



Русское географическое общество
Воронежский государственный университет
Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области



Медико-экологический атлас города Воронежа

<http://www.geogr.vsu.ru/atlas.htm>



*Создан при финансовой поддержке Русского географического общества
проект РГО-РФФИ №17-05-41072 (договор РГО-ВГУ № 11/2018/РГО-РФФИ)*

Содержание и
вводный раздел

Условные
обозначения

Окружающая
среда

Здоровье
населения

Экологические
риски

ВВОДНЫЙ РАЗДЕЛ

Электронный медико-экологический атлас города Воронежа создан с применением геоинформационных технологий и методов математико-картографического моделирования. Программная среда: MapInfo, ENVI-met, MS EXCEL; масштаб исходных карт - 1:25000; число карт - 35.

Разработчики атласа: Воронежский государственный университет и Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области.

Авторский коллектив

от Воронежского государственного университета:

руководитель проекта – д.г.н, проф. С.А. Куропан;

исполнители: к.х.н., доц. Т.И. Прожорина; к.г.н., доц. М.А. Клевцова; к.г.н. П.М. Виноградов; к.г.н., доц. Н.В. Каверина; к.г.н., доц. С.А. Еп-ринцев, к.г.н. Л.О. Середа; А.Е. Скосарь; И.В. Попова.

от Центра гигиены и эпидемиологии в Воронежской области:

исполнители: д.б.н., проф. О.В. Клепиков; д.м.н., проф. Ю.И. Стёп-кин; д.м.н., проф. Н.П. Мамчик; к.м.н. И.В. Колнет, Ю.С. Калаши-ков, Е.М. Студеникина.

Созданный первый вариант 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 соци-ально значимым классам заболеваний отдельно для взрослого и дет-ского населения по территориям обслуживания поликлиник города); оценка экологического риска для здоровья населения (рисков, свя-занных с микроклиматическими условиями, промышленно-транспортным воздействием и техногенным загрязнением городской среды).

Основой исходной базы данных является разработанная тема-тическая ГИС («МЕД-ЭКО ГИС г.Воронежа»), включающая подсис-темы хранения эколого-геохимических и медико-географических дан-ных, а также программно-алгоритмическое обеспечение оценки эко-логических рисков. Структура базы данных для геоинформационного обеспечения медико-экологического мониторинга города Воронежа

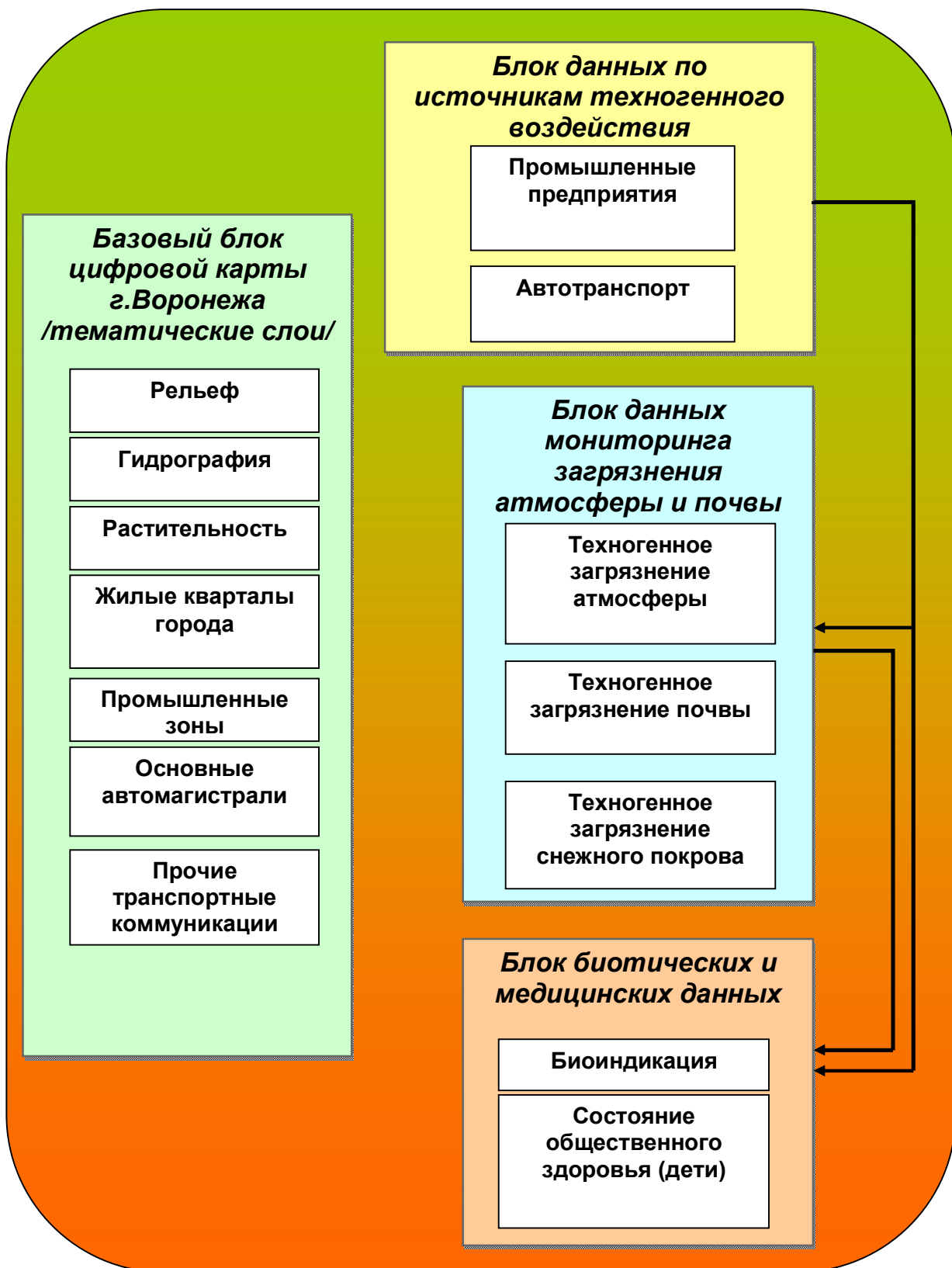


Рис.1. Структура базы данных для геоинформационного обеспечения медико-экологического мониторинга крупного промышленного центра

показана на рисунке 1. Базовым временным сроком для оценки качества городской среды выбран актуальный 10-летний период (2009-2018 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 путем 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).

Условные обозначения приведены на рисунке 2.

Подробнее методические принципы разработки системы геоинформационного обеспечения медико-экологического мониторинга крупного промышленного центра (на примере города Воронежа) изложены в серии тематических сборников, опубликованных при поддержке Русского географического общества в рамках выполнения научного проекта Русского географического общества – Российского фонда фундаментальных исследований /проект «Геоинформационное обеспечение региональных систем медико-экологического монито-

ринга крупных промышленных центров», № 11/2018/РГО-РФФИ от 20.04.2018/ [1, 2].

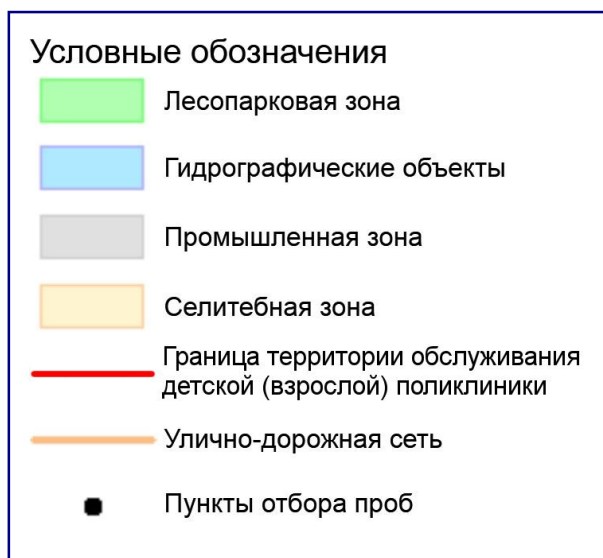


Рис.2. Условные обозначения к картам электронного атласа.

**СОДЕРЖАНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО
МЕДИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО АТЛАСА ГОРОДА ВОРОНЕЖА**
сайт: <http://www.geogr.vsu.ru/atlas.htm>

ВВОДНЫЙ РАЗДЕЛ

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

СОСТОЯНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

1. Техногенные источники экологического риска: эмиссионная нагрузка выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников
2. Техногенная нагрузка на городскую среду: категории улично-дорожной сети
по интенсивности движения автотранспорта
3. Техногенные источники экологического риска: суммарная (площадная) автотранспортная нагрузка на городскую среду
4. Техногенные источники экологического риска: суммарная промышленно-транспортная нагрузка на городскую среду
5. Загрязнение воздушного бассейна: пыль (взвешенные вещества)
6. Загрязнение воздушного бассейна: диоксид азота
7. Загрязнение воздушного бассейна: формальдегид
8. Загрязнение воздушного бассейна: суммарное аэротехногенное загрязнение
9. Минерализация снежного покрова
10. Акустическое загрязнение: шумовой фон
11. Состояние водных объектов: размещение и гидрохимическая оценка качества воды родников

12. Загрязнение почвы : нефтепродукты
13. Загрязнение почвенного покрова: свинец (подвижные формы)
14. Загрязнение почвенного покрова: цинк (подвижные формы)
15. Загрязнение почвенного покрова: суммарное загрязнение тяжелыми металлами (подвижные формы)
16. Радиационный фон: уровень гамма-фона
17. Биотестирование почвенного покрова: уровни фитотоксических эффектов (тест-растение: кресс-салат /*Lepidium sativum*/)
18. Биотестирование почвенного покрова: уровни фитотоксических эффектов (тест-растение: овес посевной /*Avena sativa* /)
19. Токсикологический анализ почв /тест-культура: *Chlorella vulgaris*/
20. Состояние городской биоты: флуктуирующая асимметрия листьев (береза повислая /*Betula pendula* Roth./)
21. Состояние городской биоты: флуктуирующая асимметрия листьев (тополь пирамидальный /*Populus pyramidalis* Borkh. /)

СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ

22. Состояние здоровья взрослого населения: общая заболеваемость
23. Состояние здоровья взрослого населения: новообразования
24. Состояние здоровья взрослого населения: болезни органов дыхания
25. Состояние здоровья взрослого населения: болезни органов пищеварения
26. Состояние здоровья взрослого населения: болезни крови и кроветворных органов
27. Состояние здоровья взрослого населения: болезни мочеполовой системы
28. Состояние здоровья детского населения: общая заболеваемость
29. Состояние здоровья детского населения: болезни органов дыхания
30. Состояние здоровья детского населения: болезни органов пищеварения
31. Состояние здоровья детского населения: болезни крови и кроветворных органов
32. Состояние здоровья детского населения: болезни мочеполовой системы
33. Состояние здоровья детского населения: врожденные аномалии развития

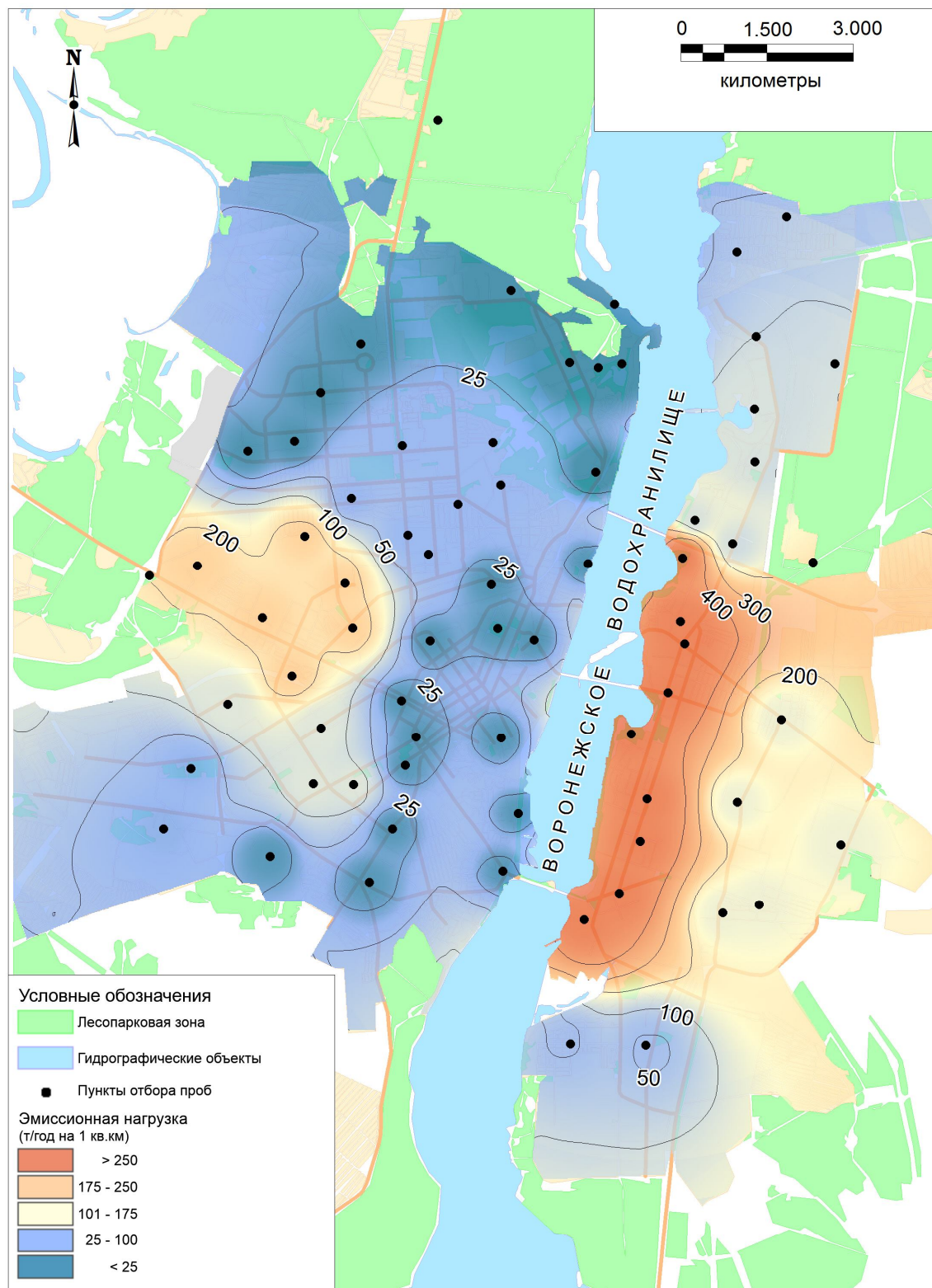
ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ

34. Комфортность микроклимата города
35. Интегральная медико-экологическая оценка (риск для здоровья населения, обусловленный экологическим состоянием городской среды)

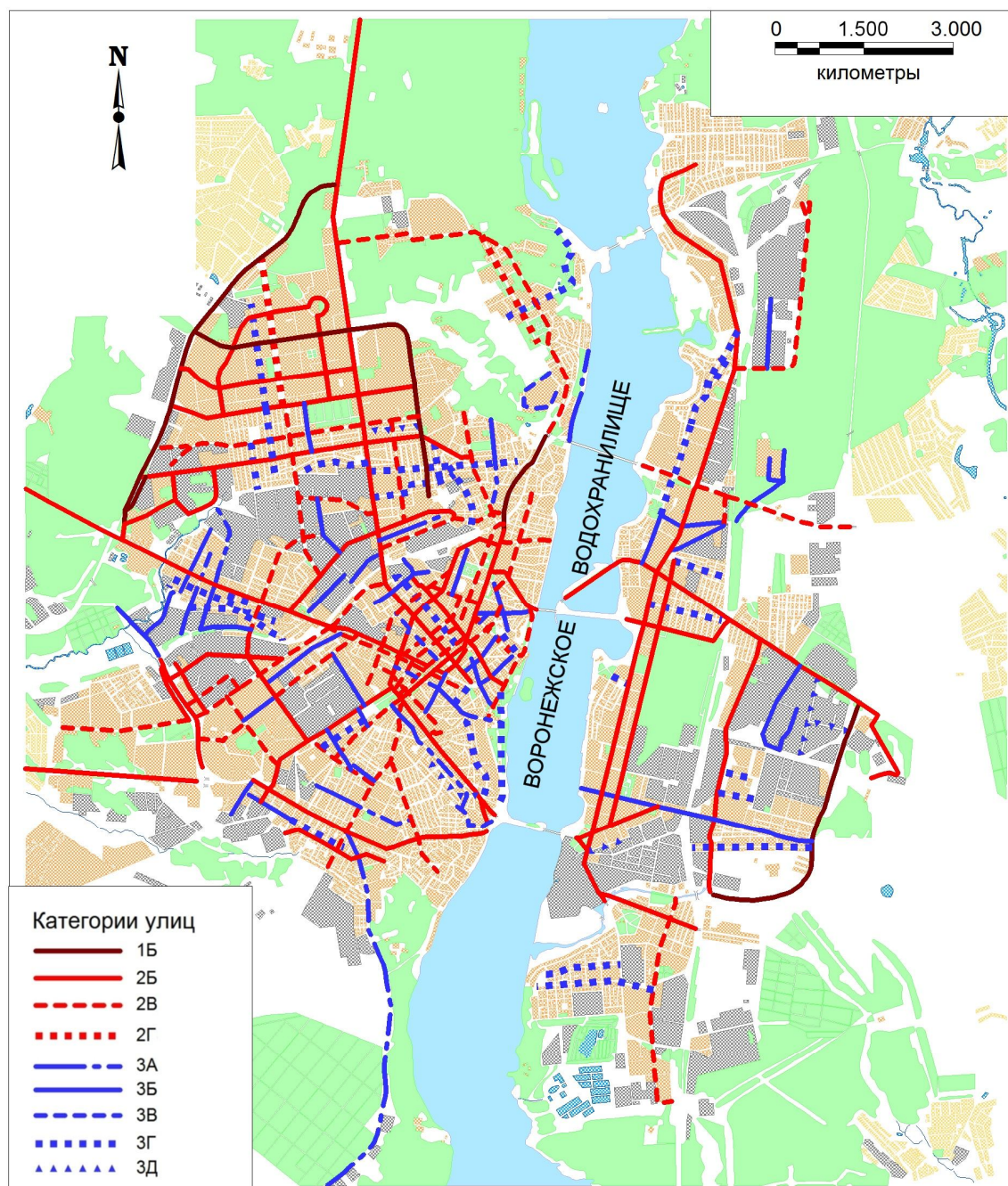
ЛИТЕРАТУРА

1. Медико-экологическая диагностика состояния окружающей среды города Воронежа : сб. науч. статей / Под общ. ред. С.А. Куролапа и О.В. Клепикова. – Воронеж: Изд-во «Научная книга», 2017. – 184 с.
2. Экологическая ситуация и риски для здоровья населения города Воронежа : сб. науч. статей / Под общ. ред. С.А. Куролапа и О.В. Клепикова. – Воронеж: Изд-во «Научная книга», 2018. – 180 с.

