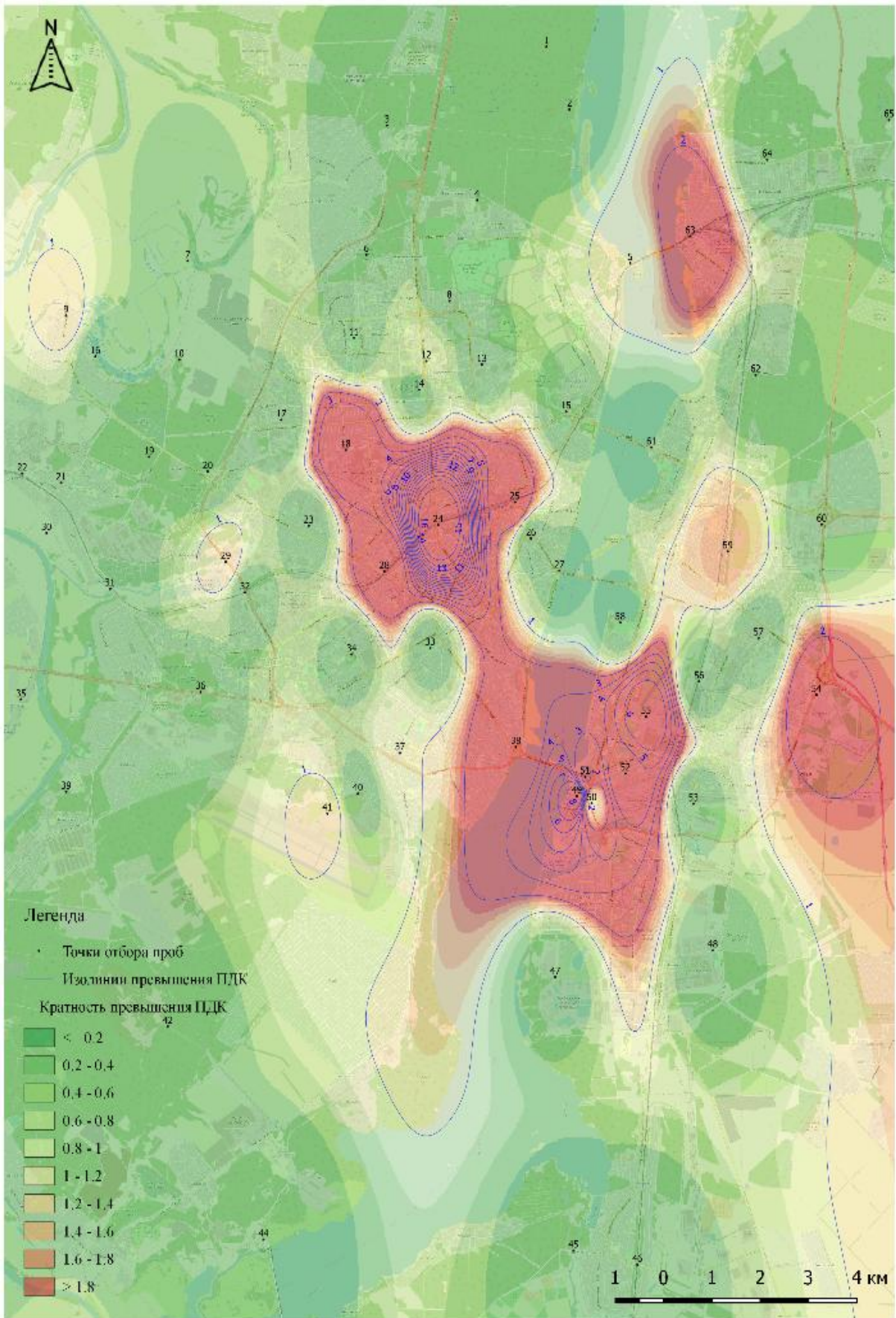


Рис. 1. Изолинейная карта содержания бенз(а)пирена в почвах г. Воронежа

Таблица 3

Содержание бенз(а)пирена (мг/кг) в почвах функциональных зон города Воронежа

Показатели	Функциональные зоны (число проб)			
	ПФЗ* (27)	ТФЗ (45)	СФЗ (10)	РФЗ (22)
Среднее	0,05	0,068	0,005	Менее 0,005
Min	0,005	0,005	Менее 0,005	Менее 0,005
Max	0,36	0,36	0,009	0,005

* ПФЗ – промышленные функциональные зоны, ТФЗ – транспортные, СФЗ – селитебные, РФЗ – рекреационные.

Максимальные значения ПАУ обнаружены в квартале, ограниченном улицей Ереемеева, Московский проспект и переулок Мельничный. Таким образом, выявленный в 2018 году эпицентр загрязнения на пересечении улиц Плехановская - Донбасская сместился вдоль Московского проспекта в сторону источников выделения бенз(а)пирена: ПФЗ «Янтарь» и стоянки маневровых локомотивов железной дороги.

Вероятно, что максимальное значение ПАУ связано с многолетним сжиганием органических видов топлива: дизельного топлива для маневровых локомотивов и древесины для копчения сыров, подогрева воды в водонагревательных узлах («Титан») пассажирских вагонов.

Повышенные концентрации бенз(а)пирена обнаруживаются вблизи пересечения улично-дорожной сети: ул. Лебедева и Кулибина, ул. Полины Осипенко и Раисы Беляевой, ул. Димитрова и Илюшина, ул. Матросова и Краснознаменной, ул. Беговая и Московского проспекта.

В некоторых районах наблюдается воздействие железнодорожного транспорта и его инфраструктуры. В районе железнодорожного моста и локомотивного депо «Отрожка» установлено превышение ПДК по бенз(а)пирену в 3,1 раза.

Некоторые аномалии формируются под воздействием промышленных предприятий. Например, в районе переулка Ясный в зоне воздействия «ГЭЦ-2» установлены концентрации, превышающие ПДК в 4 раза.

Оценивая общий вклад углеводородов в загрязнение почв Воронежа в каждой из точек отбора проб, можно констатировать что пиковые вклады в загрязнение Воронежа бенз(а)пиреном приходятся

ся на центр города, железнодорожные объекты и окрестность Воронежской ТЭЦ-1.

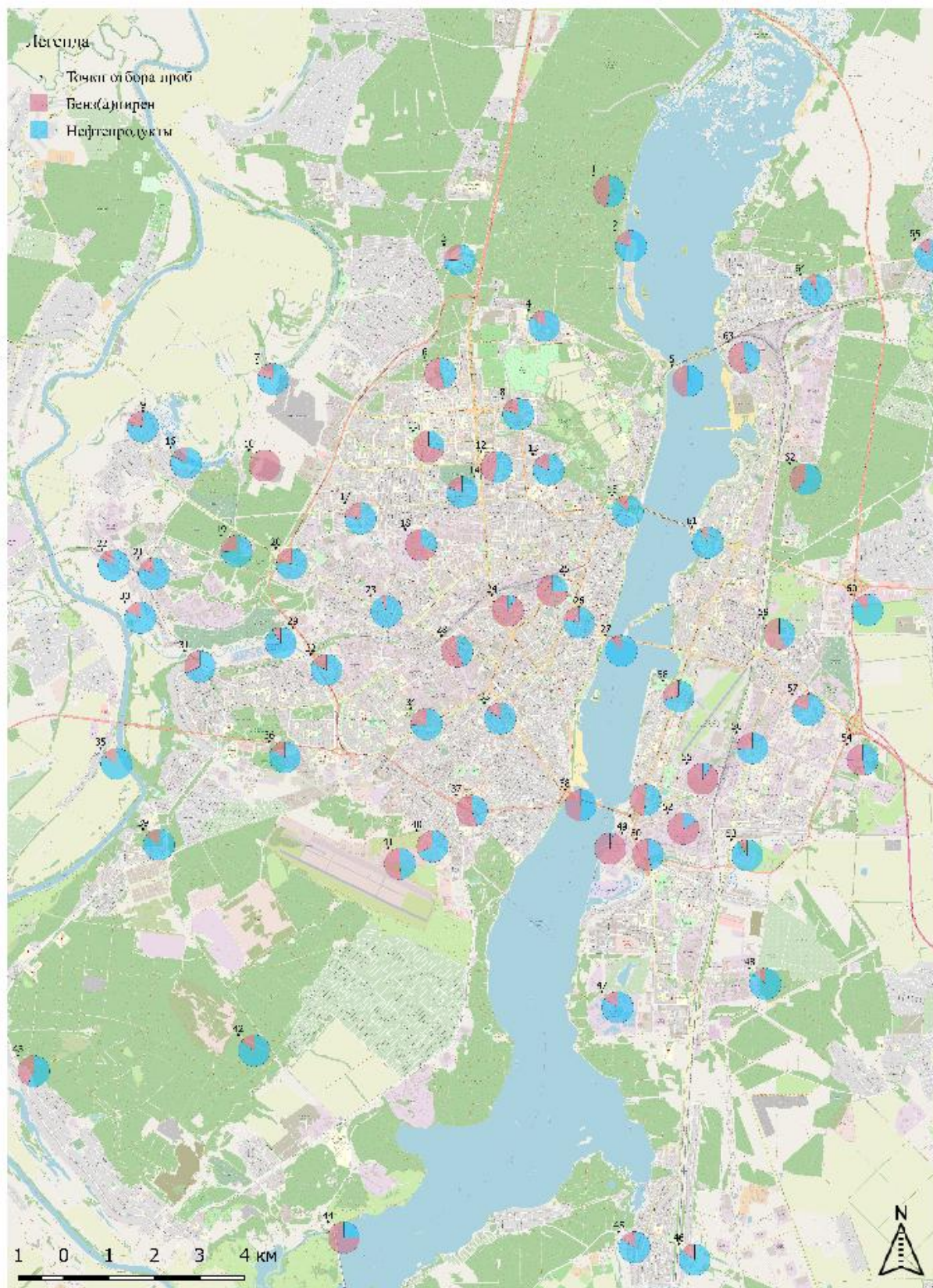


Рис. 2. Картодиаграмма углеводородного загрязнения почв г. Воронежа

Максимальные значения концентраций нефтепродуктов характерны для автотрасс с высокой интенсивностью движения, перекрестков, остановок общественного транспорта, территорий предприятий автомобильного транспорта и АЗС. При удалении от крупных магистралей вглубь селитебных функциональных зон концентрации нефтепродуктов снижаются в десятки раз, но так и остаются выше фоновых значений.