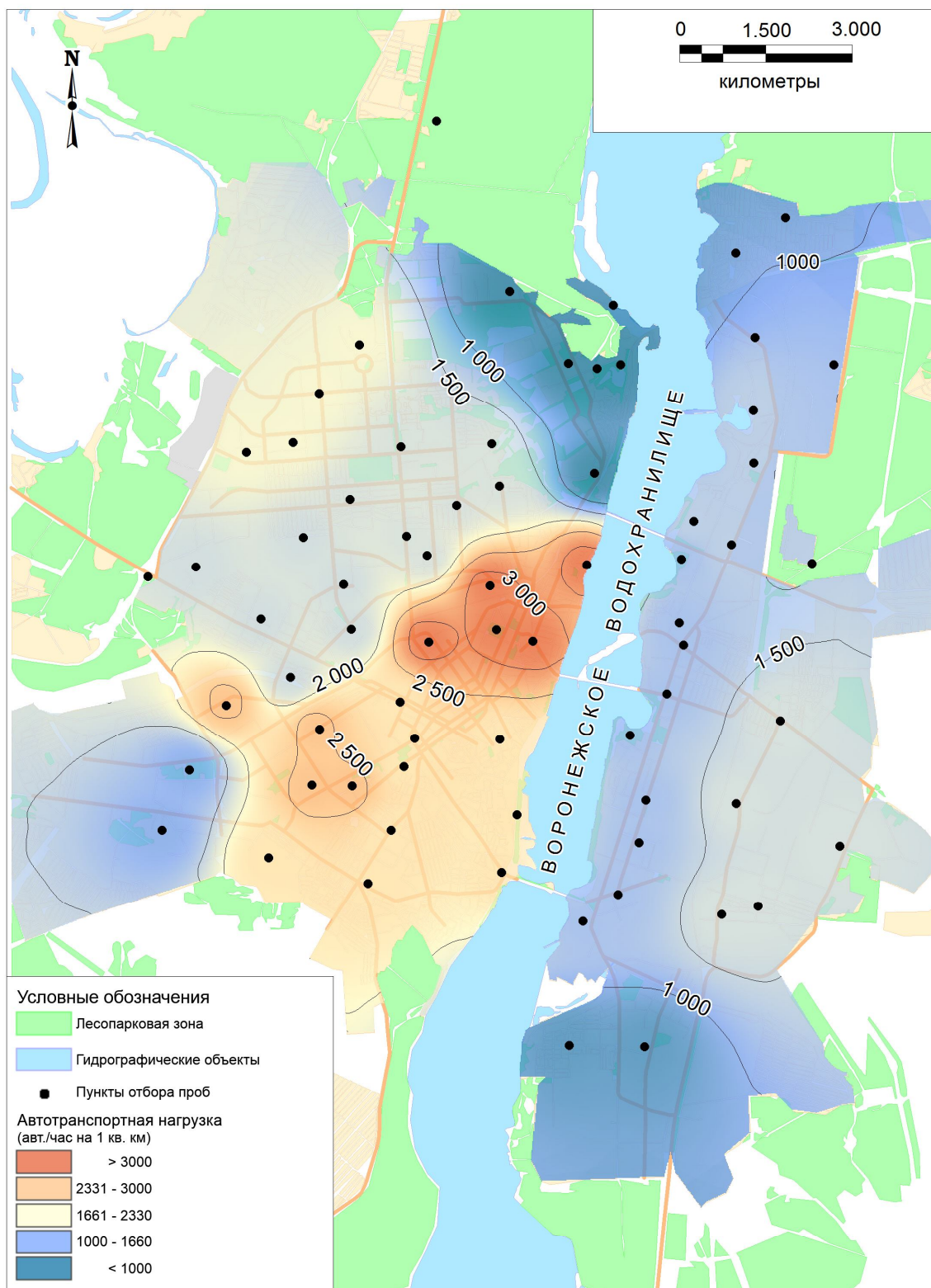
Далее приведены карты (с 1 по 35 согласно содержанию и текстовые описания к картам (группам карт одного раздела).