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

1. Основными техногенными источниками, воздействующими на экологическое состояние почв города Воронежа и вблизи которых аккумулируются ПАУ в поверхностных горизонтах, являются предприятия теплоэнергетики, железнодорожный и автомобильный транспорт.

2. Минимальные содержания бенз(а)пирена характерны для почв с более благоприятным водно-воздушным режимом, способствующим ускоренному разложению ПАУ.

3. Уровни содержания ПАУ в почвах г. Воронежа сопоставимы с уровнями, установленными для крупных развивающихся городов.

4. Опасный уровень загрязнения характерен для почв промышленных и транспортных функциональных зон города. Углеродное загрязнение почв города существенно различается по компонентам.

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

6. Функциональная структура города в сочетании с ландшафтно-геохимическими условиями относится к важным факторам, определяющим уровень техногенного воздействия на почву.

7. Распределение бенз(а)пирена в поверхностных горизонтах городских почв характеризуется наличием его техногенных аномалий с контрастностью до 18 значений ПДК.

8. Уровень загрязнения городских почв ПАУ контролируется функциональной принадлежностью территории, которая определяет уровень техногенной нагрузки. Степень загрязнения бенз(а)пиреном почв различных зон г. Воронежа увеличивается в ряду: *рекреационная - селитебная - промышленная - транспортная зона*.

ЛИТЕРАТУРА

1. База данных показателей муниципальных образований (Федеральная служба государственной статистики). – URL: <http://www.gks.ru/dbscripts/munst/munst20/DBInet.cgi/> (дата обращения 05.07.2019).
2. ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве: Гигиенические нормативы. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. – 15 с.
3. 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.
4. Касимов Н.С. Геохимия ландшафтов Восточной Москвы / Н.С. Касимов, Д.В. Власов, Н.Е. Кошелева, Е.М. Никифорова. – М.: АПР, 2016. – 276 с.
5. 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.
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. Назаренко Н.Н. Углеводородное загрязнение городских почв в условиях антропогенного воздействия / Н.Н. Назаренко, А.К. Свистов, Н.В. Каверина // Экология родного края: проблемы и пути решения: материалы науч.-практ. конф. - Киров, 2016. – С. 57-60.
8. ПНД Ф 16.1:2:2.2:2.3:3.39-03. Методика выполнения измерений массовой доли бенз(а)пирена в пробах почв, грунтов, твердых отходов, донных отложений методом ВЭЖХ.
9. Полициклические ароматические углеводороды в почвах Васильевского острова (Санкт-Петербург) / Е.Д. Лодыгин [и др.] // Почвоведение. – 2008. - №12. – С. 1494-1500.
10. Постановление Правительства Воронежской области от 31.12.2013 № 1188 «Об утверждении государственной программы Воронежской области "Развитие транспортной системы" (с изменениями на 13 августа 2019 года)».

11. МУ 2.1.7.730-99. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест. Методические указания (утв. Минздравом РФ 07.02.1999). – М.: Минздрав РФ, 1999. - URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200003852>.

ТОКСИКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ГОРОДА ВОРОНЕЖА

Л.О. Серeda, С.А. Куролап

Все городские земли Воронежа представлены двумя категориями. В первую категорию включены земли с функционирующим почвенным покровом (ПП), 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».

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). При ее составлении нами использована классификация городских почв, предложенная Г.В. Добровольским [4,5,6].

Данная классификация разработана для почв городов Центральной части России. Она базируется на особенностях профилно-генетического (морфологического) строения почвенного профиля как достаточно простого и универсального подхода, а также на характере почвообразующих пород и грунтов.

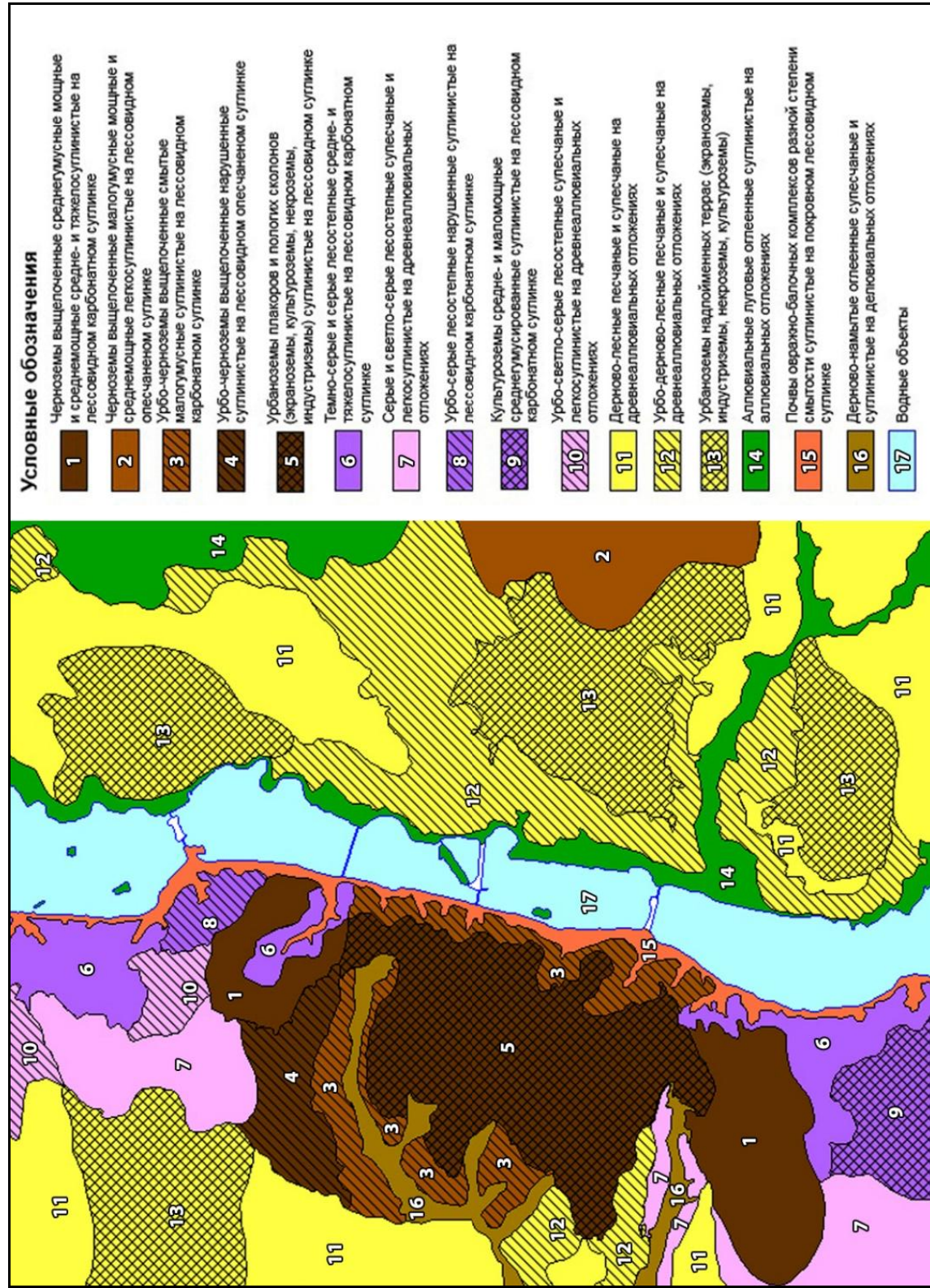


Рис. 1. Обзорная почвенная карта города Воронежа (составлена Л.О. Середя, Л.А. Яблонских) [5]

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 [3,5,6].

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 предполагает 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 деление 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 индустроземы – под промышленно-коммунальными объектами.

Кроме того, для городских почв свойственно формирование темноокрашенного горизонта, называемого «урбик», который состоит из примесей антропогенных включений (пыль, строительного мусора, промышленные отходы) (рис. 2). Формирование этого горизонта происходит на почвах различного генезиса [2].

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) индустрозёмы – 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) реплантозёмы – почвы селитебных территорий (рисунок 3).

Крупные ареалы культурозёмов средне- и маломощных среднегумусированных занимают территорию фруктовых садов на юго-западе города [5,6].

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

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, Усманка и Тавровка).



Рис. 2. Горизонт «урбик» в почвенном покрове города (фото Л. Середы)



а) экраноземы



б) культуроземы

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

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-ненарушенные 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 урбо-дерново-лесные песчаные и супесчаные почвы. Только на окраине города, в юго-восточной ее части, распространены земли сельскохозяйственного назначения с характерными для них черноземами.

Оценка токсичности почвенного покрова является актуальным направлением исследований в городском мониторинге. Эффективным подходом для определения степени токсичности является использование методов токсикологического анализа. Их применение позволяет дать интегральную характеристику экологического состояния городов [3,4,7].

Для определения уровня токсического загрязнения почвенного покрова города нами были проведены исследования в течение 2018-2019 гг. с помощью тест-объекта зеленой протококковой водоросли Хлорелла (*Chlorella vulgaris*) согласно ПНД Ф 14.1:2:4.10-04, 16.1:2:3:3.7-04.



Рис. 4. Измеритель относительной токсичности

Методика определения относительной токсичности основана на регистрации различий в оптической плотности тест-культуры, выращенной на среде, которая не содержит токсических веществ (контроль) и тестируемых проб водных вытяжек из почвенных образцов. Измерение оптической плотности позволяет оперативно контролировать изменение численности клеток в контрольном и опытных вариантах. Критерием относительной токсичности является снижение на 20% и более (подавление роста) или увеличение на 30% и более (стимуляция роста) значения оптической плотности тест-культуры, выращиваемой в течение 22 часов на тестируемой среде по сравнению с контролем, приготовленным на дистиллированной воде [7].

Результаты исследования показали, что для почвенных образцов, отобранных в промышленной зоне, характерно в основном превышение критерия токсичности, что составляет в среднем 30-50% (рис. 5). Это стимулирует рост тест-культуры.

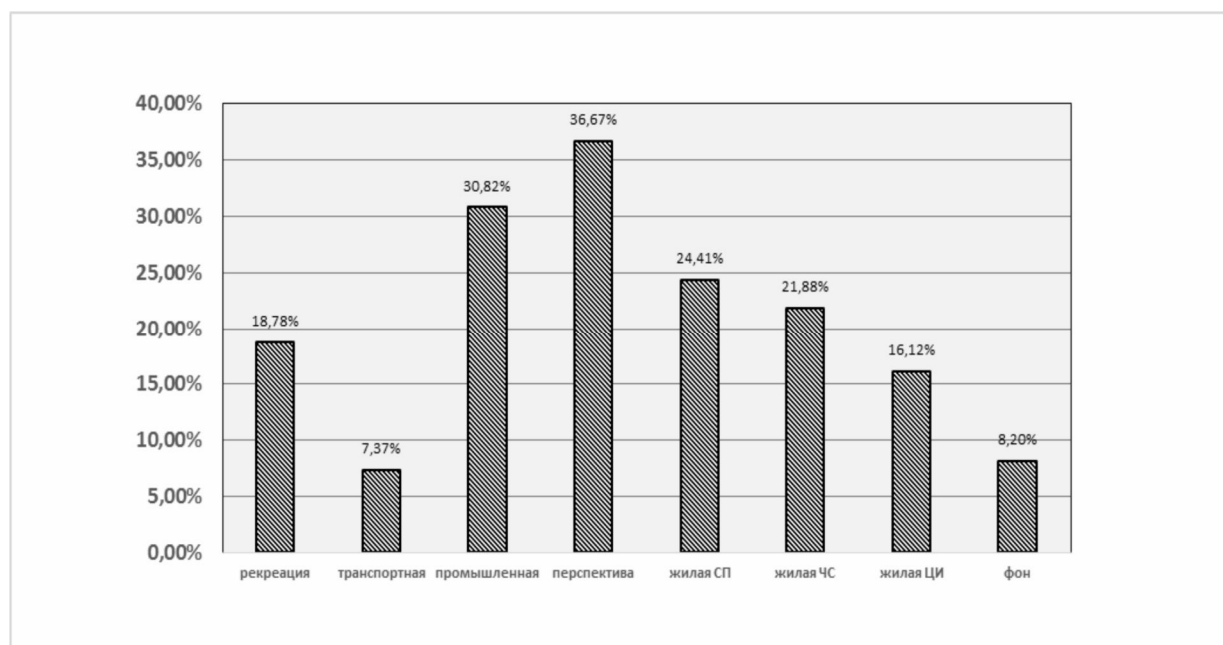


Рис. 5. Уровень относительной токсичности почвенного покрова на тест-культуре *Chlorella vulgaris*

В ряде точек в промышленной зоне, напротив, отмечается подавление роста тест-культуры (ул. Землячки, 1; ул. Лебедева, 2).

В образцах, отобранных в транспортной зоне отмечается в основном подавление роста тест-объекта, что свидетельствует о высоком загрязнении в этой зоне. Существенное подавление тест-объекта до 83% отмечено в пункте мониторинга №52 – пересечение улиц Брусилова и Ленинский проспект. Для этого пункта мо-

ниторинга свойственно высокая концентрация Zn (валовое содержание и подвижная форма).

Подавление роста тест-культуры до 43% отмечается в жилой зоне современной многоэтажной застройки в пункте мониторинга №40, расположенного по ул. Моисеева, 11. Стимуляция роста до 78% отмечена в пункте №86 по адресу ул. Грамши, 70.

В образцах, отобранных в зонах перспективной застройки и жилой современной многоэтажной застройки, отмечена стимуляция роста-тест культуры (увеличение на 36-37%). В остальных функциональных зонах нами не выявлено высокого уровня относительной токсичности.

В целом на территории города нами выделены следующие зоны с высоким уровнем относительной токсичности почвенного покрова: район перспективной застройки Шилово, Масловская промышленная зона, микрорайон Подгорное, а также территории, находящиеся под влиянием активных дорожных транспортных потоков (ул. 9 января, Московский проспект, проспект Революции, ул. Грамши и др.).

Картографирование уровней относительной токсичности на тест-культуре *Chlorella vulgaris* по результатам мониторинга почвенного покрова показаны на рисунке 6.

Исследование уличного смета на уровень относительной токсичности показал, что высокий уровень загрязнения характерен для жилой зоны в центрально-исторической части города, т.к. отмечается подавление роста тест-объекта на 59% (рис. 7).

Опасный уровень загрязнения обеспечен за счет высокого уровня относительной токсичности в ряде точек, в которых наблюдается подавление тест-культуры на 58-87% (ул. Володарского, 60; ул. Депутатская, 12; ул. Ломоносова, 83). Стоит также отметить, что именно в этих точках нами отмечены высокие уровни концентрации подвижной формы Zn – 228-673 мг/кг. Средний уровень загрязнения отмечен в зоне рекреации – происходит подавление тест-объекта на 40%. Стимуляция роста отмечена в точке №19 – ул. Грамши, 25 в транспортной зоне города - происходит увеличение роста тест-культуры до 92% . Это связано с интенсивным транспортным потоком на улице и повышенным уровнем содержания ЗВ. Во многих точках зоны рекреации отмечено подавление тест-культуры до 59% (парк Динамо, ул. Дарвина, Петровская набережная). В этих точках отмечено повышенное содержание нефтепродуктов порядка 600-900 мг/кг.