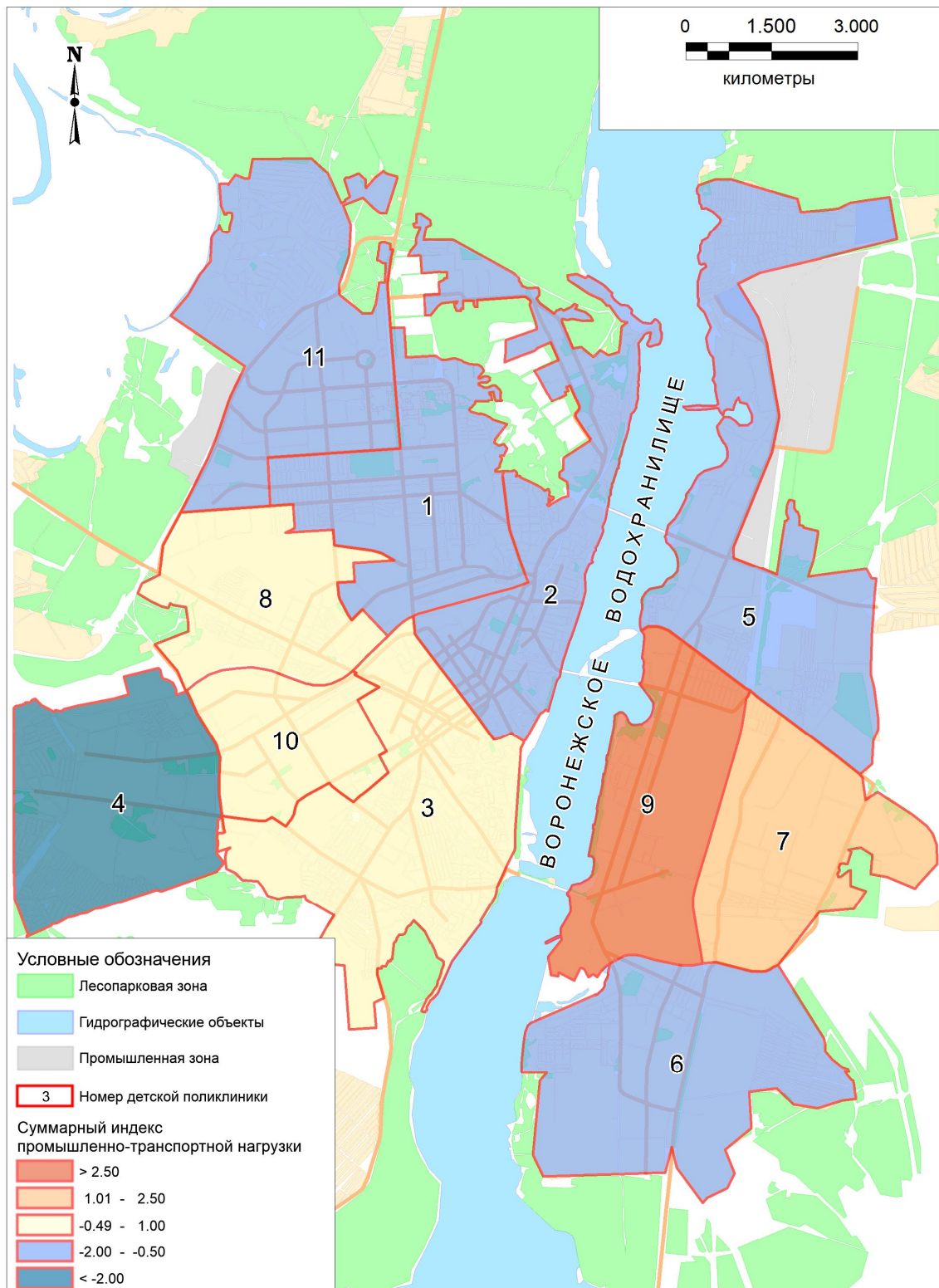
карта 1



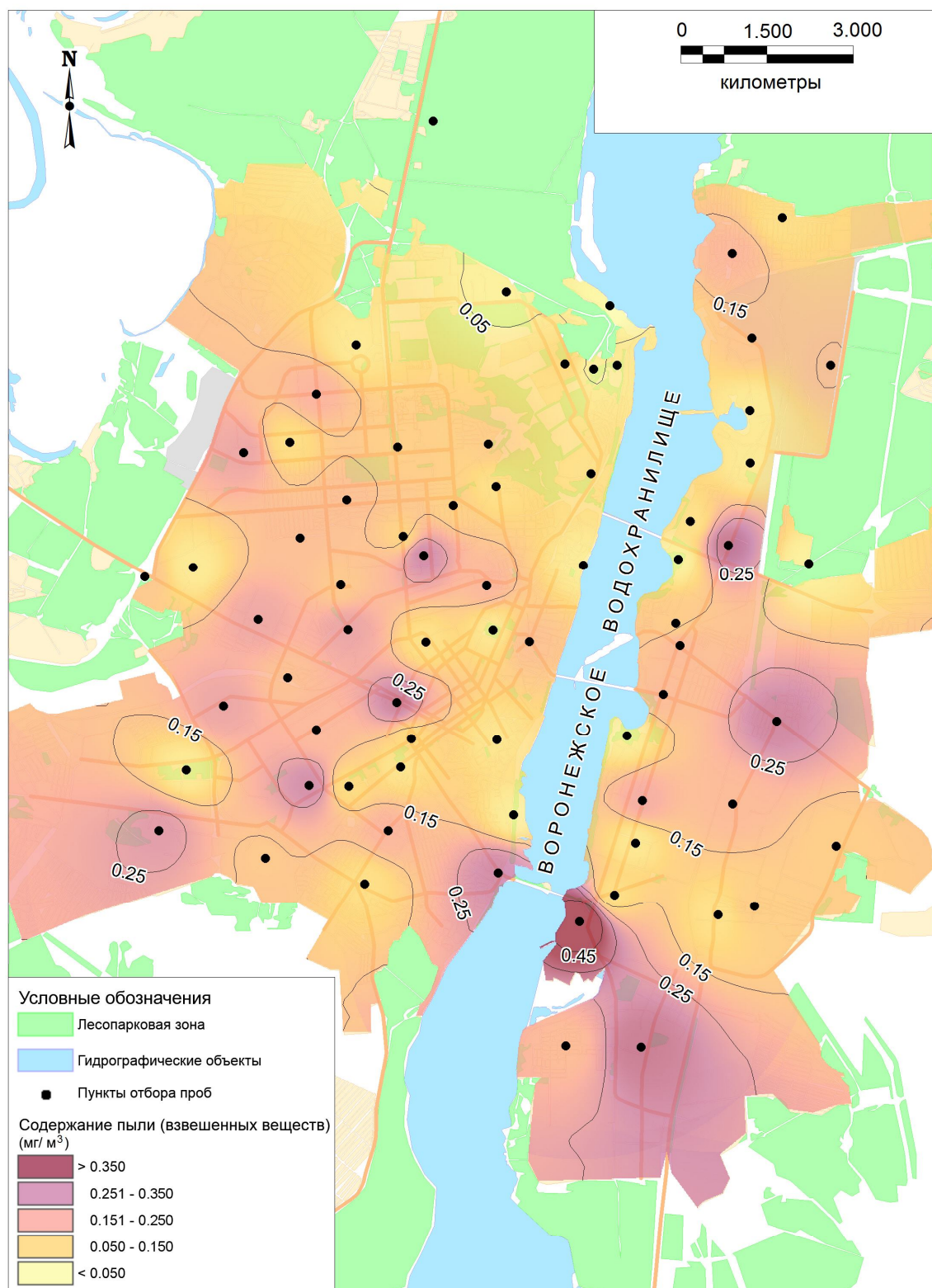
карта 2



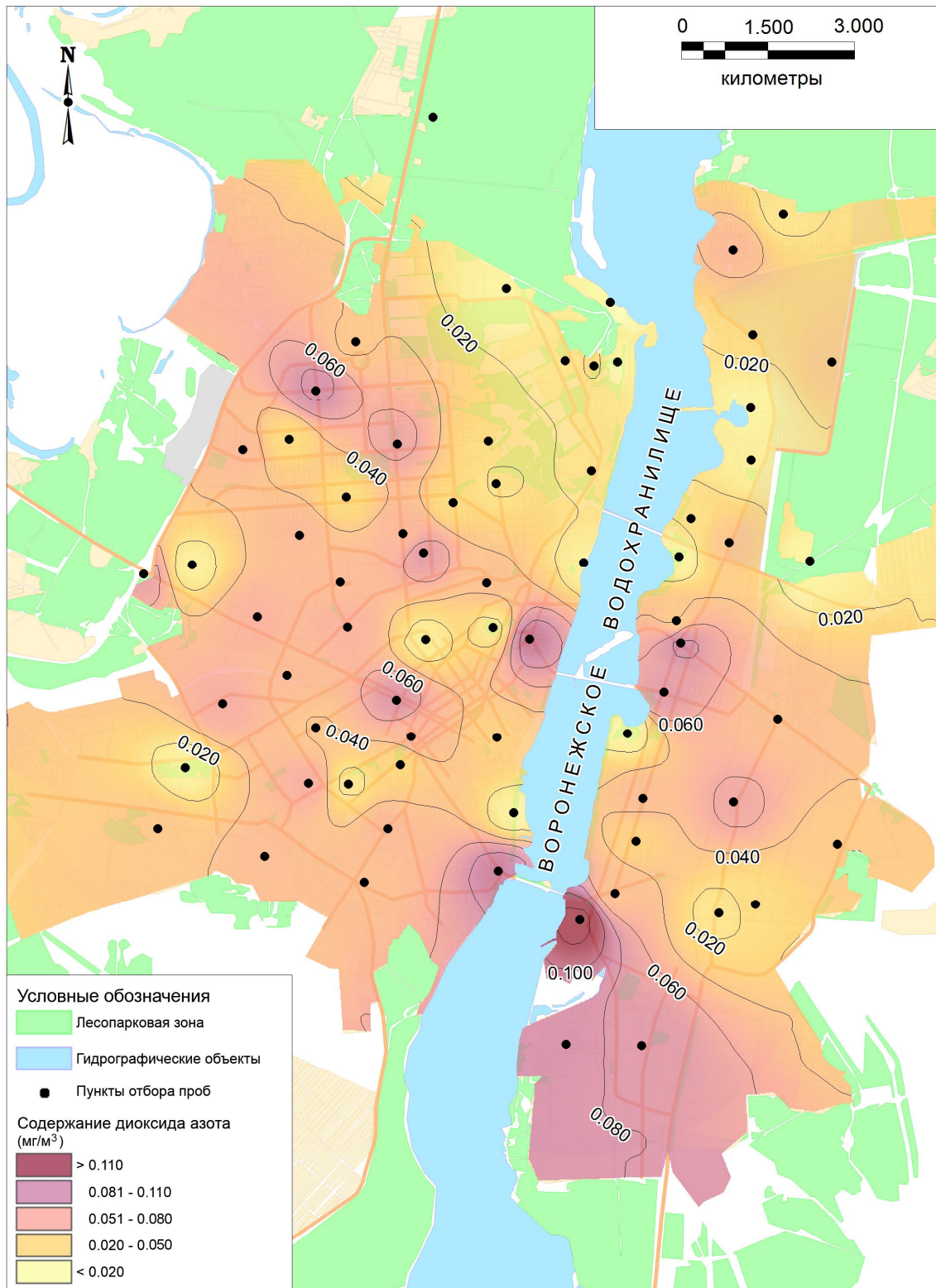
карта 3



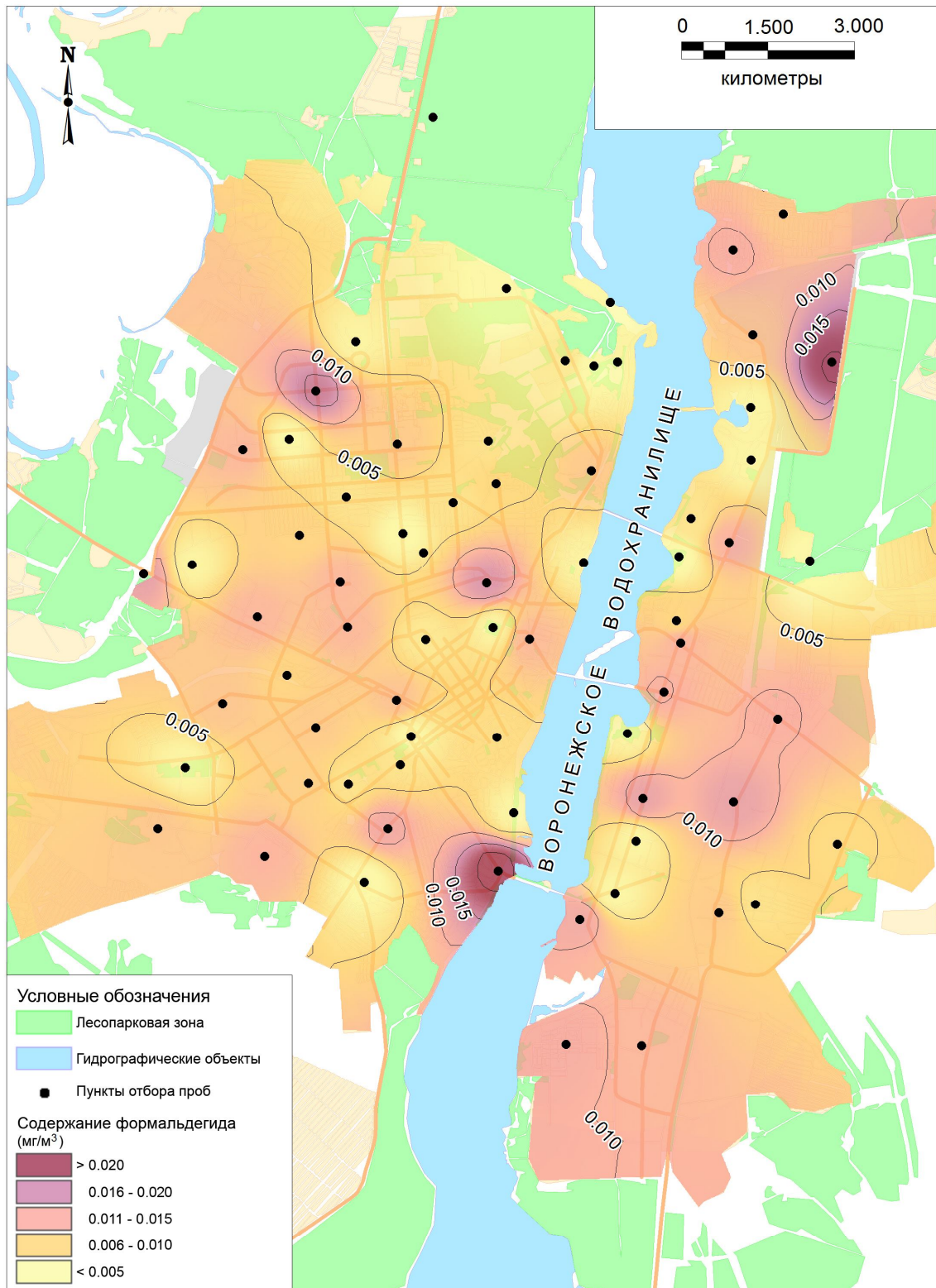
карта 4



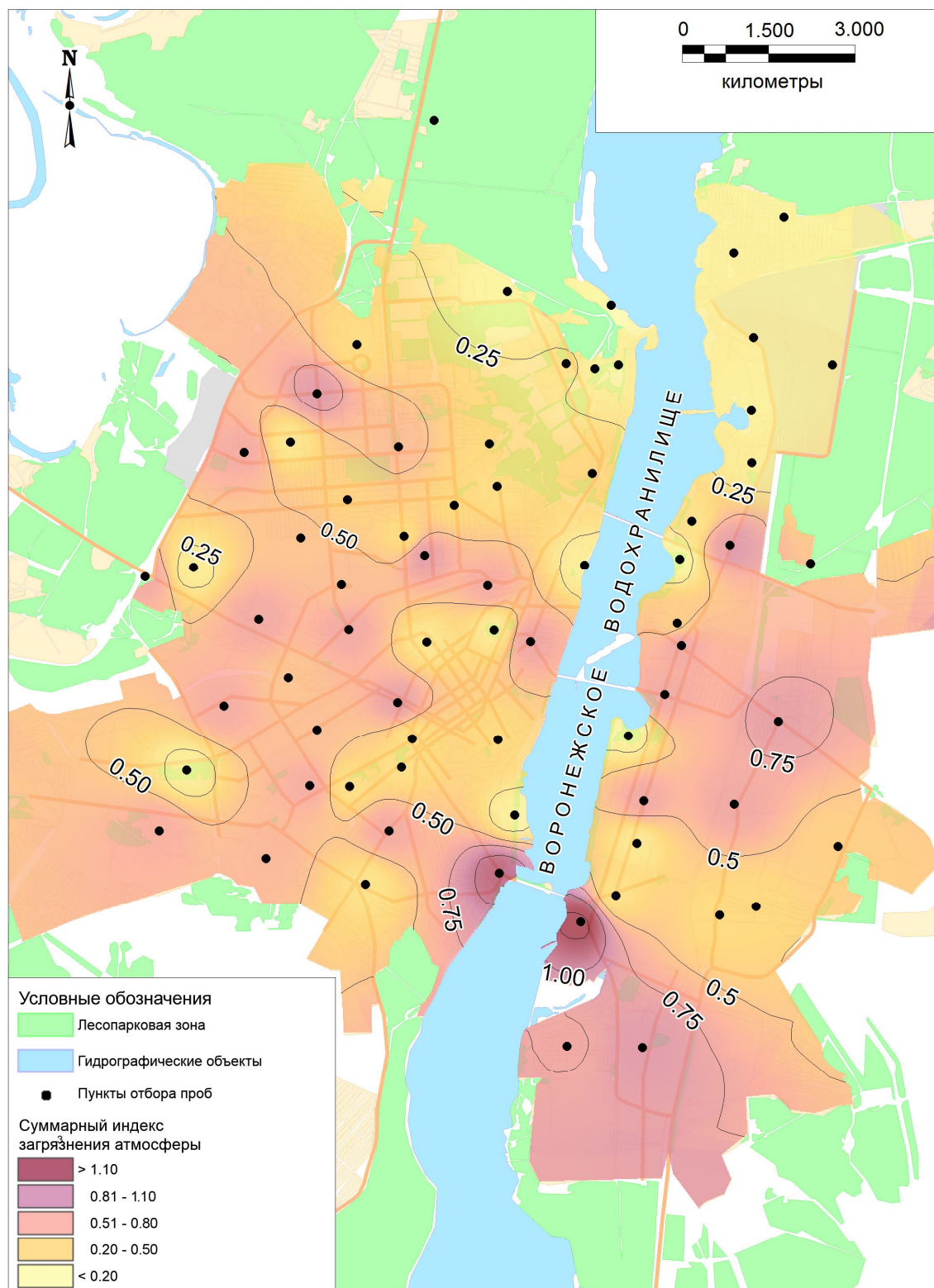
карта 5



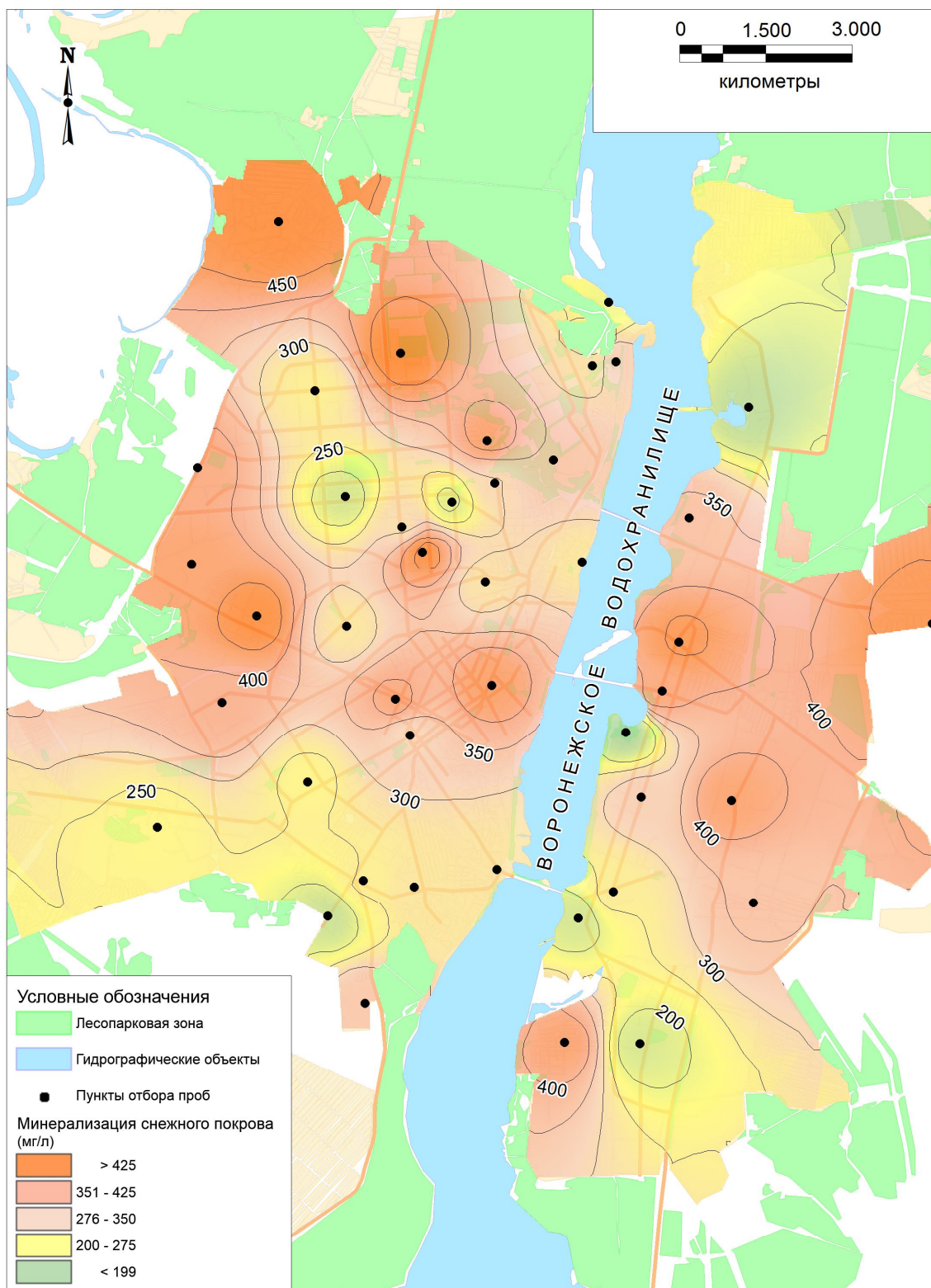
карта 6



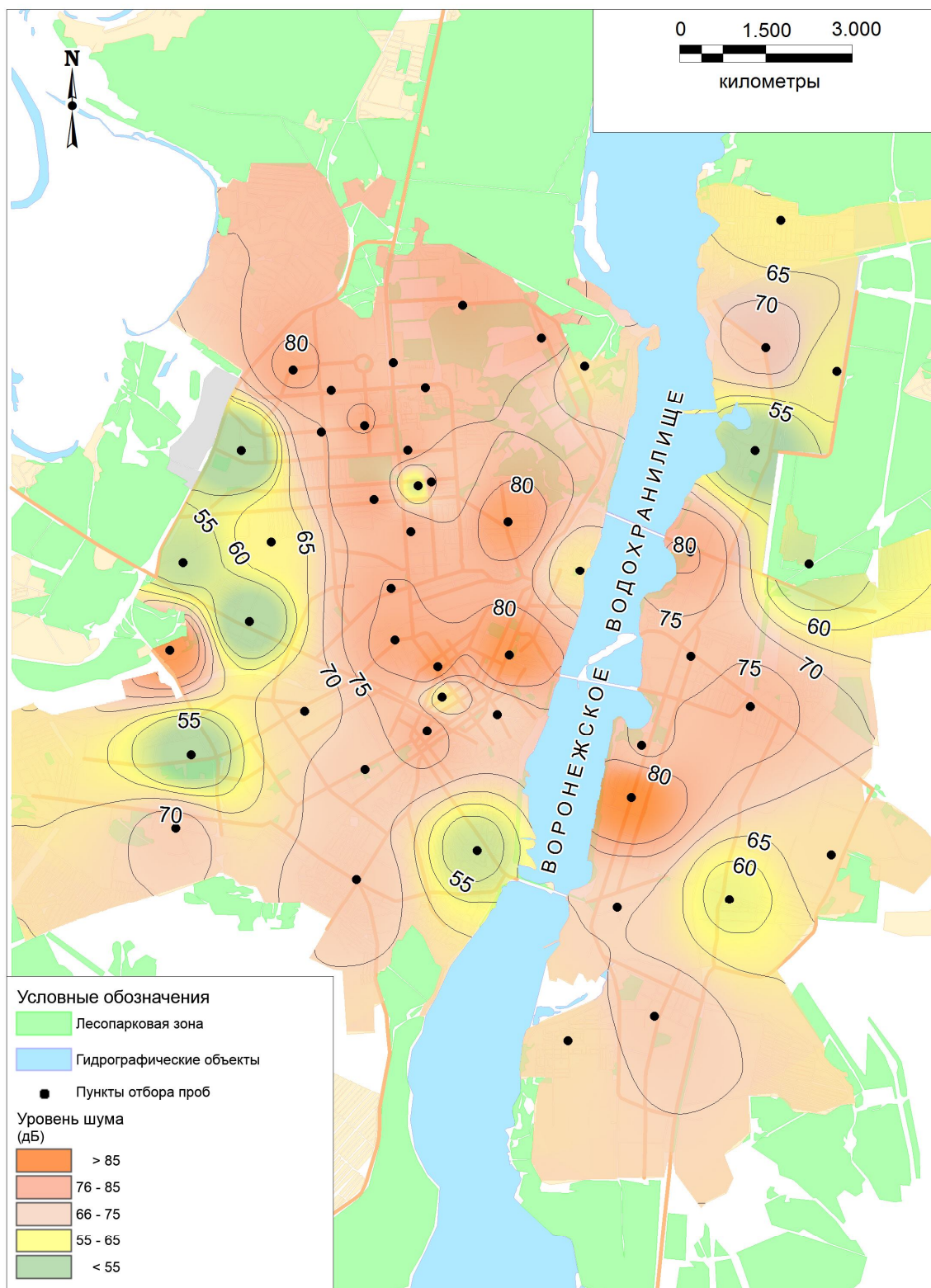
карта 7



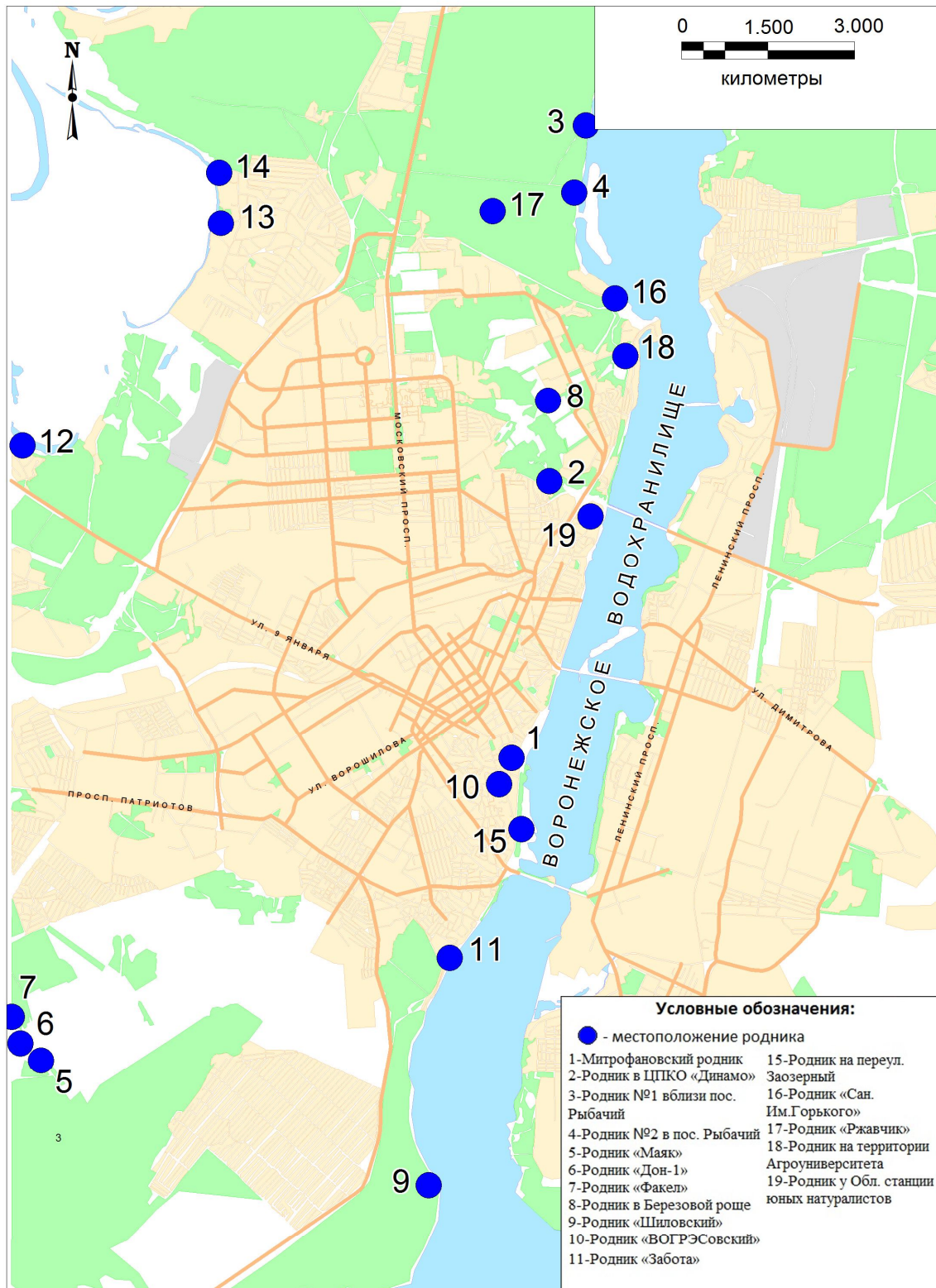
карта 8



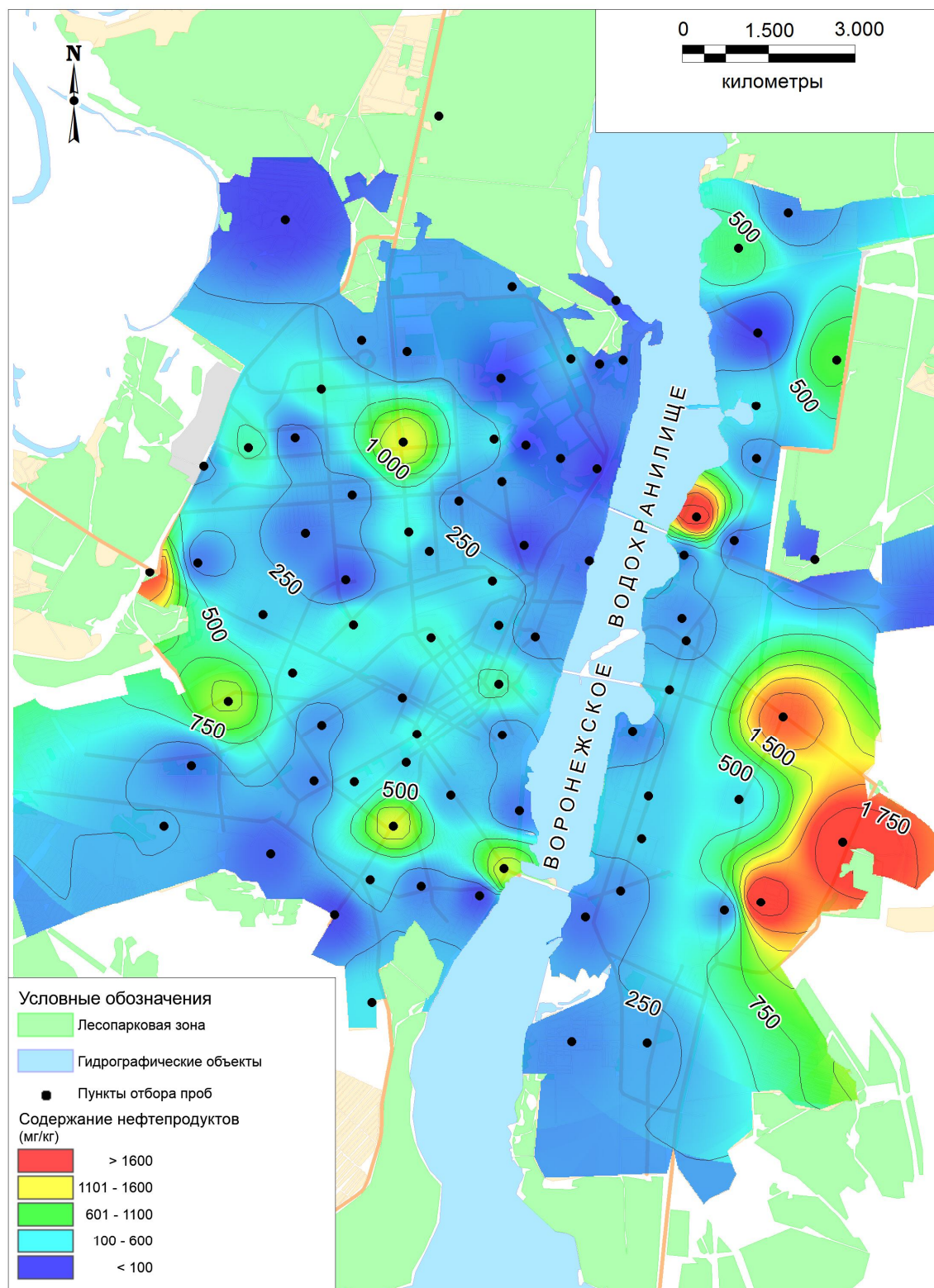
карта 9



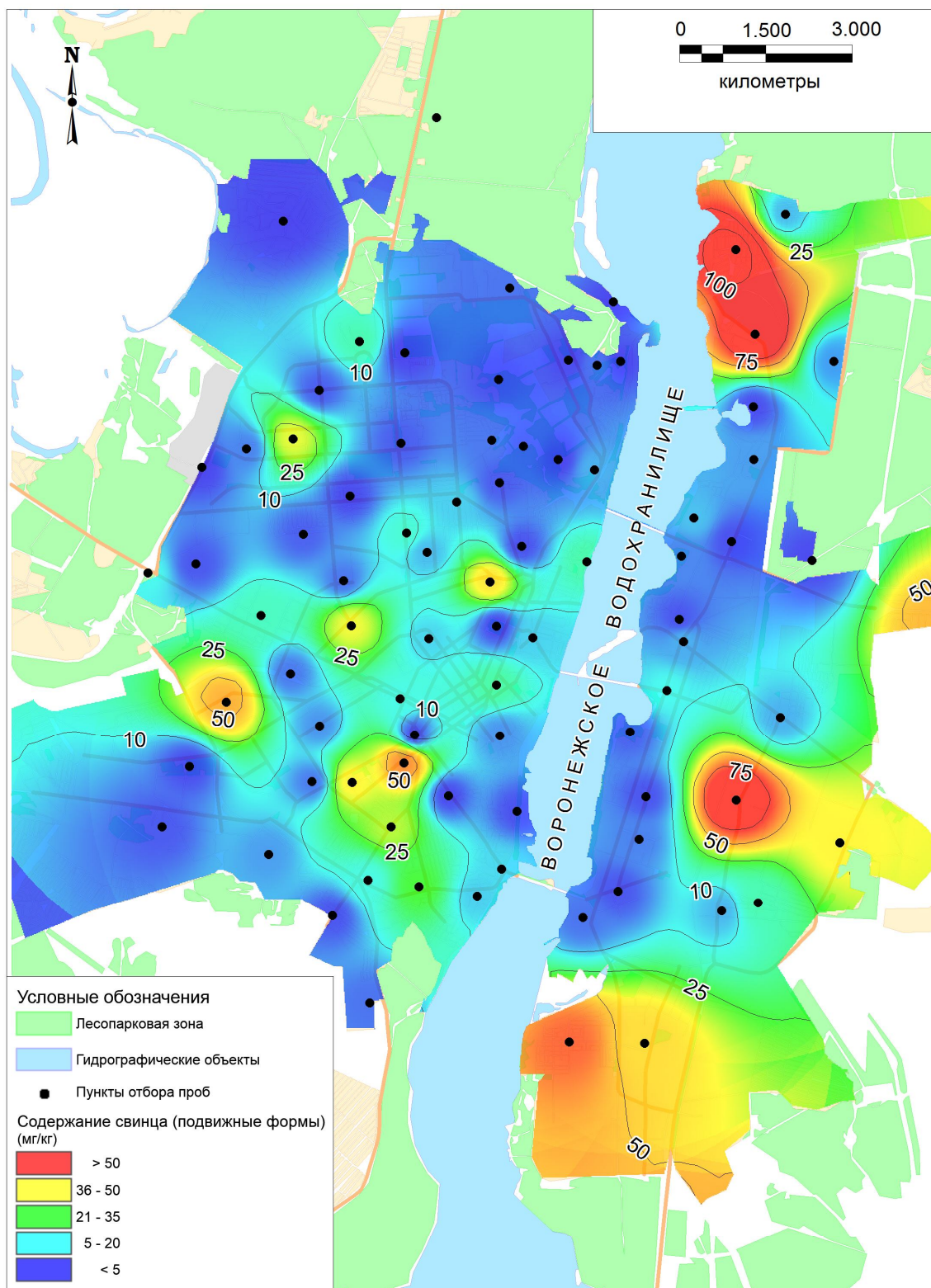
карта 10



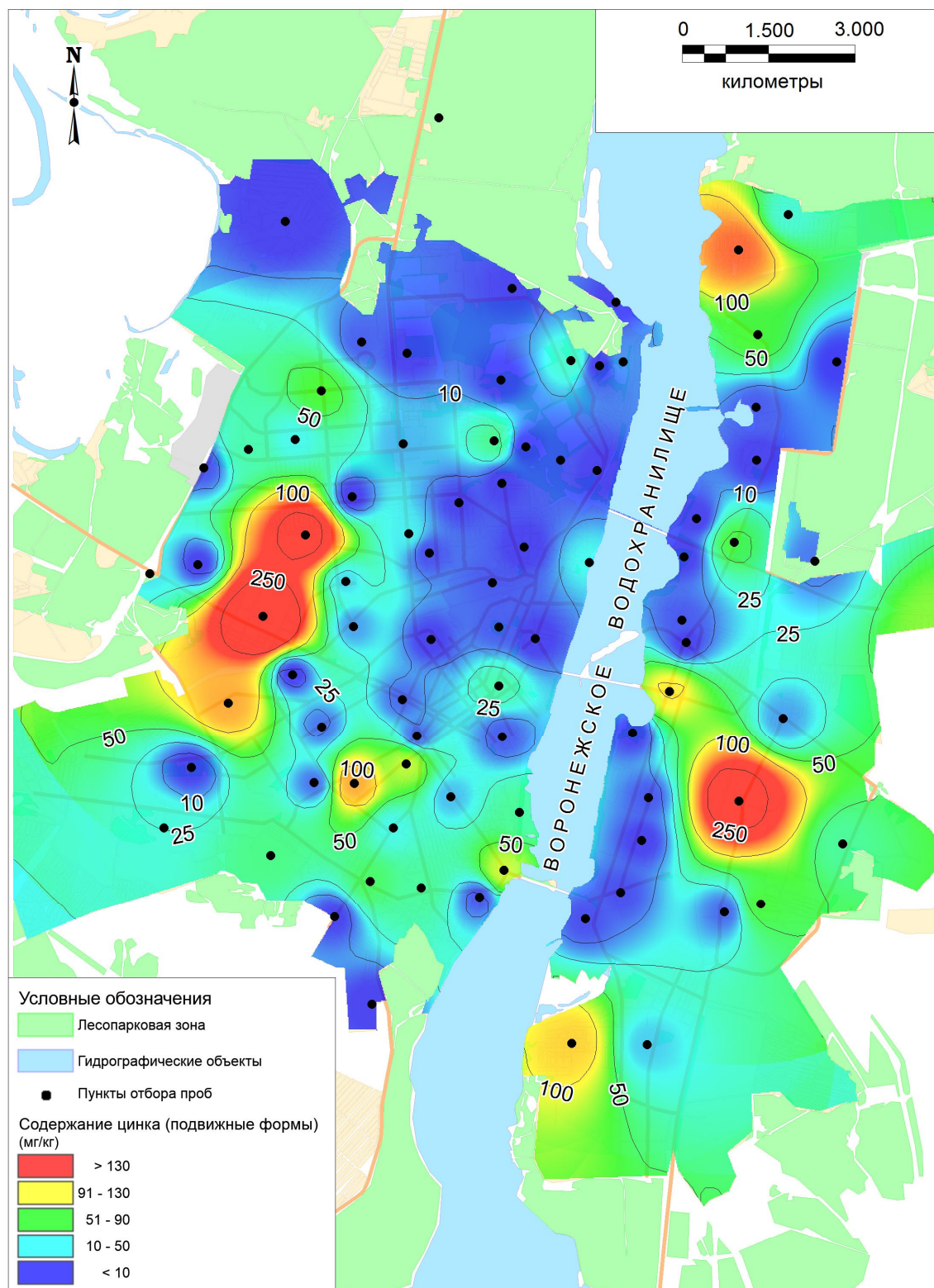
карта 11



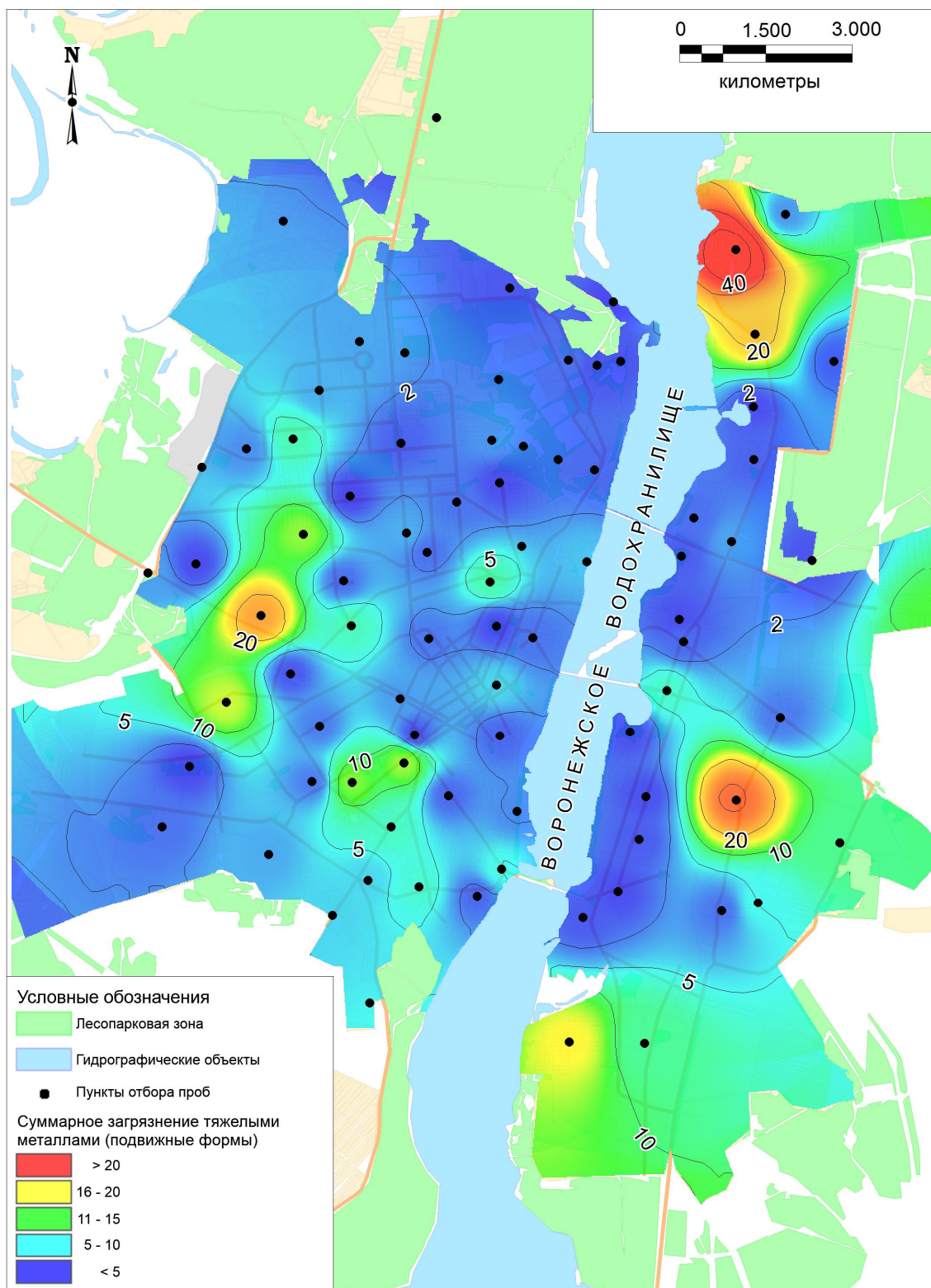
карта 12



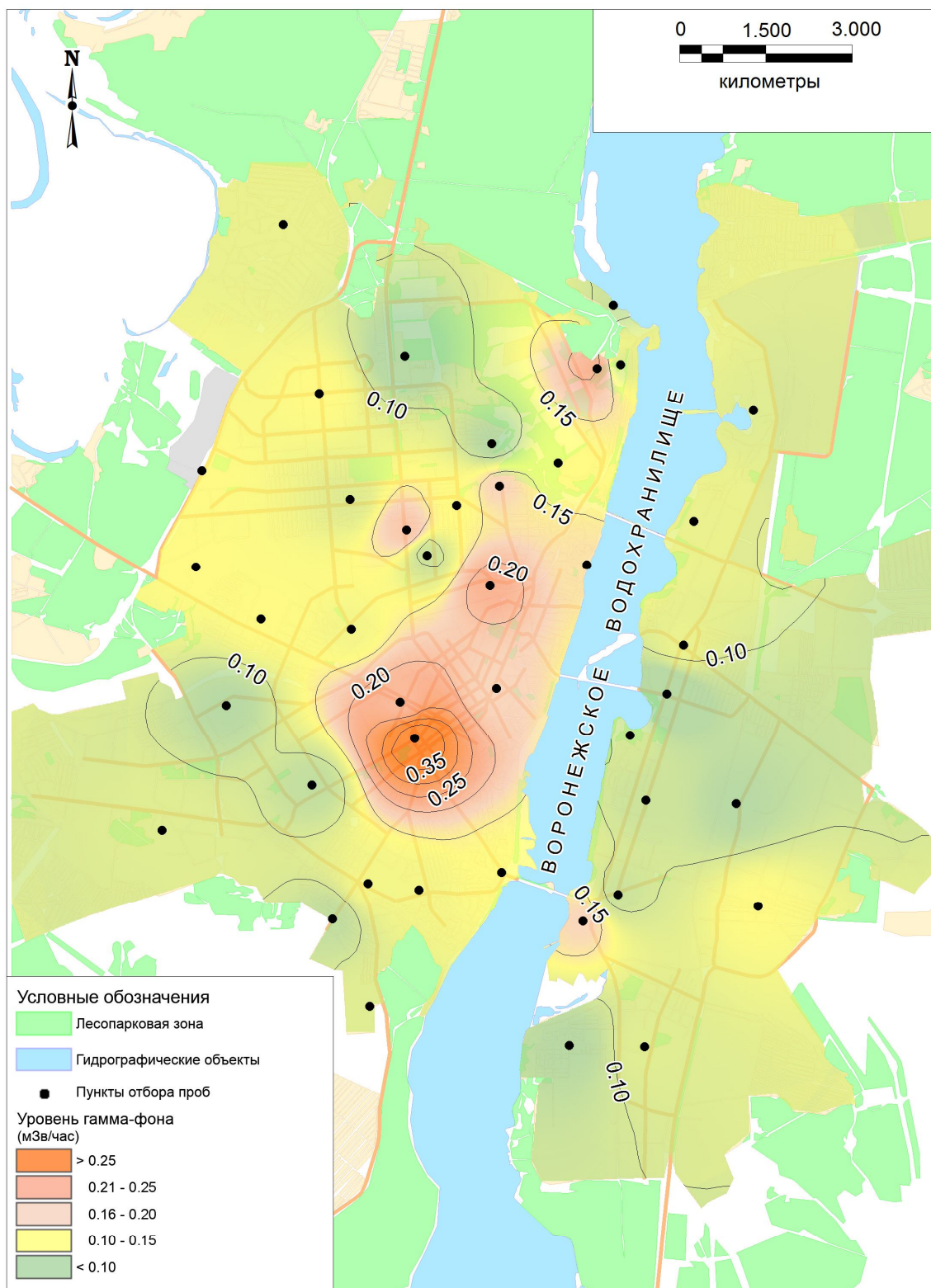
карта 13



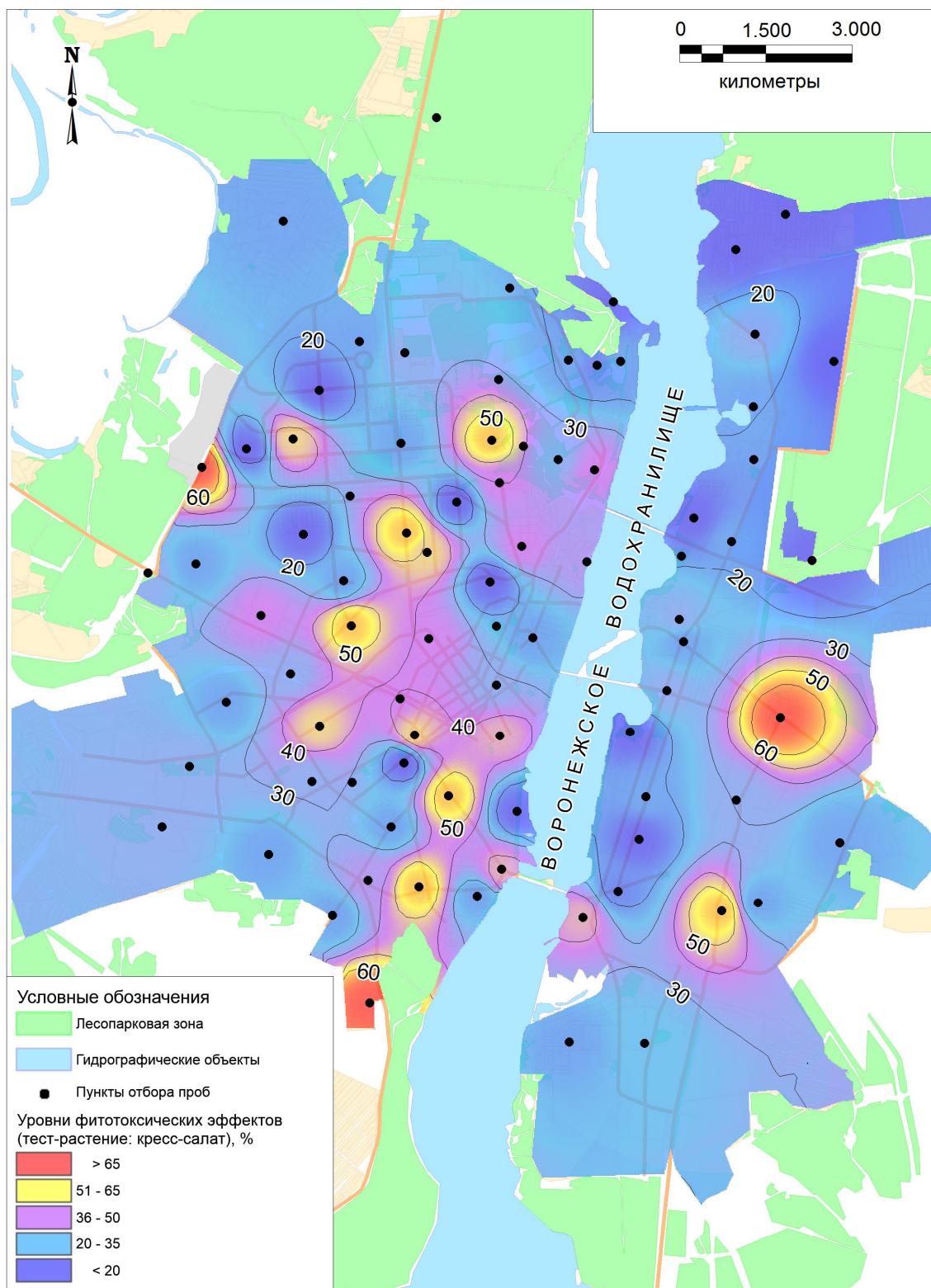
карта 14



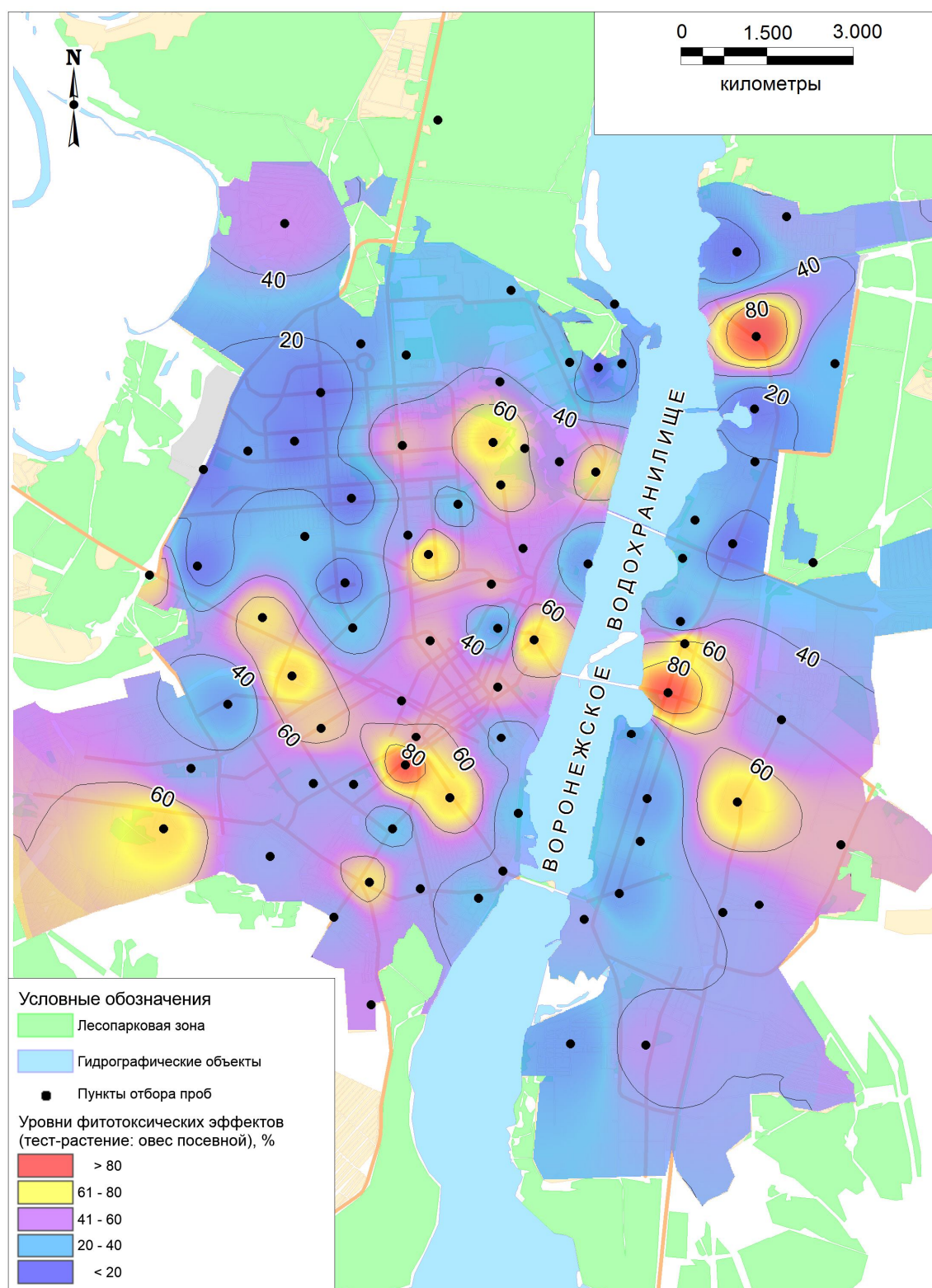
карта 15