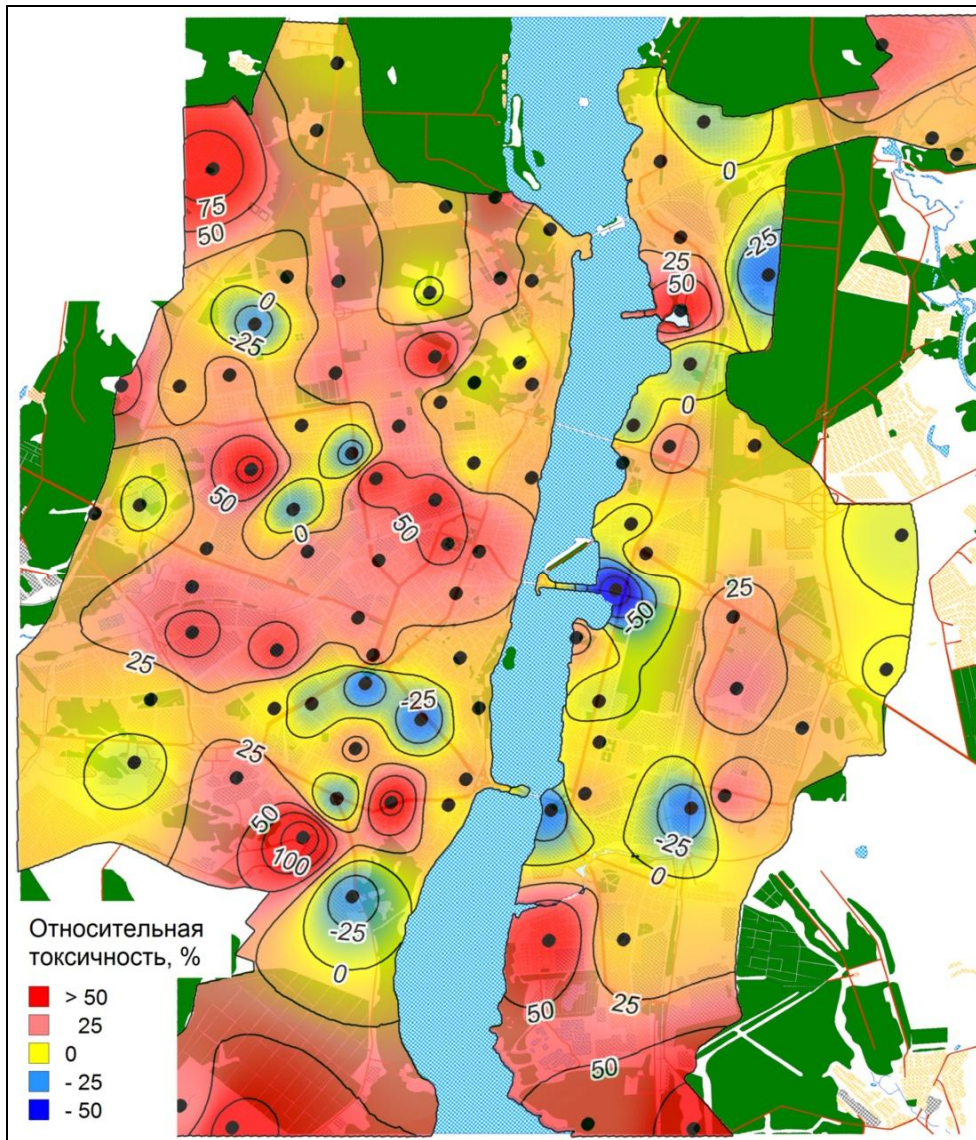


Рис. 6. Результаты токсикологического анализа почв города

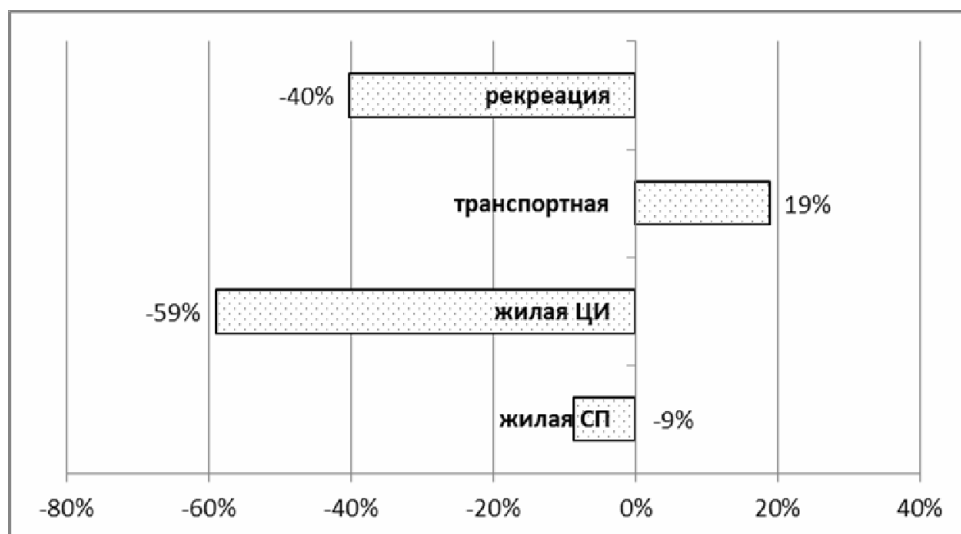


Рис. 7. Уровень относительной токсичности уличного смета

Особенности черноземов выщелоченных изучались по разрезам №8, №9, заложенным на водоразделе рек Дон-Воронеж (опушка Ботанического сада ВГУ) и на территории совхоза «Масловский» на третьей надпойменной террасе реки Воронеж. Уровни относительной токсичности в почвенных разрезах показаны на рисунке 8.

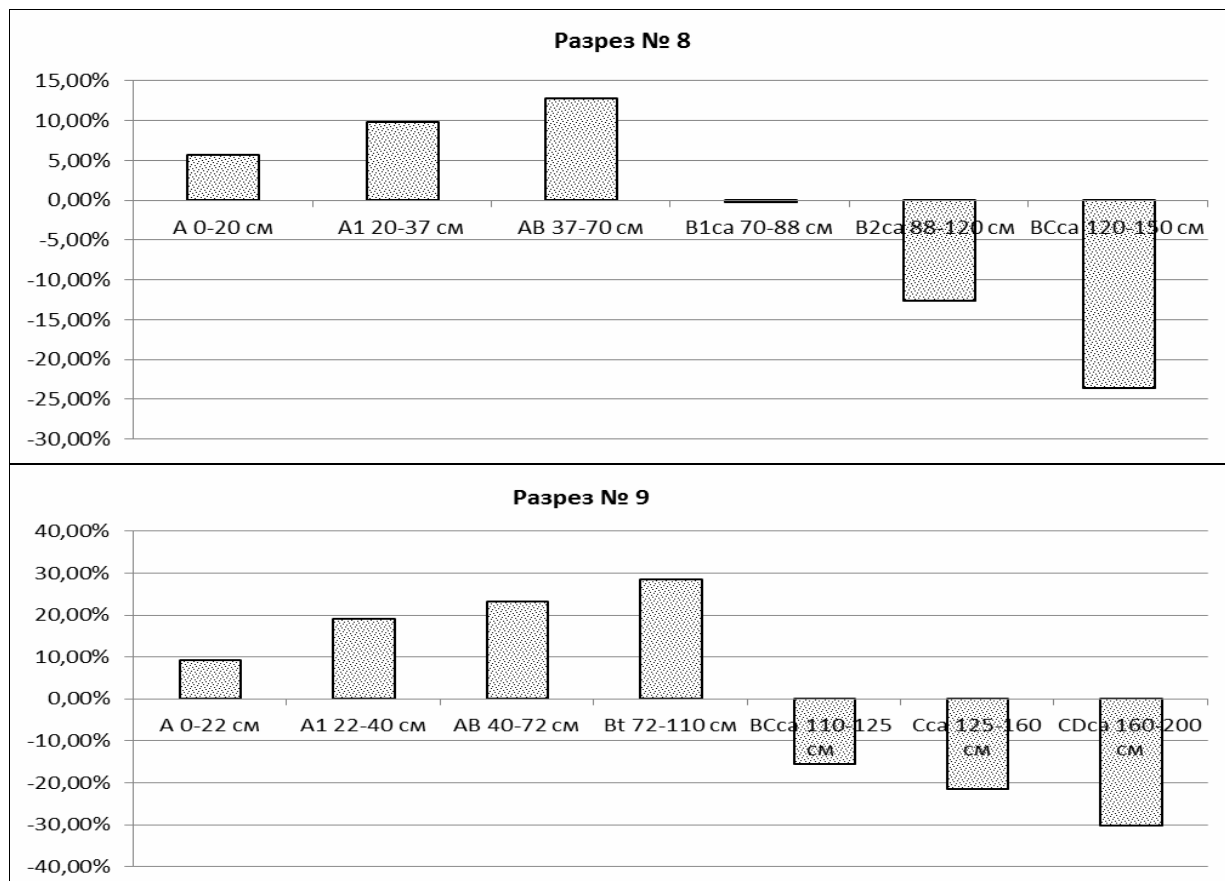


Рис. 8. Уровень относительной токсичности в почвенных разрезах

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

Стоит отметить, что о высоком уровне загрязнения свидетельствуют как подавление, так и стимуляция роста тест-культуры. Применение методов токсикологического анализа позволило дать интегральную оценку состояния почвенного покрова и уличного смета на территории города.

ЛИТЕРАТУРА

1. Биологический контроль окружающей среды (биоиндикация и биотестирование) : Учеб. пос. / под ред. О. П. Мелеховой, Е. И. Егоровой. - М. : Академия, 2007. - 288 с.
2. Маячкина Н. В. Особенности нормирования биотестирования почв с целью их экотоксикологической оценки / Н. В. Маячкина, М. В. Чугунова // Вестник Нижегородского ун-та им. Н.И. Лобачевского. Серия Биология. – 2009. - №1. - С. 84-93.
3. Почва, город, экология / под общ. ред. Г.В. Добровольский. – М. : Фонд «За экономическую грамотность», 1997. – 320 с.
4. Серeda Л. О. Экологическая оценка почвенного покрова методами биоиндикации и биотестирования / Л.О. Серeda, М.А. Клевцова // Научное обозрение. – 2015. – № 20. – С. 81-85.
5. 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. университета. Серия: География. Геоэкология. – 2015. - № 4. - С. 59-65.
6. Серeda Л.О. Мониторинг эколого-геохимического состояния почвенного покрова города Воронежа / Л.О. Серeda, Л.А. Яблонских, С.А. Куролап // Вестн. Волгоград. гос. ун-та. - Сер. 11, Естеств. науки. - 2015. - №2 (12). - С.66-73.
7. Эколого-аналитические методы исследования окружающей среды: учеб.пособие / Т. И. Прожорина и др. – Воронеж : Истоки, 2010. – 304 с.

ГЕОИНФОРМАЦИОННО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА ВОРОНЕЖА КАК СРЕДСТВО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

С.А. Епринцев, С.В. Шекоян

Обеспечение экологической безопасности, сопряжённое с постоянными мониторинговыми исследованиями городских экосистем, предполагает постоянный анализ больших массивов геоданных, что вместе с необходимостью оперативного принятия решений делает необходимым использование современных геоинформационных технологий.

При комплексном подходе, характерном для экологии, обычно приходится опираться на обобщающие характеристики окружающей среды, вследствие чего, объемы даже минимально достаточной исходной информации, несомненно, должны быть большими. В противном случае обоснованность действий и решений вряд ли может быть достигнута. Кроме того, полученные данные должны быть легко доступны и систематизированы [2,3,8].

Целью настоящего исследования является разработка модели использования геоинформационных ресурсов для проведения геоэкологических исследований, а также геоинформационного картографирования пространственной оценки социально-экологических факторов на примере городского округа города Воронежа, что можно охарактеризовать термином «геоинформационно-экологический мониторинг».

В России наиболее широкие геоинформационные исследования были проведены ведущими картографами – А.М. Берлянтом [1], И.К. Лурье [6], В.С. Тикуновым [9], А.В. Кошкаревым [4]. Значительных успехов в атласном картографировании с применением ГИС-технологий добились ученые Института географии РАН [4], Казанская школа исследователей под руководством А.М. Трофимова [10]. Особенно перспективны региональные ГИС, позволяющие системно организовывать региональную геоэкологическую информацию, её оперативно анализировать и картографически отображать, что актуально для целей регионального экологического управления и оптимизации природопользования. Например, А. А. Ямашкиным [11] создана региональная ГИС «Мор-

довия», которая представляет собой геоинформационный геоэкологический атлас республики [11].

В 2018 году под руководством профессора С.А. Куролапа создан первый вариант электронного медико-экологического атласа города Воронежа, который включает разделы: состояние окружающей среды (экологический фон: параметры техногенного воздействия и загрязнения атмосферы, почвы, снежного покрова; состояние родников; радиационный фон; фитотоксические эффекты; состояние биоты); состояние здоровья населения (по основным социально значимым классам заболеваний отдельно для взрослого и детского населения по территориям обслуживания поликлиник города); оценка экологического риска для здоровья населения (рисков, связанных с микроклиматическими условиями, промышленно-транспортным воздействием и техногенным загрязнением городской среды) [7].

Для эффективного управления развитием территории на уровне принятия решений администрациями муниципальных образований важно выстроить систему постоянного геоинформационного мониторинга за качеством социально-экологических условий с оценкой постоянных изменений и сопоставлением текущих событий с общепринятыми критериями. Для мониторинга за изменением природно-антропогенных факторов урбанизированных территорий оптимально подходят данные дистанционного зондирования Земли.

Результаты, полученные в ходе дешифрирования космоснимков, а также данные обработки статистической информации обобщаются в среде ГИС «Медико-экологический атлас города Воронежа» [7], на базе которой создаются цифровые карты экологической ситуации и выявляются факторы экологического воздействия на здоровье населения.

ГИС предлагает большое количество разнообразных подходов к анализу пространственных данных. Иногда достаточно использовать визуальный анализ: на основе созданной карты увидеть все необходимое для принятия решения. Однако бывают случаи, когда затруднительно принять решение только на основании карты. Простая визуализация данных не позволяет принять однозначно правильное решение. Картографы при создании карты могут выбирать, какие объекты включаются в карту, какие символы им присваиваются, какая используется схема классификации, как

выглядят надписи и т.д. Все эти картографические элементы помогают понять содержание карты и определить границы анализируемой проблемы, но они также могут изменить характеристики информации и повлиять на ее восприятие и интерпретацию.

Создаваемые цифровые карты исследуемой территории должны обеспечивать 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 [7].

Разработанные геоинформационные ресурсы урбанизированной территории городского округа города Воронежа рассматриваются как некое расширение технологии БД для координатно-привязанной информации с возможностями организации запроса к базе данных вместе со средствами генерации "графического" отчета, а также анализа пространственных взаимоотношений между объектами. Появляется возможность выводить на экран или на твердую копию только те объекты или их множества, которые необходимы пользователю в данный момент. То есть фактически осуществляется переход от сложных комплексных карт к серии взаимоувязанных частных карт. При этом обеспечивается лучшая структурированность информации, что позволяет ее эффективно использовать (манипулирование, анализ данных и т.п.) [7].

Муниципальная экологическая ГИС состоит из системы иерархически соподчиненных разделов баз данных и средств тематического картографирования, отражающих природно-ресурсный потенциал, социально-экономическую и эколого-гигиеническую ситуацию на примере г. Воронежа (рис.1).

Основой служат данные дистанционного зондирования Земли, полученные со спутника 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).

Сбор информации для характеристики функционально-планировочной структуры и ландшафтно-экологических условий для модельных регионов осуществлен на базе специальных натур-

ных исследований, обработки фондового, в том числе картографического, материала региональных комплексных и отраслевых природоохранных ведомств.

Разработанная модель использования геоинформационных ресурсов для проведения геоэкологических исследований, а также геоинформационного картографирования пространственной оценки социально-экологических факторов на примере городского округа города Воронежа содержит 4 основных раздела (рис. 1).

1. Раздел «Природный потенциал». В данном блоке проводится сбор и обобщение данных, характеризующих разнообразие ландшафта, что делает его более устойчивым. Преимущественное влияние природного каркаса на качество окружающей среды оказываются зонами внешнего и внутреннего озеленения.

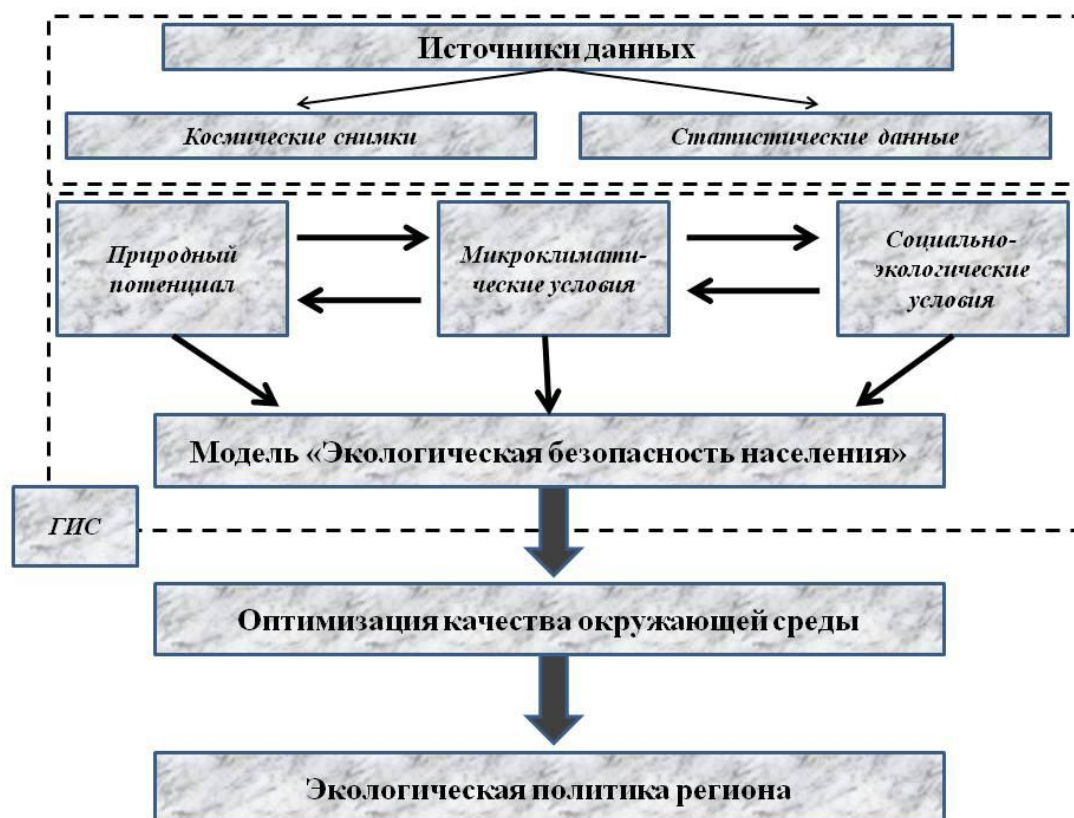


Рис. 1. Схема экологической ГИС урбанизированной территории

Защитные зеленые зоны, согласно градостроительному кодексу РФ должны располагаться с наветренной стороны от города. В городских поселениях необходимо предусматривать, как правило, непрерывную систему озелененных территорий и других открытых пространств. Удельный вес озелененных территорий раз-

личного назначения в пределах застройки городов (уровень озелененности территории застройки) должен быть не менее 40 %, а в границах территории жилого района не менее 25 % (включая суммарную площадь озелененной территории микрорайона). Общий принцип организации зеленой зоны – максимальное сохранение естественных зеленых насаждений, а также интродукция газопылеустойчивых пород [5].

Изучение природного потенциала территории осуществляется по данным дистанционного зондирования Земли (космоснимкам со спутника Landsat-8, а для исследования динамических характеристик – архивным космоснимкам со спутника Landsat-7) при помощи анализа NDVI.

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. 2,3).

Наименования и описание классификационных единиц, обозначенных различными цветами на рисунках 1, 2, приведены в таблице 1.

Результаты, полученные в ходе дешифрирования космоснимков, а также данные обработки статистической информации обобщены в среде ГИС, на базе которой разработана модель влияния экологического каркаса на интегральную величину экологической комфортности исследуемой территории.

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 2018 года. Результаты данной классификации для городского округа г. Воронежа представлены на рисунке 3.

Анализ пространственного зонирования территории городского округа г. Воронежа и пригородной десятикилометровой зоны (в общей сложности 1246 км²) методом NDVI (рис. 3), показал, что большая часть исследуемой территории (от 40 до 50 %) относится к слабоантропогенезированной зоне.

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 угодья, слабая зелёная растительность
4	Красный	Сильноантропогенезированные территории	Антропогенные сооружения – здания, автодороги и прочие объекты. Территории данной классификационной группы (за исключением селитебной эколого-функциональной зоны) могут рассматриваться как объекты экологического риска

Основную долю слабоантропогенезированных территорий составляют сельскохозяйственные поля, прилегающих к городу Рамонского, Новоусманского и Семилукского административных районов (рис. 2,3).

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 [10].

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. 2,3).

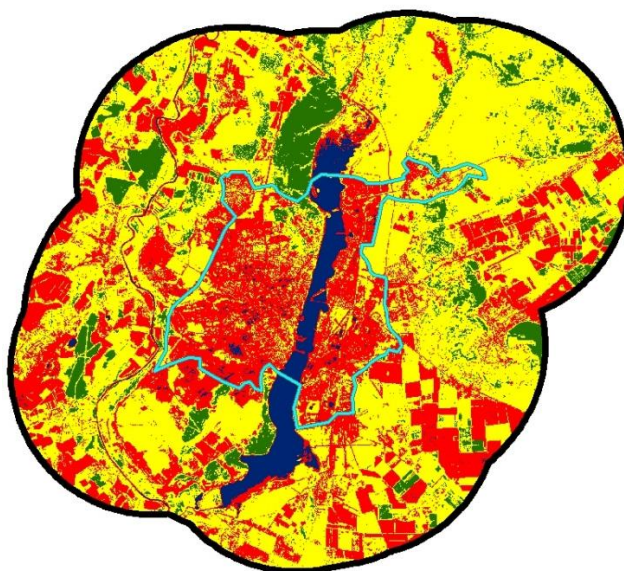


Рис. 2. Пространственное зонирование территории городского округа г. Воронежа и пригородной десятикилометровой зоны методом NDVI по космоснимку LE71760242001222KIS00 спутника Landsat-7, сделанного 10 августа 2001 года (цветовые обозначения – согласно таблице 1)

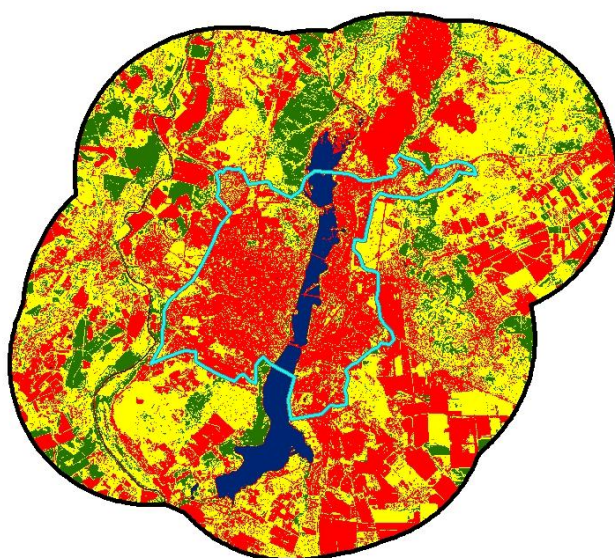


Рис. 3. Пространственное зонирование территории городского округа г. Воронежа и пригородной десятикилометровой зоны методом NDVI по космоснимку LC881760242016240LGN00 спутника Landsat-8 от 16 августа 2018 года (цветовые обозначения – согласно таблице 1)

Анализ динамики изменения расположения различных зон за 15 летний период показал незначительное (в пределах погрешности методики) сокращение водных объектов, увеличение на 8% силь-

ноантропогенезированных 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 десятикилометровой зоны обусловлено увеличением сильноантропогенезированной зоны и зоны природного каркаса за счёт данной территории.