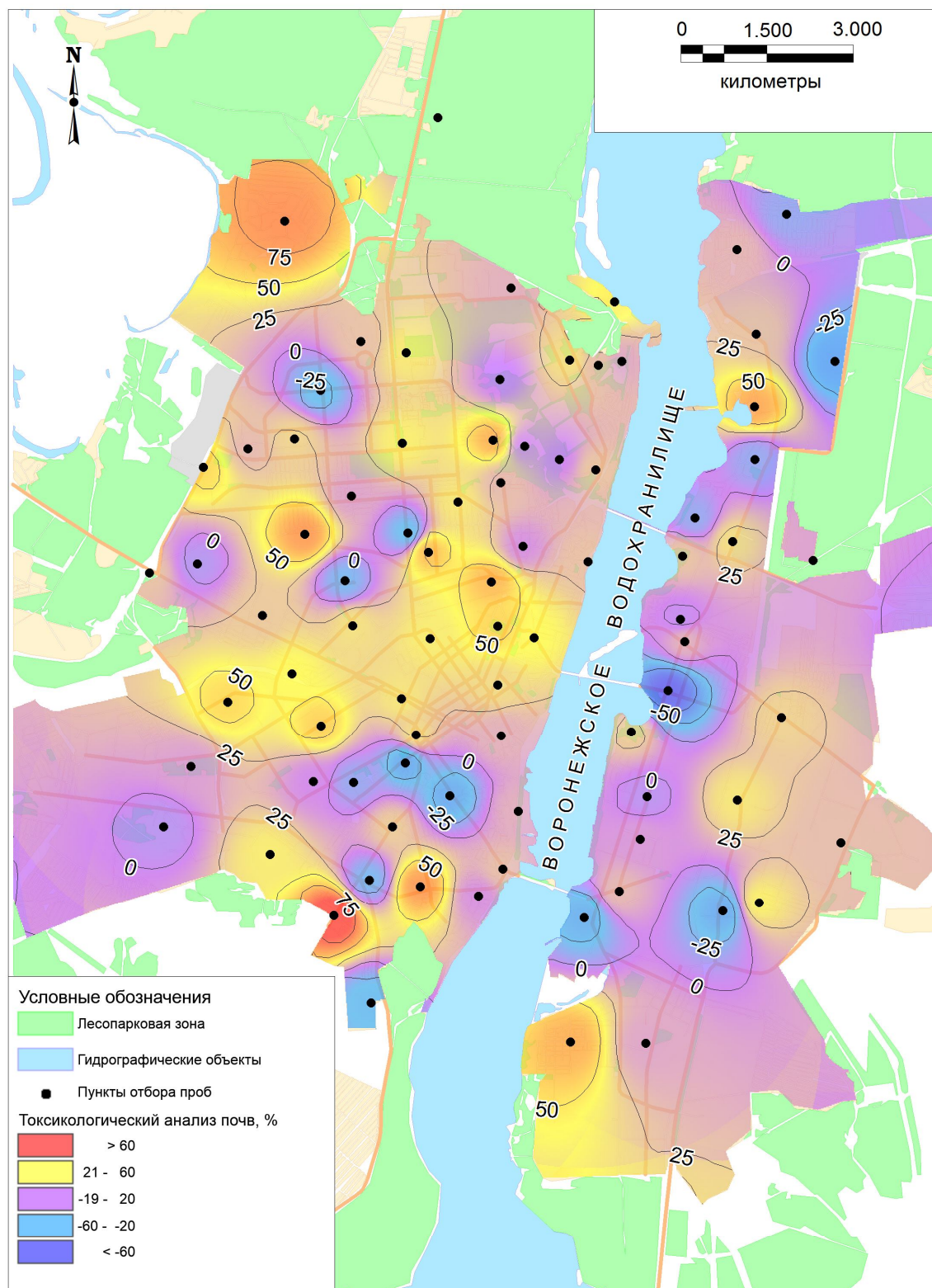
карта 16



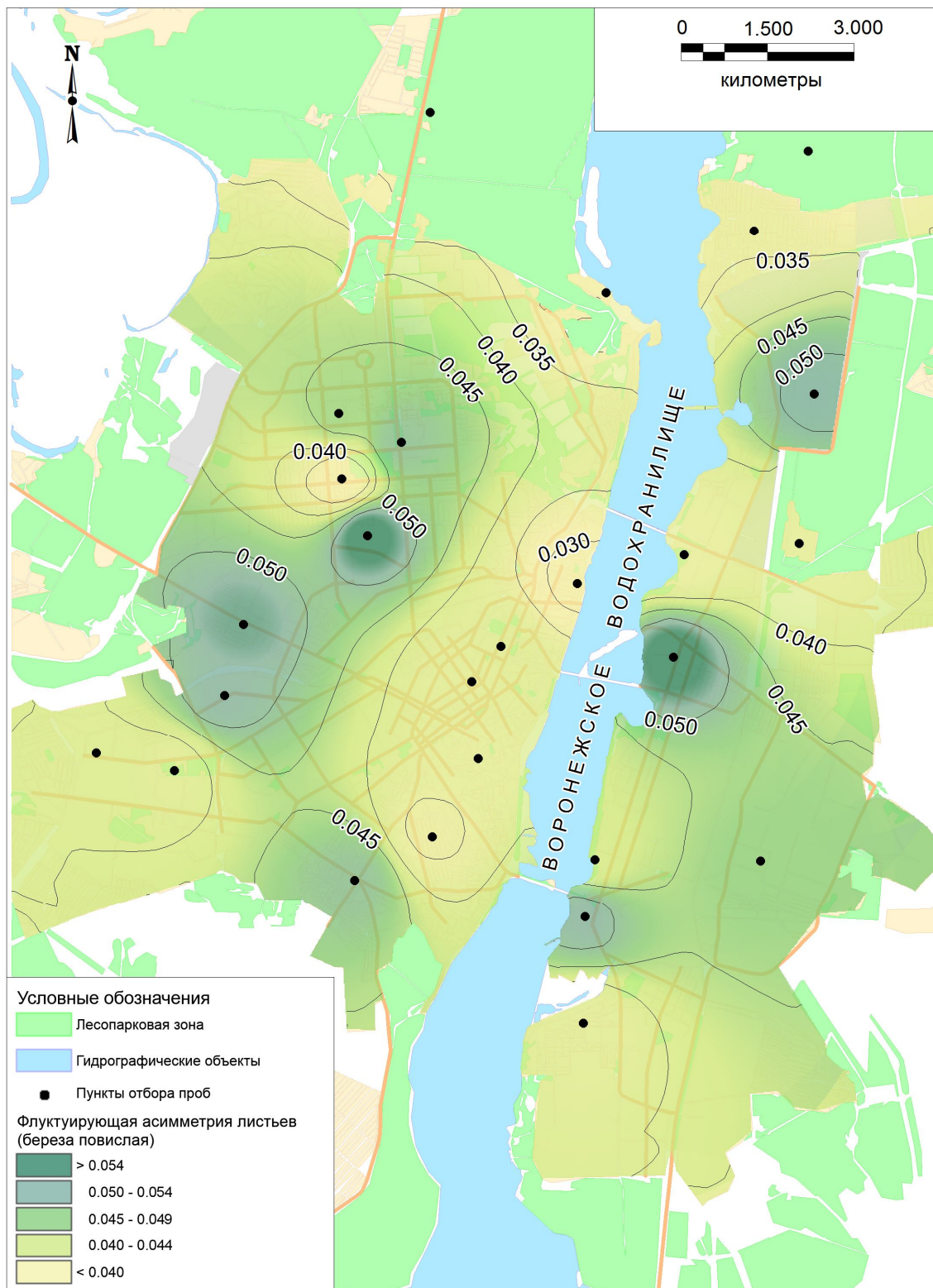
карта 17



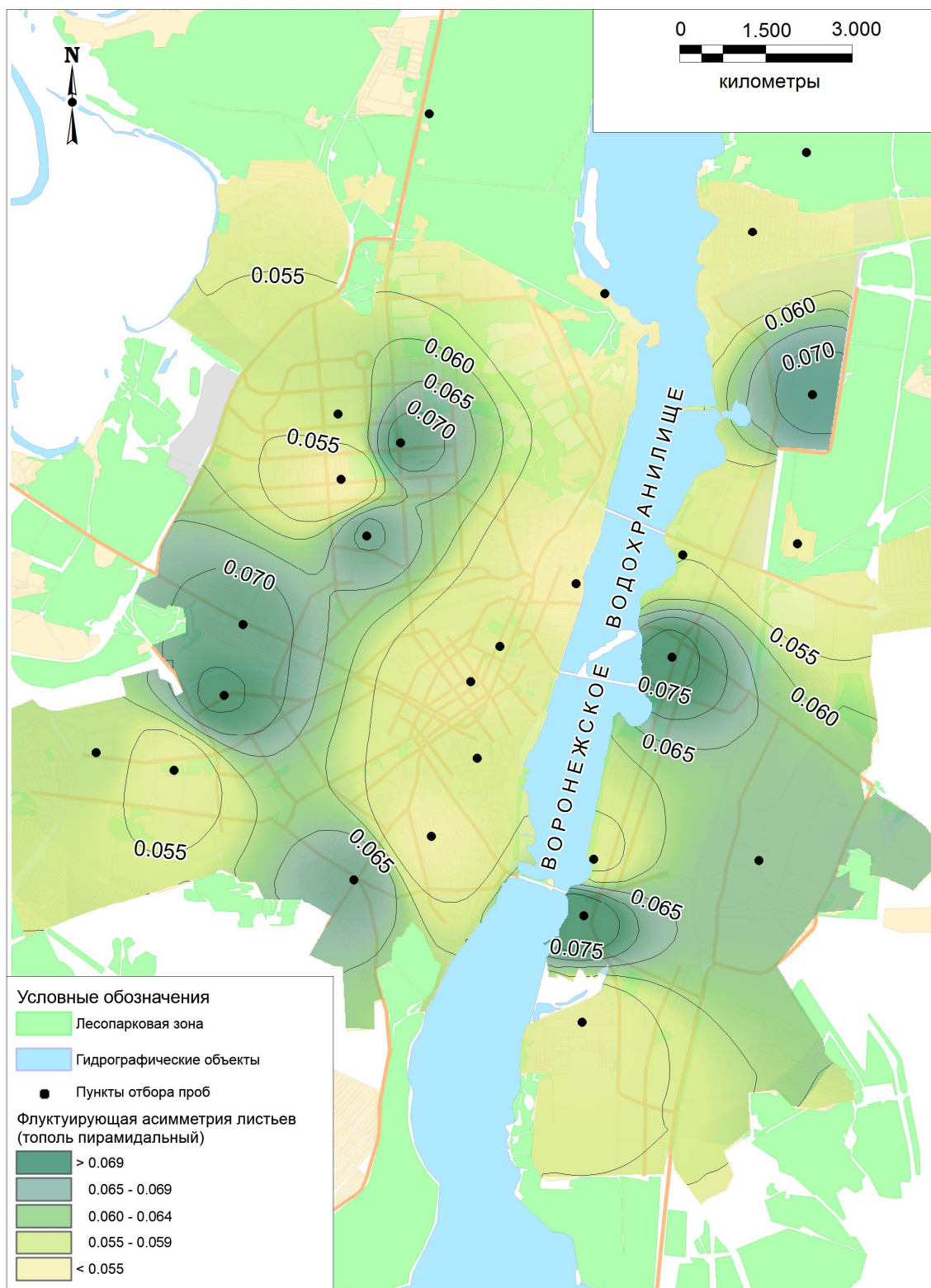
карта 18



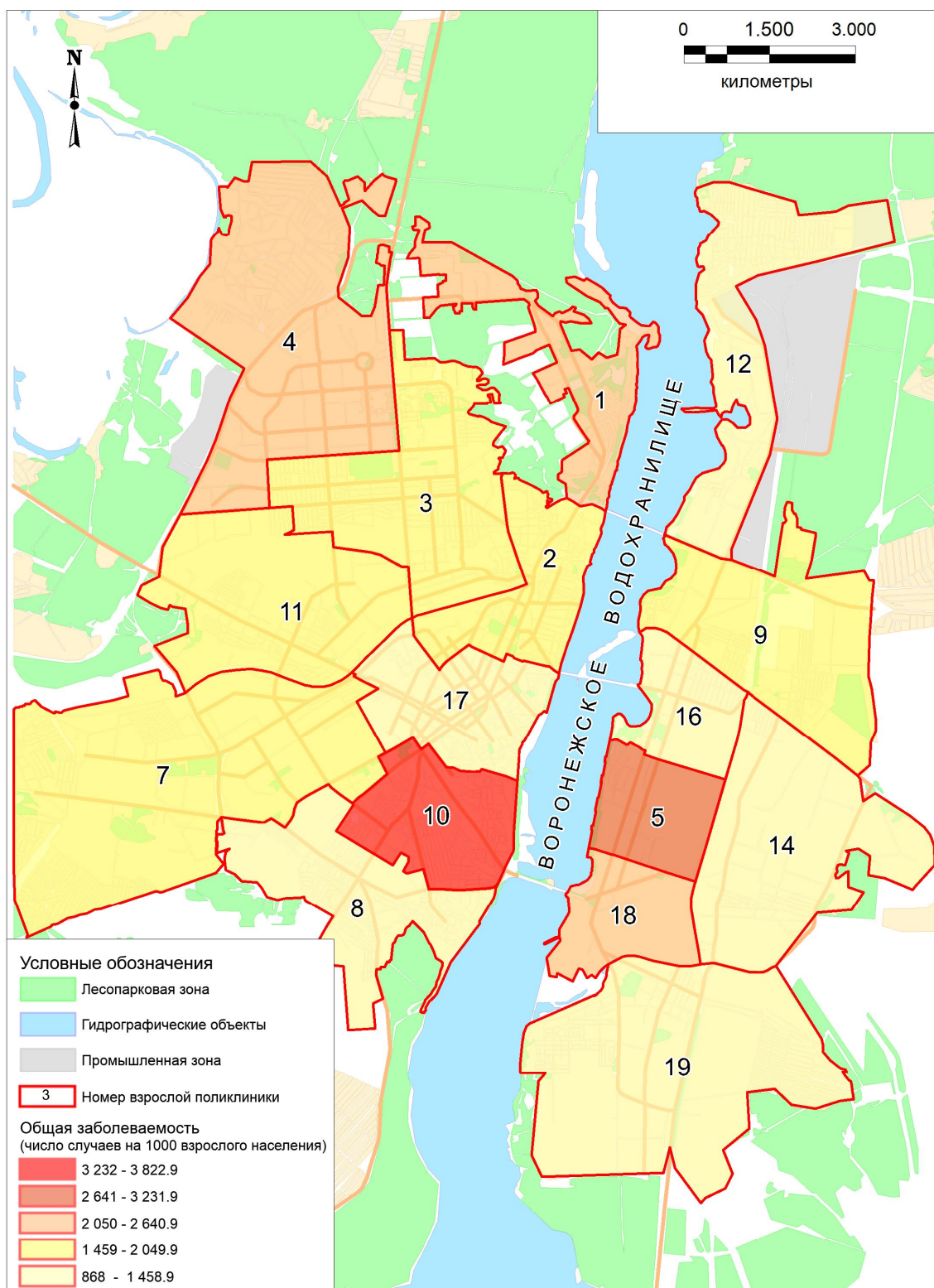
карта 19



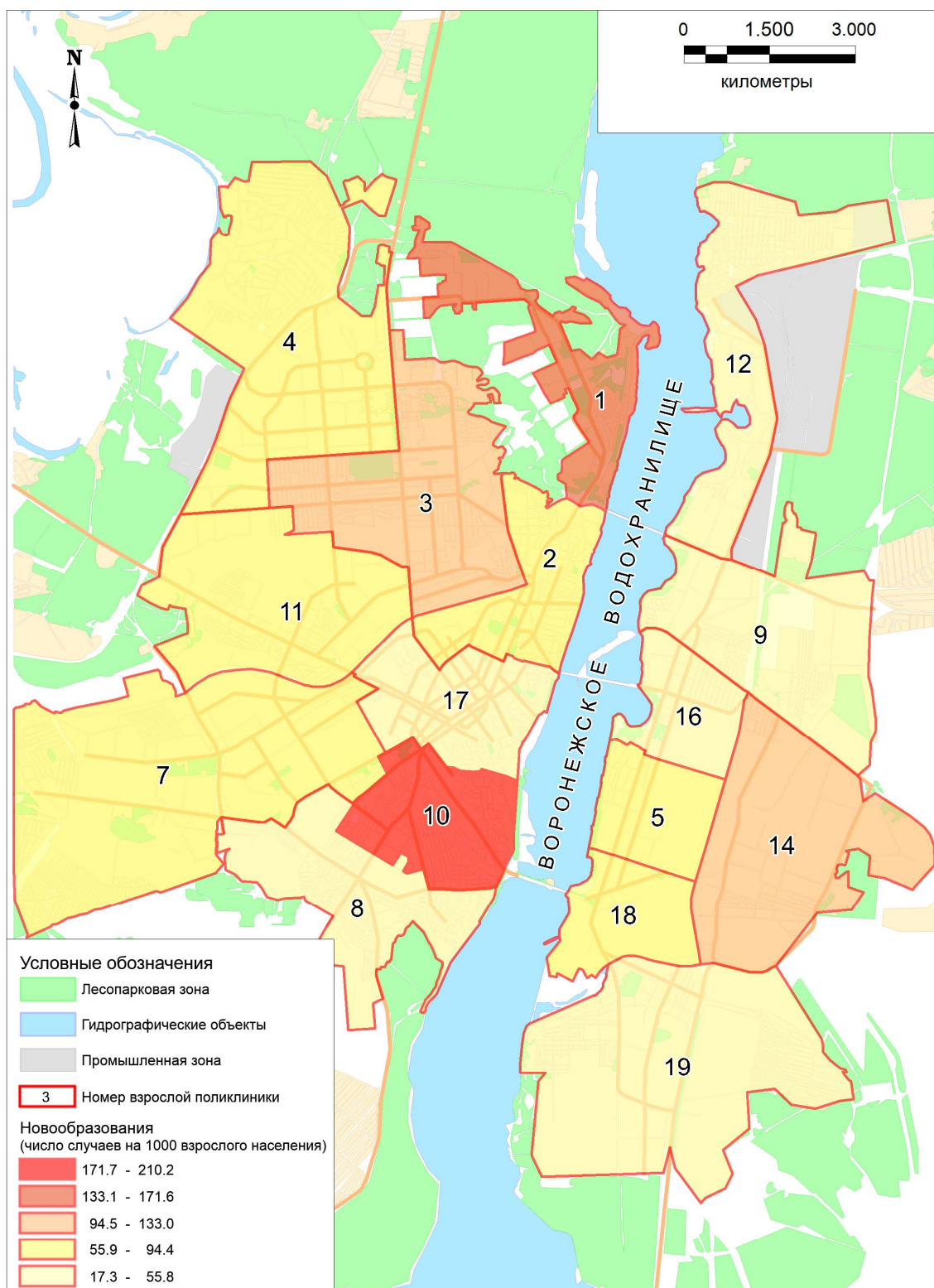
карта 20



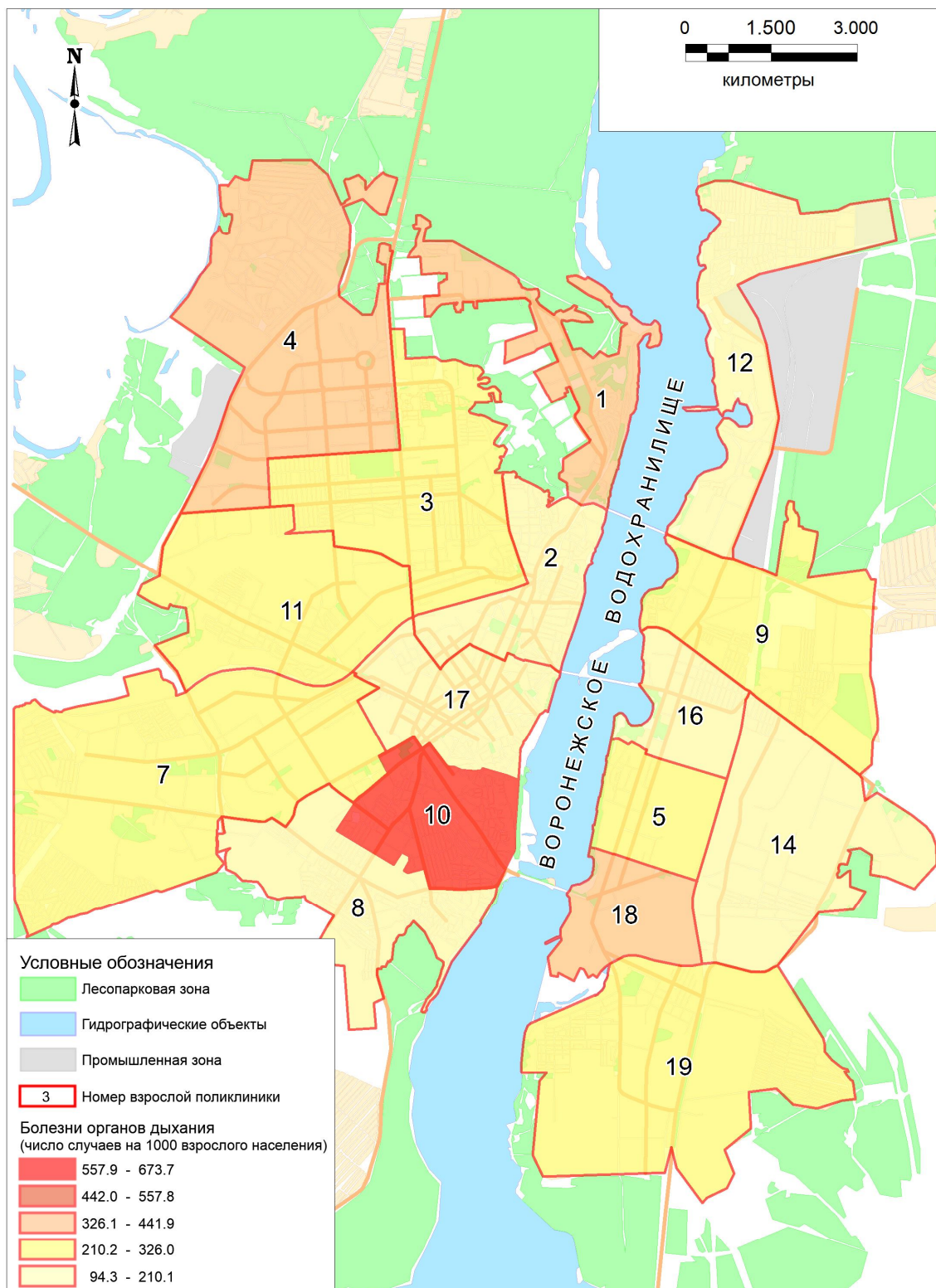
карта 21



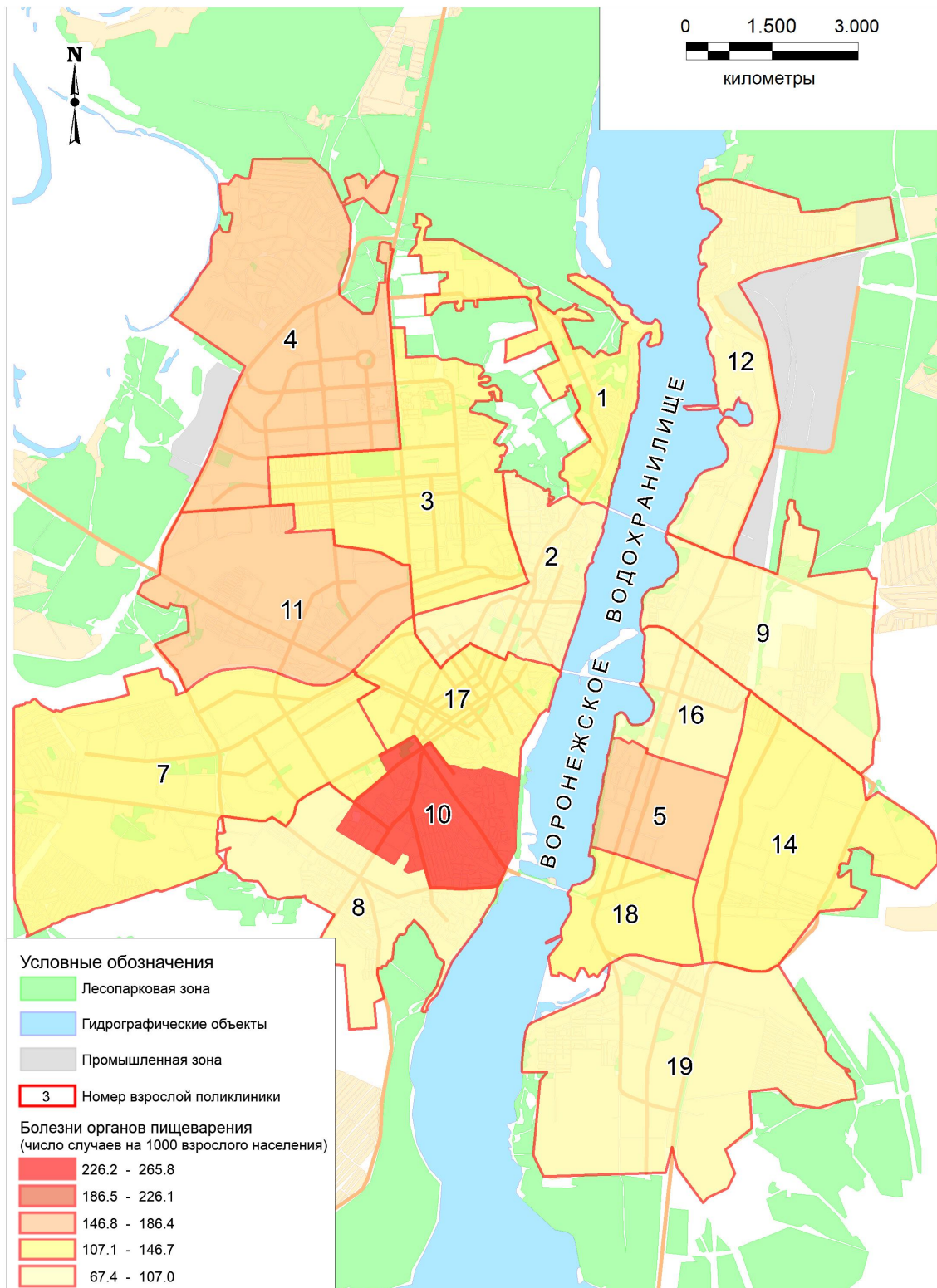
карта 22



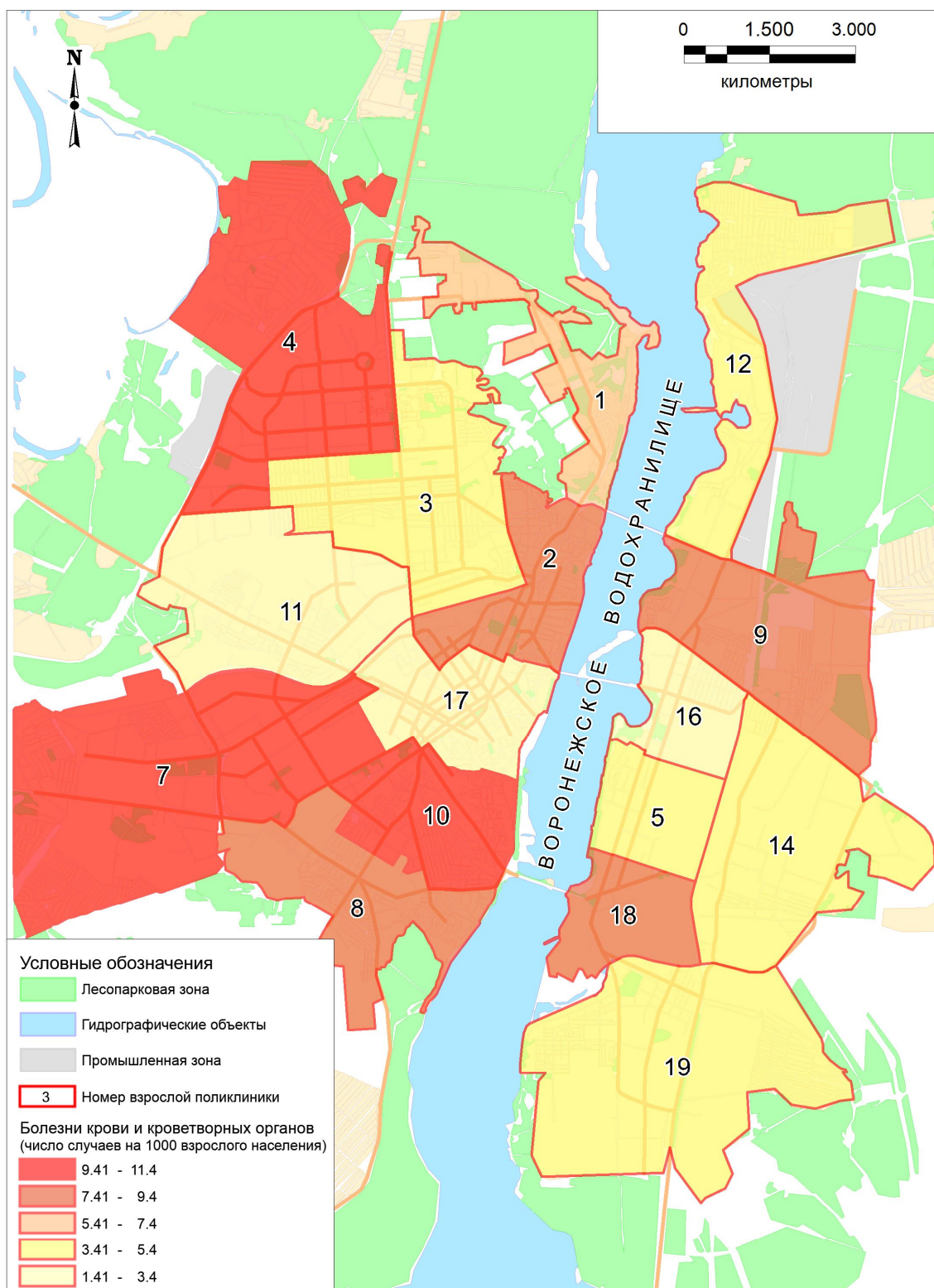
карта 23



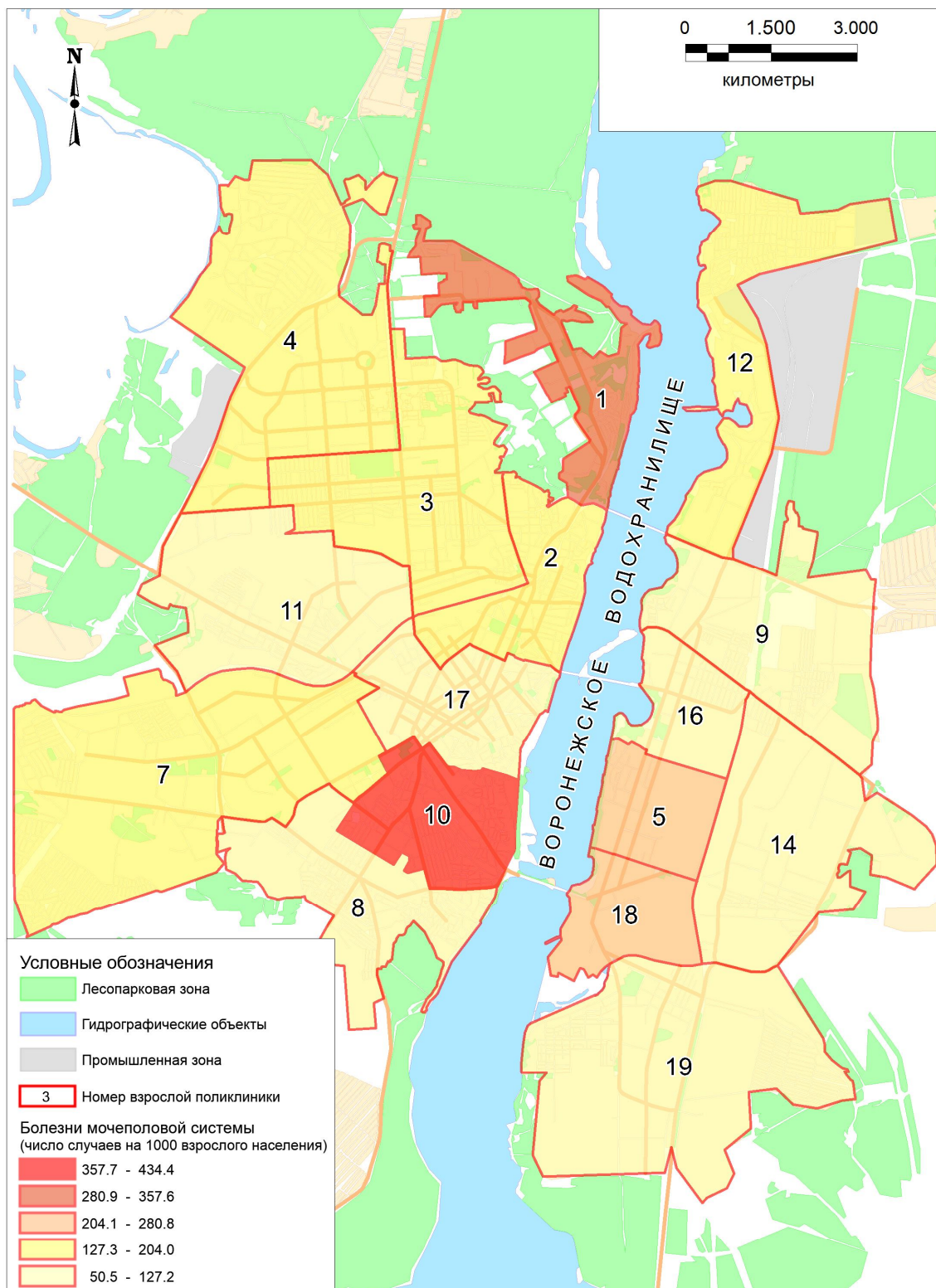
карта 24



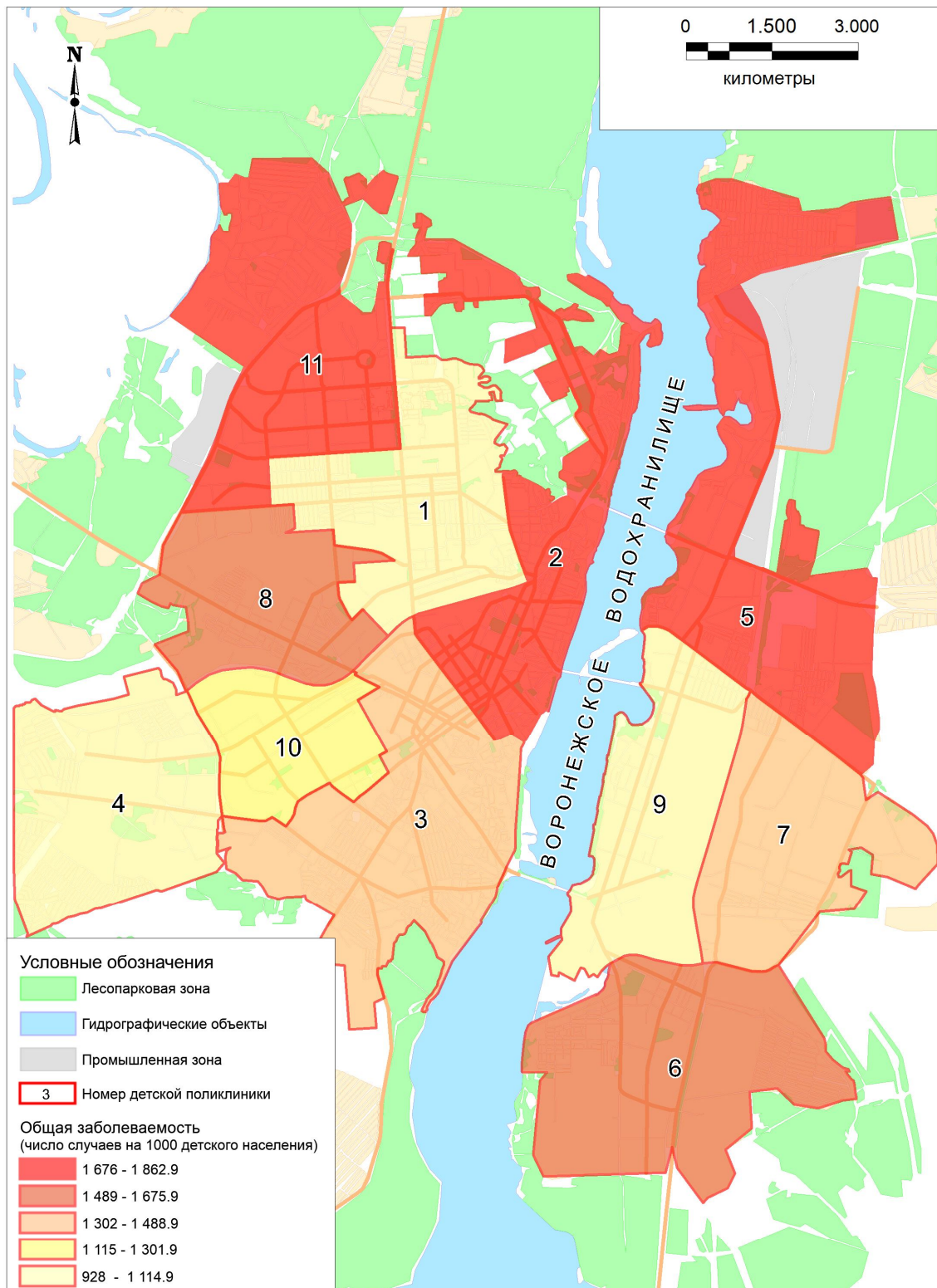
карта 25



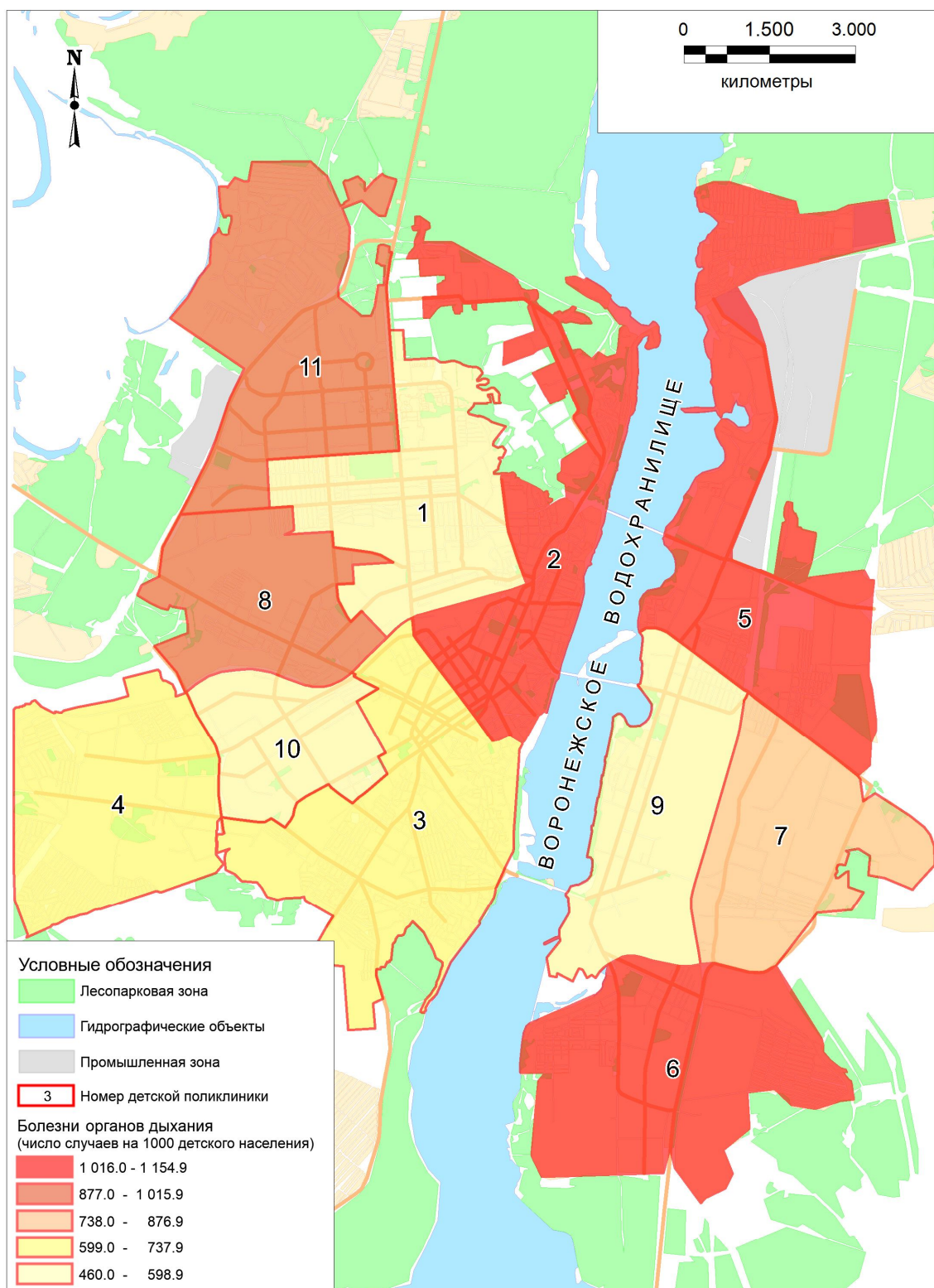
карта 26



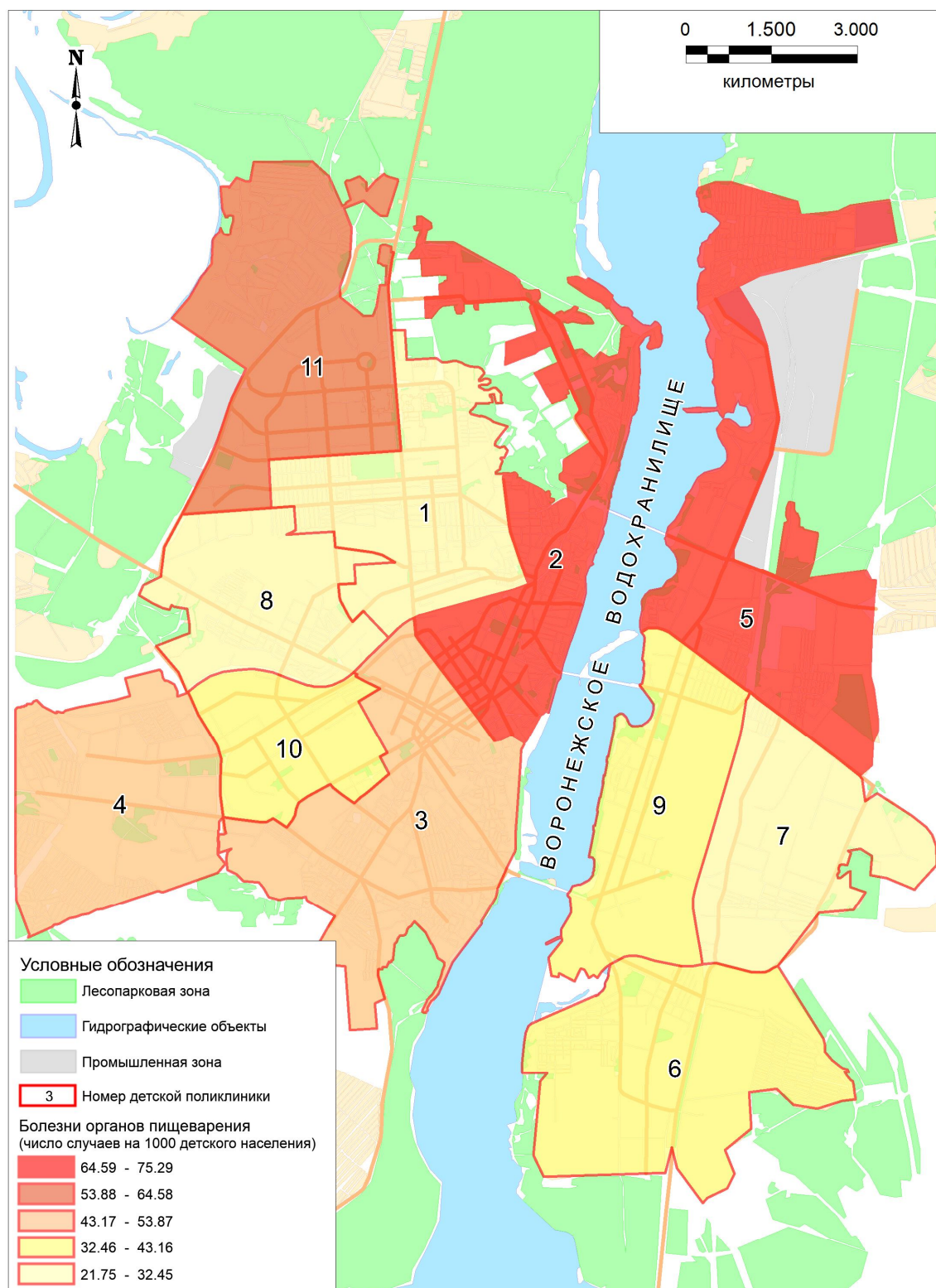
карта 27



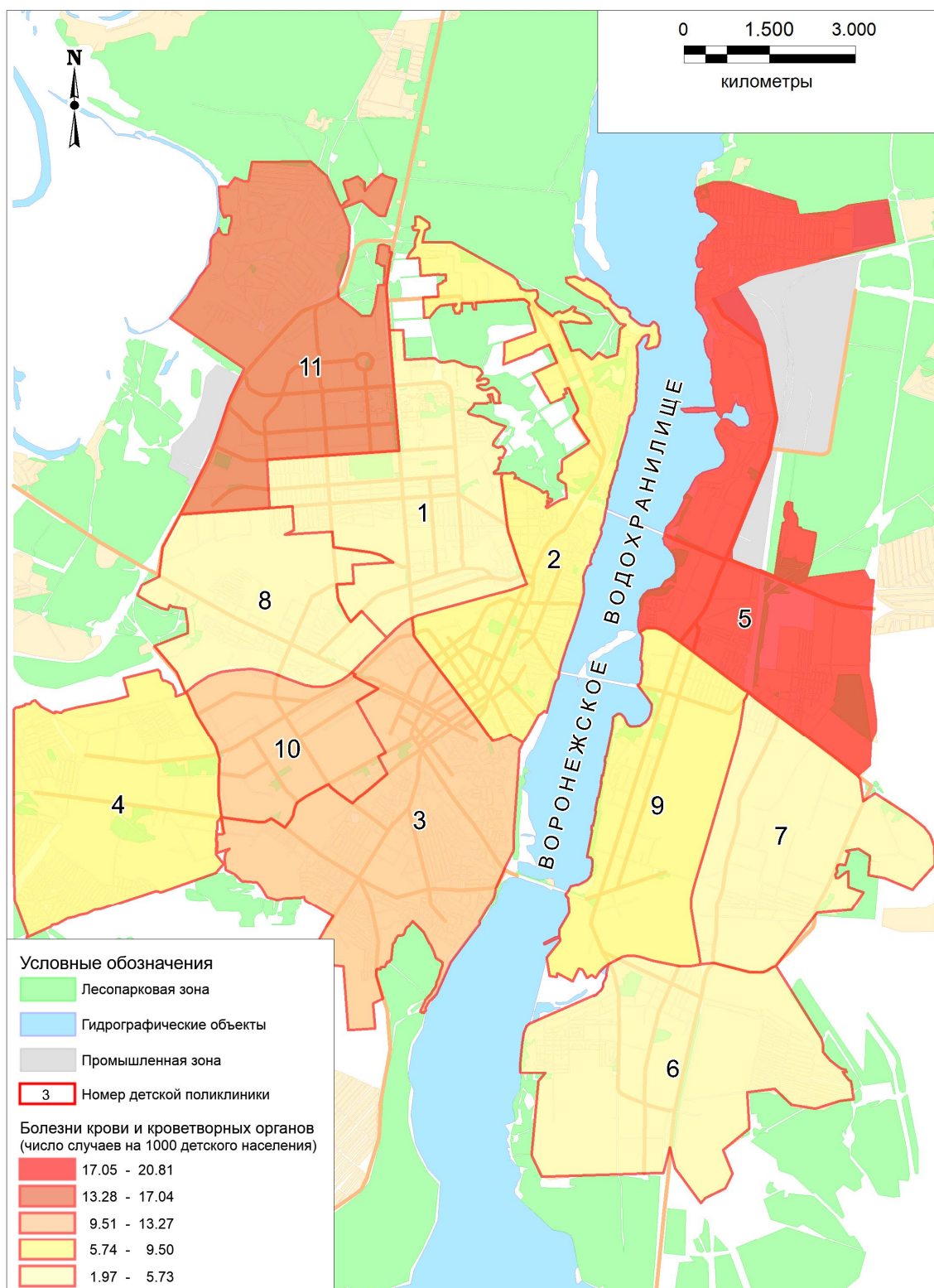
карта 28



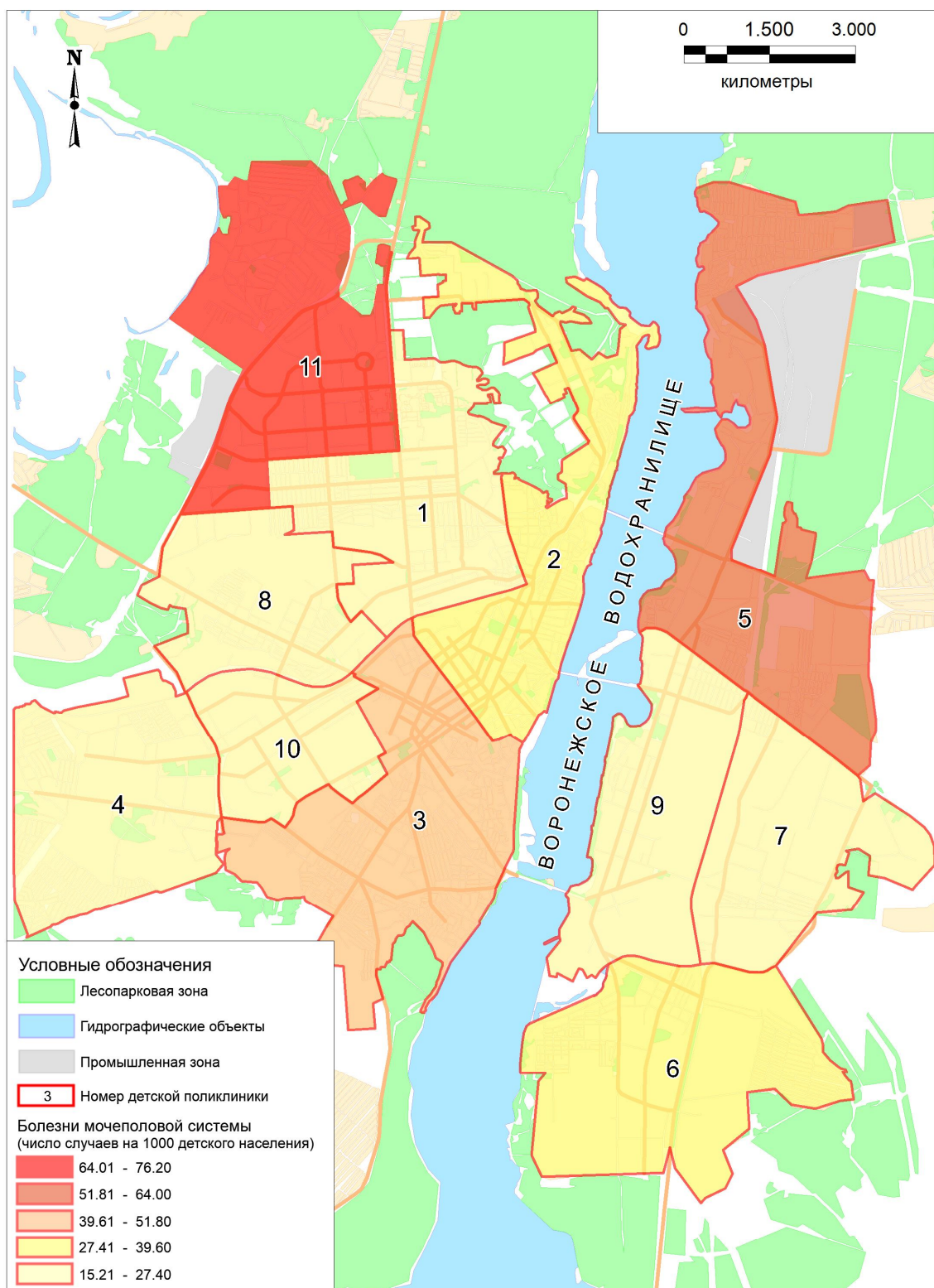
карта 29



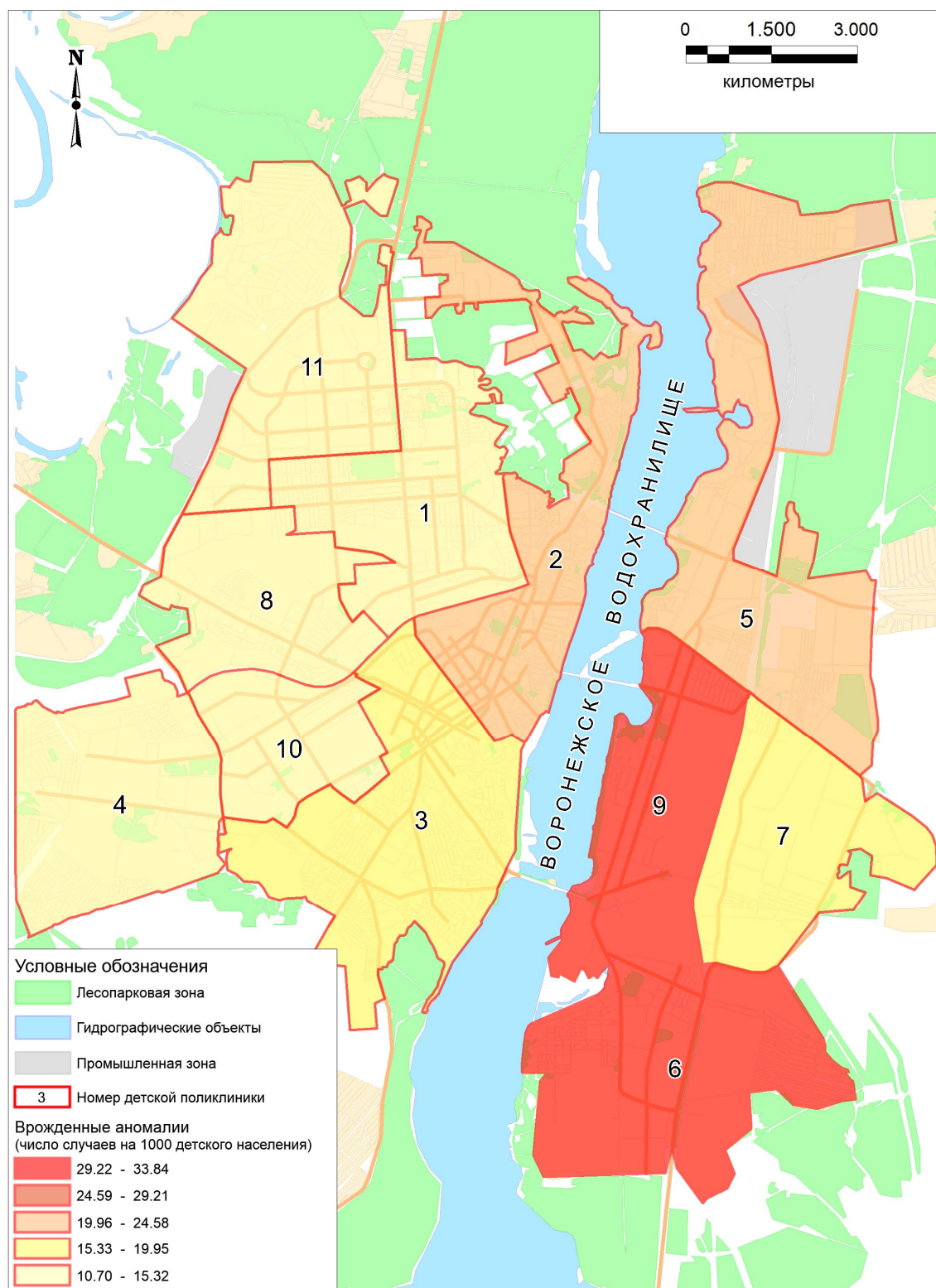