2. Раздел «Микроклиматические условия». В данном разделе осуществляется сбор и обобщение данных, характеризующих микроклимат территории – роза ветров, среднемесячные температуры, средние скорости ветра, метеорологический потенциал атмосферы.

Микроклимат города формируется под влиянием местных условий и градостроительного освоения. Оценка микроклиматических условий проводится с целью выявления возможных путей и средств сохранения и улучшения качества среды, окружающей застройку (использование благоприятных факторов и нейтрализация отрицательных воздействий). К числу микроклиматических факторов, имеющих существенное значение для населения, относят аэрацию, инсоляцию и степень естественного самоочищения атмосферы [5].

3. Раздел «Социально-экологические условия». В данном разделе созданы базы данных как по экологическим условиям территории, так и по социальным факторам, прямо или косвенно, влияющим на экологическую обстановку урбанизированной территории.

Главным экологическим фактором является загрязнение атмосферы антропогенными поллютантами (для города Воронежа – диоксид азота, диоксид серы, пыль, свинец, формальдегид, фенол, оксид углерода). Данные показатели являются основными факторами, влияющими на заболеваемость населения и величину экологического риска.

К социальным факторам, оказывающим воздействие на экологическую обстановку урбанизированной территории возможно отнести – густоту автомобильных дорог, количество личного ав-

тотранспорта у населения, качество жилищного фонда, среднемесячные доходы населения, и т.д.

4. Раздел Модель «Экологическая безопасность населения». Предполагает разработку интегрального показателя, показывающего экологическую комфортность для населения, проживающего на данной территории. Интегральный показатель предполагает учёт всех факторов предыдущих трёх блоков.

Таким образом, разработанная модель использования геоинформационных ресурсов для проведения геоэкологических исследований, а также геоинформационного картографирования пространственной оценки социально-экологических факторов на примере городского округа города Воронежа содержит 4 раздела.

В результате разработки раздела «Природный потенциал» осуществлён расчет коэффициента природного потенциала территории, участвующего в определении интегрального показателя значения экологической безопасности территории. Микроклиматические условия оказывают непосредственное влияние, а также зависят от двух других блоков (природного потенциала и социально-экологических условий).

В результате разработки данного раздела «Микроклиматические условия» произведён расчет коэффициента комфортности природных условий, участвующего в определении интегрального показателя значения экологической безопасности территории.

В результате разработки раздела «Социально-экологические условия» произведен расчет величин экологического риска и коэффициента социальной комфортности. Данные показатели будут использованы в определении интегрального показателя значения экологической безопасности территории.

В результате анализа данных в среде ГИС созданы авторские карты, отражающие социально-экологическую обстановку в регионе с указанием экологически опасных техногенных объектов, деградированных и нарушенных ландшафтов, проявлений экзогенных процессов; информация о социально-экономической ситуации на территории исследуемой урбанизированной территории; результаты анализа медико-экологической ситуации на территории города Воронежа.

На основе авторских карт разработан комплекс эколого-проектировочных мероприятий, позволяющих увеличить инте-

гральный показатель экологической безопасности населения на конкретной урбанизированной территории.

К данным мероприятиям могут быть отнесены оптимизация эколого-функционального зонирования урбанизированных территорий, транспортных сетей, топливно-промышленных комплексов, природных каркасов территорий.

Разработанный комплекс мероприятий представляется возможным к включению в рекомендации по оптимизации территориального планирования и экологической политики муниципалитета.

ЛИТЕРАТУРА

1. Берлянт А.М. Картография и геоинформатика в системе наук и учебных дисциплин / А.М. Берлянт // Геодезия и картография. - 2007. - № 1. - С. 38-45.

2. 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.

3. Епринцев С.А. Экологическая комфортность урбанизированной территории Адлерского района города Сочи в условиях интенсивного антропогенного прессинга / С.А. Епринцев, О.Е. Архипова // Вестник Воронежского гос. университета. Серия: География. Геоэкология. - 2012. - № 2. - С. 100-104.

4. Кошкарев А.В. Пространственные метаданные и геопорталы как средства интеграции геоинформационных ресурсов и сервисов / А.В. Кошкарев // Известия Российской академии наук. Серия географическая. - 2009. - № 1. - С. 121-123.

5. Куролап С.А. Экологическая экспертиза и оценка риска здоровья / С.А. Куролап, О.В. Клепиков, С.А. Епринцев. – Воронеж, Издательство «Научная книга». 2011. – 108 с.

6. Лурье И.К. Серия карт эколого-географической оценки земельных ресурсов территории Новой Москвы / И.К. Лурье, Е.А. Балдина, А.И. Прасолова и др. // Вестник Московского университета. Серия 5: География. - 2015. - № 4. - С. 50-59.

7. Медико-экологический атлас города Воронежа / С.А. Куролап, О.В. Клепиков, П.М. Виноградов и др. / Русское географическое общество, Воронежский государственный университет, Центр

гигиены и эпидемиологии в Воронежской области. – Воронеж, 2019. – Электронный ресурс : <http://www.geogr.vsu.ru/atlas.htm>.

8. Сафонова И.В. Оценка антропогенного загрязнения почвенного покрова урбанизированных территорий городского округа г. Воронеж / И.В. Сафонова, С.А. Епринцев, Н.В. Каверина // Вестник Воронежского гос. университета. Серия: География. Геоэкология. - 2014.- № 3. - С. 99-104.

9. Тикунов В.С. Геоинформационные экологические системы / В.С. Тикунов // Проблемы региональной экологии. - 2010. - № 2. - С. 73-83.

10. Трофимов А.М. Эколого-гидрологическая парадигма / А.М. Трофимов, Р.Р. Шагидуллин, В.З. Латыпова и др. // Научный Татарстан. - 2010. - № 1. - С. 186-193.

11. Ямашкин А.А. Географический атлас республики Мордовия / А.А. Ямашкин, С.М. Вдовин, В.А. Юрченков и др. – Саранск, Издательство Саранского университета. 2012. – 204 с.

ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ МЕДИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА КРУПНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ЦЕНТРА: МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

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

Эффективный контроль и профилактика экологически обусловленных заболеваний населения в условия интенсивного техногенного воздействия на человека современного промышленно развитого города возможны на базе современных геоинформационных комплексов, ориентированных на задачи медико-экологической оценки, урбоэкодиагностики и мониторинга состояния среды обитания и общественного здоровья.

Опираясь на общесистемные подходы и ранее проведенные исследования в г.Воронеже [1,2], в ГИС MapInfo Professional нами разработан геоинформационно-аналитический комплекс для обеспечения медико-экологического мониторинга крупного города («ЭКОГИС г. Воронежа»), включающий подсистемы хранения

эколого-геохимических и медико-географических данных, а также программно-алгоритмическое обеспечение оценки экологических рисков [3]. В качестве операционных территориальных единиц (ОТЕ) взяты три уровня генерализации информации: 1) функционально-планировочные зоны города; 2) районы обслуживания детских и взрослых поликлиник города; 3) специальные пункты мониторинга состояния городской среды (включая стационарные и передвижные посты контроля воздуха системы гидрометслужбы, санитарно-эпидемиологической службы, а также дополнительно выбранные пункты для равномерного охвата территории города системой экологического контроля).

Исходные данные для создания «ЭКОГИС г. Воронежа» получены в ходе натурных экспериментальных исследований авторов, а также предоставлены региональными природоохранными и мониторинговыми ведомствами города.

Созданная «ЭКОГИС г. Воронежа» и её картографическая основа является полноценной цифровой картой и позволяет осуществлять пространственную «привязку» любой тематической информации. Стандартный функционал ГИС MapInfo Professional предоставляет возможность производить анализ имеющейся информации на основе её графического представления.

На основе информации по загрязнению атмосферы за 2009-2018 г.г. средствами ГИС MapInfo Professional произведена оценка потенциальной заболеваемости, предполагающая расчет показателей канцерогенного и неканцерогенного рисков для здоровья населения г. Воронежа. Рассчитывается потенциальная заболеваемость в соответствии с методикой Федерального центра гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана (Р 2.1.10.1920—04) [4]. Процесс оценки требует больших затрат времени, а учитывая тот факт, что данная оценка производится регулярно, требуется максимальная автоматизация процесса.

Для этой задачи с помощью программной среды MapBasic был автоматизирован процесс оценки риска для здоровья населения, связанного с химическим загрязнением атмосферного воздуха. Специально разработано программно-алгоритмическое обеспечение оценки экологических рисков, реализующее количественные расчеты уровней риска для здоровья населения в соответствии с нормативно-методическим документом Р 2.1.10.1920-04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии

химических веществ, загрязняющих окружающую среду» [4]. Данный модуль представляет собой приложение, добавляющее в горизонтальном меню MapInfo пункт «Риск», содержащий три команды: «Создать таблицу Risks_MB», «Расчет экологического риска», а также «Выход», завершающий работу программы. Выбор первой команды данного меню, вызывает диалоговое окно, содержащее две диалоговые кнопки («ОК» и «Отмена») и предлагающее создать новый слой Risks_MB заданной программой структуры, в проекции данной карты. Слой включает в себя несколько графических объектов, к которым впоследствии осуществляется «привязка» семантической информации. Вторая команда («Расчет экологического риска») вызывает одноименное диалоговое окно, которое включает в себя нескольких выпадающих списков, кнопки-переключатели и две диалоговых кнопки. По структуре окно соответствует команде «Обновить колонку» (рис. 1).

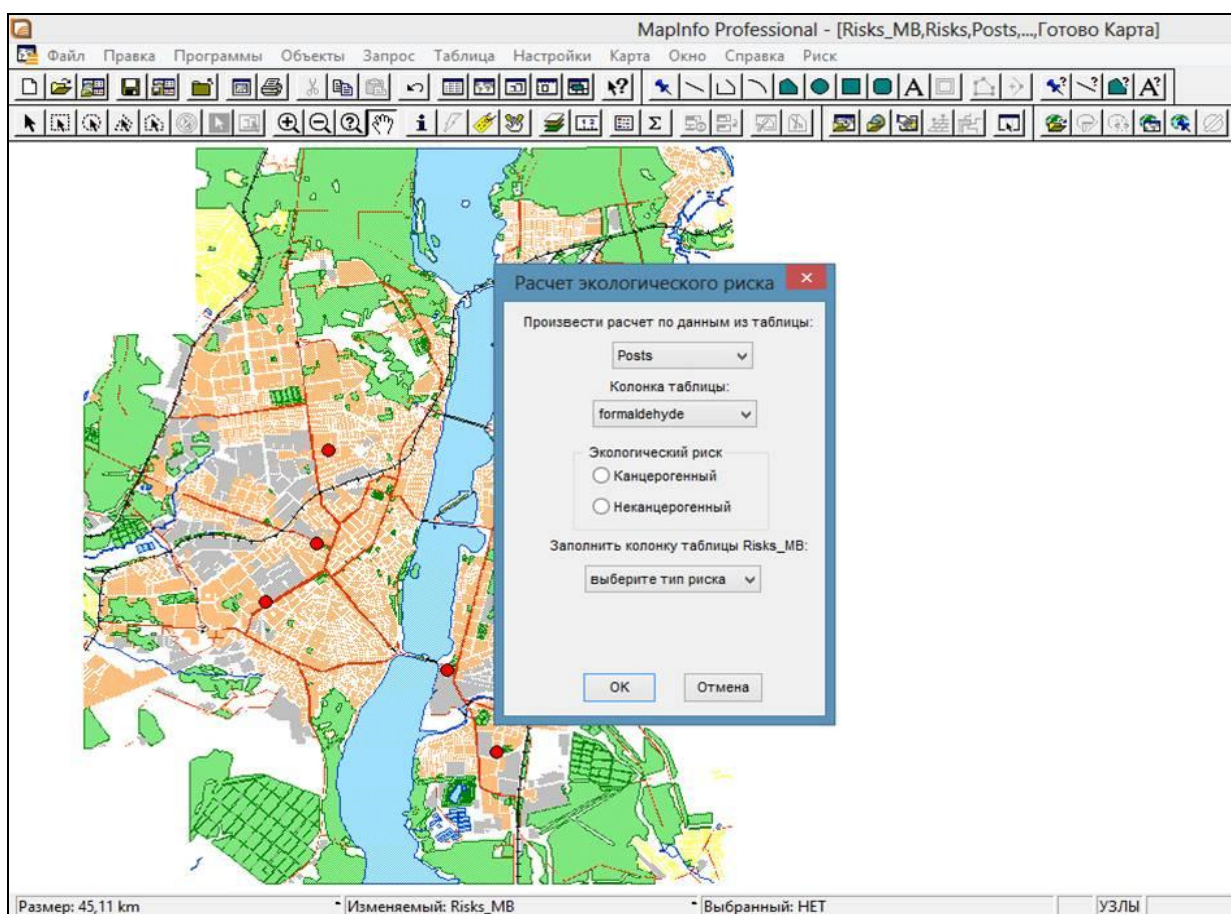


Рис. 1. Диалоговое окно «Расчет экологического риска»

Для количественной оценки риска в диалоговом окне предлагается последовательный выбор в соответствующих выпадающих списках:

- таблица, по данным из которой будет производиться расчет;
- конкретная колонка этой таблицы;
- тип экориска (канцерогенный или неканцерогенный);
- колонка таблицы Risks_MB, куда будут внесены рассчитанные величины.

Обобщение многолетних материалов научно-практических исследований позволило разработать схему медико-экологического мониторинга с применением геоинформационных технологий как необходимый составной блок городской экологической политики. Её основными принципами должны быть следующие.

1. Соответствие единой государственной системе экологического мониторинга (ЕГСЭМ). В настоящее время Единая государственная система экологического мониторинга (ЕГСЭМ) представляет собой комплексную, иерархически построенную информационно-аналитическую систему, которая формируется путем организации системы сбора, хранения, обработки, передачи и управления данными различных природоохранных ведомств. Она ориентируется на отечественную систему экологического менеджмента и аудита, систему экологического нормирования, максимальное использование возможностей современных технических средств контроля состояния окружающей среды. Все более актуальным становится опережающий компьютерный анализ в решении задач мониторинга и управления качеством среды обитания, а также развивающаяся методология оценки «здоровья среды», адаптированная к практическому использованию. Организационно-техническое построение ЕГСЭМ связано с обеспечением целенаправленной деятельности различных ведомств, организаций, предприятий, вовлеченных в процесс получения экологической информации, ее сбора, хранения и обработки.

2. Системность организации информации, характеризующей состояние окружающей среды, биоты и здоровья населения. Информационные блоки экогеоданных должны быть структурированы, иерархически увязаны между собой и ориентированы на приоритетные параметры качества среды и общественного здоровья в каждом конкретном промышленно развитом городе, что нами проиллюстрировано на примере Воронежского региона. К числу приоритетных контролируемых сред должны относиться атмосфера, снежный покров, почва, биота (параметры жиз-

недеятельности растений) и критерии общественного здоровья (в первую очередь, детского населения).

3. *Равномерный и полный охват территории города сетью постов экологического мониторинга.* Для более адекватной оценки экологического риска, в том числе риска здоровью населения необходима информация о среднесуточных концентрациях загрязняющих веществ в приземном слое атмосферного воздуха, загрязнении почвенной среды, более равномерная сеть точек для биоиндикационных оценок. Среднесуточные концентрации поллютантов в настоящее время определяются в г.Воронеже только на стационарных и маршрутных постах. В остальных точках (исследования по жалобам населения, при надзорных мероприятиях и др.) лабораторно проводится лишь определение максимально разовых концентраций. Нужна равномерная сеть контроля не только в промышленно загрязненных районах, но и в условно чистых зонах для сопоставления и оценки регионального фона. Равномерность и более полный охват территории позволят обеспечить сопоставимость данных и получить более детализированную картину качества городской среды.

4. *Унификация критериев медико-экологического мониторинга, связанных с системой экологического нормирования.* Общей установкой концепции экологического нормирования является положение, что нормативы служат критериями риска неблагоприятных эффектов для человека. Однако, следует отметить, что в ряде случаев соблюдение нормативов не является гарантией безопасного воздействия неблагоприятных факторов на биоту. Так, древесные растения по ряду токсикантов (оксидам азота, серы, свинцу) являются более чувствительными к их воздействию. Неблагоприятные эффекты в их жизнедеятельности отмечаются при концентрациях веществ в атмосферном воздухе на уровне ниже ПДК. Это мы отмечаем и на территории города Воронежа, где реакции древесных растений не в полной мере согласуются с реакцией населения (заболеваемостью детей) на неблагоприятные воздействия. Биоиндикационные и медико-экологические исследования представляются особенно информативными, но требуют унификации подхода.

Одна из метрологических проблем – проблема чувствительности измерений. Известно, что часть применяемых методов лабораторного контроля в практике санитарно-эпидемиологической

службы г.Воронежа, в частности, определение содержания в атмосферном воздухе оксида марганца IV, оксида хрома VI, меди оксида, 1,3-бутадиена, акролеина не обеспечивают определение малых концентраций, несмотря на достаточно невысокие значения нижнего предела количественного определения концентрации вещества в пробе, который ограничен порогом чувствительности используемого прибора (т.е. нижним пределом детектирования). Предел количественного определения в лабораторных исследованиях, т.е. определение наименьшей концентрации анализируемого вещества непосредственно в воздухе (а не в лабораторно анализируемой пробе, в большинстве случаев представляющей жидкую и твердую фазу) зависит от таких факторов как продолжительность отбора пробы воздуха, объемная скорость аспирации (т.е. условий концентрирования определяемого компонента на адсорбенте и в абсорбенте), а также способа извлечения из адсорбента и других факторов в процессе отбора пробы воздуха и пробоподготовки. Иногда слабая чувствительность приборов не позволяет добиться достоверной информации о концентрациях поллютантов в среде обитания.

5. Синхронизация систем наблюдения различными природоохранными ведомствами. В целях получения достоверной картины техногенного загрязнения городской среды по всему спектру загрязняющих веществ на территории города необходимо совместить две отчасти автономные системы инструментального и расчетного мониторинга воздушной среды, увязанные с методами оценки риска здоровью и геоинформационным картографированием в режиме непрерывного слежения (по опыту зарубежных автоматизированных систем мониторинга атмосферы: сбор информации – передача на пульт диспетчеру – математико-картографический анализ – выявление зон риска здоровью по критериям канцерогенной и общетоксической опасности – выявление источников риска – принятие управленческих решений по минимизации риска).

Целесообразно создать единое информационное поле медико-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). Это

позволит повысить эффективность мониторинговых наблюдений и экологического управления.

6. Расширение и углубление аналитического блока мониторинга окружающей среды и здоровья населения на базе ГИС-технологий. Повысить эффективность принятия управленческих решений возможно на основе применения методов оценки достоверности различий средних многолетних уровней заболеваемости населения, проживающего на контрастных по уровням загрязнения воздушной среды территориях, а также вероятностно-статистического анализа как основы оценки экологических рисков. Такие исследования неоднократно проводились в г.Воронеже, и их результаты во многом подтверждают полученные нами данные о существенной роли техногенного загрязнения в формировании заболеваемости населения промышленно развитого города [1-3].