карта 30



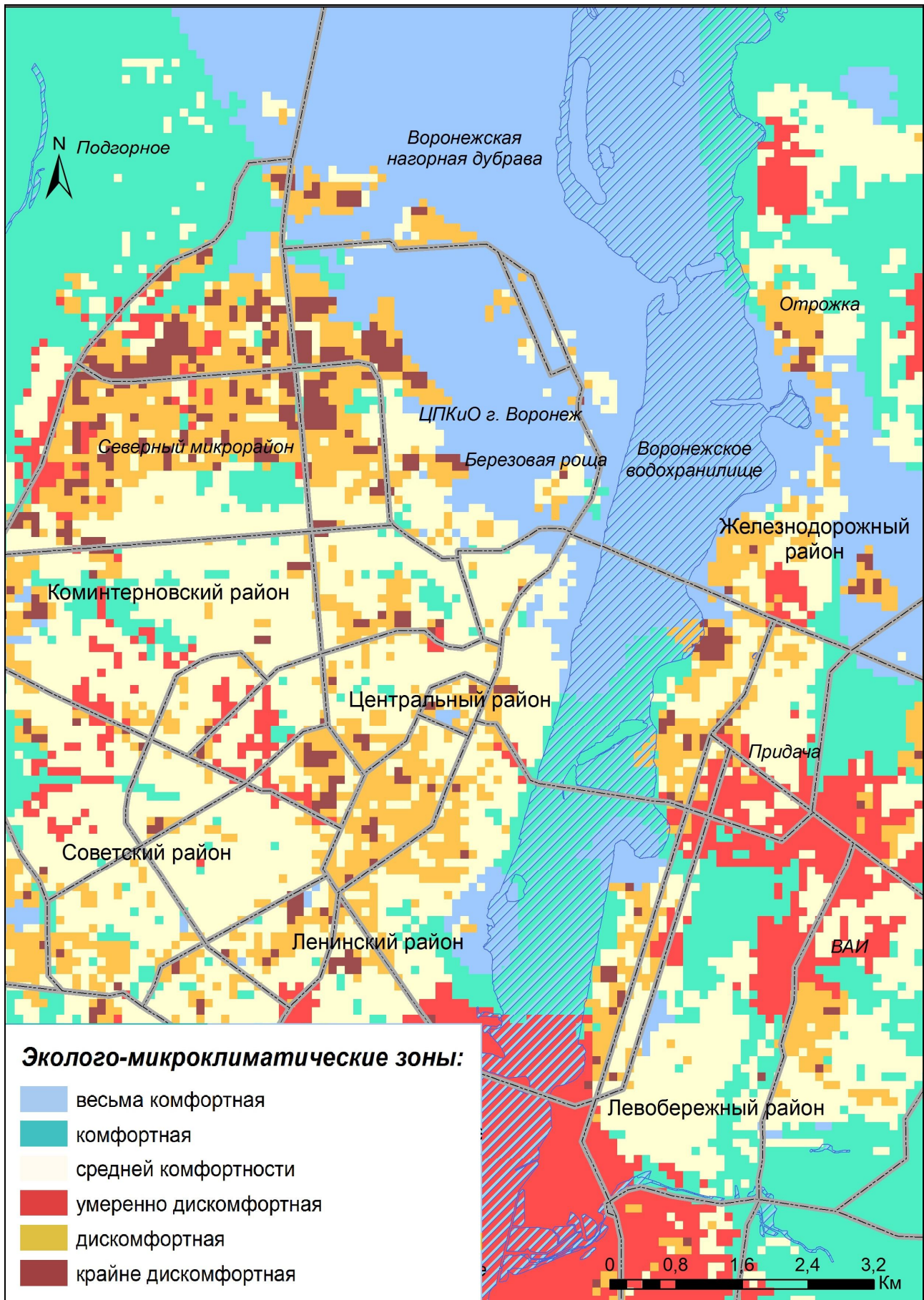
карта 31



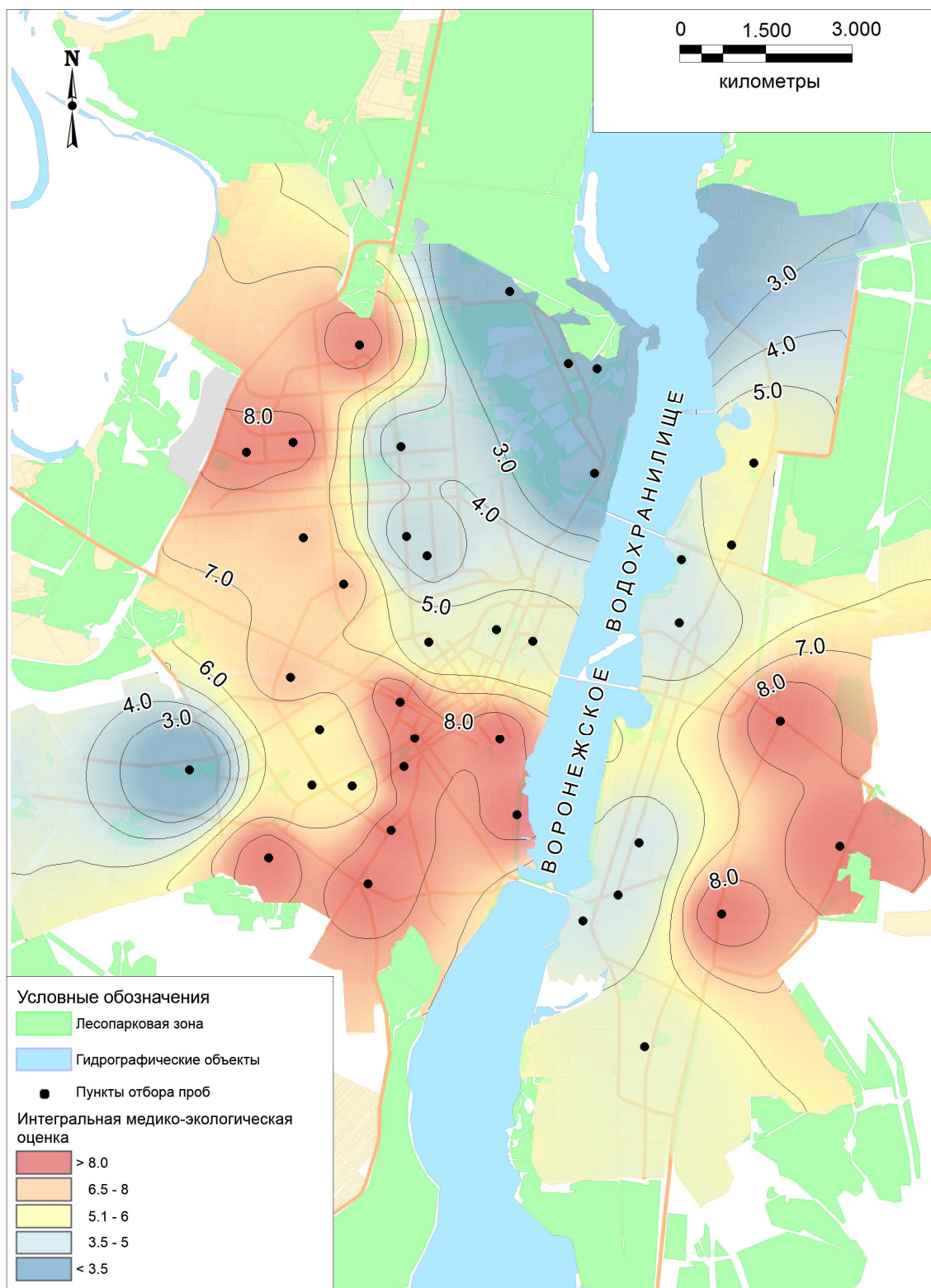
карта 32



карта 33



карта 34



карта 35

*Ниже приводятся текстовые пояснительные описания к картам
/в скобках указаны номера карт/*

ТЕХНОГЕННЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА

/1-4/

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 [2].

Вклад от стационарных источников в загрязнение атмосферного воздуха областного центра составляет около 11%. Основной вклад в загрязнение атмосферного воздуха на территории городского округа город Воронеж вносят следующие отрасли [1]:

- 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», АО «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 [2].

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 [3].