Применение различных методических приемов оценки риска здоровью вполне оправдано, т.к. выбор какого либо одного подхода, в сущности, помешал бы научному развитию проблемы на сегодняшнем этапе ее практической реализации. Необходим комбинированный подход, позволяющий выполнить как адекватное комплексное экологическое ранжирование, так и установление конкретных причинно-следственных связей в системе «факторы среды - здоровье населения».

7. Создание картографической базы данных для задач медико-экологического мониторинга. Это особенно важно, что связано с внедрением геоинформационных технологий в систему экологического мониторинга и управления. Картографические базы должны периодически обновляться, а программные средства ГИС использоваться для расчета вторичных аналитических показателей, как, например, реализованный нами метод расчета индексов риска в среде MapInfo. Алгоритмы оценки риска выбраны нами в соответствии с «Руководством по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» (Р 2.1.10.1920 – 04). Для оптимизации оценки риска разработан специальный программный модуль, позволяющий производить расчеты в автоматическом режиме, значительно оптимизирующий и ускоряющий процедуру оценки риска.

8. Верификация данных инструментальных и расчетных методов с оценкой их эффективности. Схема анализа данных должна включать последовательные этапы: сбор информации –

оценка риска – сравнение данных инструментальных замеров и модельных расчетов – корректировка системы слежения и экологического контроля. Например, в Центре гигиены и эпидемиологии в Воронежской области при организации баз эколого-гигиенических данных заложена информация о фактических концентрациях контролируемых веществ. Это позволило динамично развивать информационный фонд социально-гигиенического мониторинга и анализировать данные в территориально-временном разрезе с определением средних, максимально-разовых концентраций за определенный период времени по различным территориям или контрольным точкам. Для целей оценки риска здоровью населения, обусловленного загрязнением объектов окружающей среды, организован экспорт усредненных значений концентраций веществ из баз данных в таблицы Microsoft Excel с последующим дополнением их формулами расчета вероятных доз поступления ксенобиотиков, характеристик канцерогенного и неканцерогенного рисков здоровью населения.

Таким образом, оптимизация системы мониторинга за загрязнением атмосферного воздуха, предусматривающая натурные лабораторные исследования, данные приземных концентраций при моделировании рассеивания загрязняющих веществ, выбор приоритетных загрязнителей и создание современной базы данных, позволяющей проводить статистический анализ, создает предпосылки для дальнейшей оценки риска здоровью населения, ранжирования приоритетов и эффективного управления качеством городской среды.

9. Совершенствование системы экологического управления и контроля. Применение ГИС-технологий должно повысить оперативность принимаемых решений и дать экологами-практикам и гигиенистам более разнообразную информацию для принятия решений по оптимизации экологического контроля и управления. Особенно остра проблема снижения негативного воздействия автотранспорта – главного источника техногенного загрязнения городской среды Воронежа.

Несмотря на активное проведение в г.Воронеже мероприятий по снижению уровня загрязнения атмосферного воздуха, проблема неблагоприятного влияния аэротехногенных загрязнителей на состояние здоровья населения продолжает занимать одно из приоритетных мест в системе экологического и социально-

гигиенического мониторинга. С возрастанием доли влияния выбросов от автомобильного транспорта на уровень загрязнения приземного слоя воздуха эта проблема обостряется, поскольку выхлопы автотранспорта усугубляют ситуацию по уровню загрязнения воздуха как в промышленных, так и в жилых зонах.

При ведущей роли в загрязнении атмосферного воздуха выхлопов от автомобильного транспорта следует обратить внимание на следующее. Объем выделяемых в атмосферный воздух токсичных веществ находится в прямой зависимости от расхода топлива. Серьезную проблему представляют и автомобильные «пробки», способствующие повышению концентраций загрязняющих веществ в приземном слое воздуха [1].

Как известно, снижение загрязнения воздушной среды автотранспортными средствами достигается многими методами. Наиболее эффективными считаются модернизация и поддержание исправными систем нейтрализации отработавших газов, нормативные ограничения, а также использование альтернативного топлива. Решение проблемы снижения загрязнения может быть только комплексным. Для уменьшения уровня загрязнения атмосферного воздуха необходимо регулировать транспортные нагрузки на улицах города, делая их более равномерными. Наиболее загруженные участки транспортной сети необходимо дублировать, прокладывая новые линии движения транспорта, возродить «электротранспорт», например, скоростной трамвай, «легкое метро», проект которого заложен в новом генеральном плане города.

В более общем аспекте охрана городской среды от загрязнения выбросами от промышленных и транспортных источников включает реализацию санитарно-организационных и санитарно-технических мероприятий (организация санитарно-защитных зон, внедрение методов эффективной очистки выбросов стационарных источников от вредных загрязняющих веществ (газов, паров, аэрозолей); совершенствование технологических процессов с целью уменьшения объема выбросов, внедрение малоотходных технологий; обеспечение исполнения требований природоохранного законодательства, природоохранных и гигиенических нормативов.

Перспективы модернизации существующей системы мониторинга состояния городской среды Воронежа, в первую очередь, связаны с необходимостью расширения систематического контроля концентраций загрязняющих веществ более 16 ингредиентов,

контролируемых в настоящее время; особенно это касается веществ, присутствующих в выхлопах автотранспорта, который формирует опасные риски загрязнения воздуха, как в промышленных, так и в жилых зонах.

Таким образом, разработанные принципы совершенствования системы мониторинга городской среды и общественного здоровья на базе ГИС-технологий ориентированы на расширение, унификацию системы экологического контроля, углубление аналитического блока и более широкое применение технологий геоинформационного картографирования и математико-картографического моделирования как современных средств оптимизации региональных систем медико-экологического мониторинга урбанизированных территорий в целом.

Среди мероприятий, направленных на снижение экологического риска, обозначенных в Генеральном плане города Воронежа, представляются приоритетными три задачи, направленные на минимизацию содержания в атмосфере (как основной депонирующей среде, формирующей зоны экологического риска) загрязняющих веществ – производных технологического прессинга города.

1. Модернизация транспортных сетей города с увеличением их пропускной способности, качества дорожного покрытия, средней скорости движения транспортных средств, в перспективе – развитие систем электротранспорта («легкое метро», скоростной трамвай по опыту многих западноевропейских мегаполисов).

2. Модернизация технологических процессов и сокращение выбросов в атмосферу предприятий теплоэнергетики и ряда других промышленных объектов для обеспечения допустимого загрязнения воздушного бассейна в любое время суток.

3. Развитие и реконструкция систем внутригородского и внешнего пригородного озеленения с созданием экологического каркаса.

Стратегически важно скорректировать существующий баланс застройки с тем, чтобы рассредоточить непрерывную и достаточно обширную зону высокого техногенного прессинга и более высокого экологического риска на территории города, внедрив в существующую застройку элементы экологического каркаса (озеленение, садово-парковые рекреационные комплексы).

Создание систем медико-экологического мониторинга состояния городской среды целесообразно как перспектива совершенствования современных систем социально-гигиенического мониторинга с более широким охватом факторов риска здоровью населения, расширением системы пунктов аналитического контроля, детализацией пространственных различий как факторов риска, так и критериев общественного здоровья и, безусловно, может быть эффективным лишь в рамках межведомственного взаимодействия при тесном контакте научной общественности, а также гигиенистов и экологов-практиков.

ЛИТЕРАТУРА

1. 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.

2. Клепиков О.В. Применение геоинформационных технологий в региональных системах мониторинга окружающей среды и здоровья населения / О.В. Клепиков, Н.П. Мамчик, И.В. Колнет, С.А. Куролап, Т.В. Хорпякова / Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. – 2018. – Т. 28. – № 3. – С. 249-256.

3. Медико-экологический атлас города Воронежа / С.А. Куролап, О.В. Клепиков, П.М. Виноградов и др. / Русское географическое общество, Воронежский государственный университет, Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области. – Воронеж, 2019. – Электронный ресурс : <http://www.geogr.vsu.ru/atlas.htm>.

4. 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.

Сведения об авторах

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

Гребенникова Ольга Александровна – студентка-геоэколог кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды Воронежского государственного университета.

Доброва Елена Андреевна – магистрантка 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.

Калашников Юрий Сергеевич – кандидат медицинских наук; заведующий санитарно-эпидемиологическим отделом Филиала ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области» в Семилукском, Нижнедевицком, Репьевском, Хохольском районах.

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.

Куролан Семен Александрович – доктор географических наук, профессор; декан факультета географии, геоэкологии и туризма; заведующий кафедрой геоэкологии и мониторинга окружающей среды Воронежского государственного университета.

Лепешкина Лилия Александровна – кандидат географических наук; старший научный сотрудник ботанического сада; доцент кафедры 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.

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.

Середа Людмила Олеговна – кандидат географических наук.

Скосарь Анастасия Евгеньевна – магистрантка кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды Воронежского государственного университета.

Студеникина Елена Михайловна – ассистент кафедры эпидемиологии Воронежского государственного медицинского университета им. Н.Н. Бурденко.

Шекоян Сюзанна Возгеновна – кандидат технических наук; научный сотрудник кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды Воронежского государственного университета.

Научное издание

**ОЦЕНКА И ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ
КАРТОГРАФИРОВАНИЕ МЕДИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ
СИТУАЦИИ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА ВОРОНЕЖА**

Сборник научных статей

Общая редакция и компьютерная верстка

С.А. Куролана и О.В. Клетикова

Подписано в печать 09.12.2019 г.

Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 13,75.

Бумага офсетная. Тираж 300 экз.

Заказ № 1777.

Издательство ООО «Цифровая полиграфия»
394036, г. Воронеж, ул. Ф. Энгельса, д. 52
Тел. (473) 261-03-61, e-mail: zakaz@print36.ru
<http://www.print36.ru>

Отпечатано с готового оригинал-макета
в ООО «Цифровая полиграфия»
394036, г. Воронеж, ул. Ф. Энгельса, д. 52