Наибольшее количество населения, подверженное высоким уровням загрязнения атмосферного воздуха, зарегистрировано по азота диоксиду – 165 тыс. человек и углерода оксиду – 125 тыс. человек [1].

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 [2]. 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:

- 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 Воронежа 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 [3].

2. Оценка потенциальной опасности автотранспортных вкладчиков. 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 ($I_{атн}$).

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

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

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

Анализ корреляционных связей в системе «источники - загрязнения - транзитные среды - депонирующие абиотические среды» показал в целом вполне логичную картину: в общем массиве корреляций преобладают значимые поло-

жительные 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. Особо большая степень негативного воздействия на городскую среду отмечается в пределах более крупных и загруженных улиц (категории 1Б, 2Б).

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 города:

- *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 создание линий «легкого метро» по образцу крупных европейских городов;
- *модернизация технологических процессов*, сокращение выбросов в атмосферу предприятий теплоэнергетики, вынос за границу городской черты ряда промышленных объектов повышенной опасности загрязнения воздушного бассейна;
- *развитие и реконструкция систем внутригородского и внешнего пригородного озеленения* с созданием экологического каркаса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Доклад о состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия в городском округе город Воронеж в 2016 году – Воронеж: Управление Феде-

ральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Воронежской области, 2017. – 123 с.

2. Виноградов П.М. Оценка акустической и автотранспортной нагрузки в городе Воронеже / П.М. Виноградов, А.П. Карпова // Медико-экологическая диагностика состояния окружающей среды города Воронежа. – Воронеж, 2017. – С. 70-78.

3. 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.

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОЗДУШНОГО БАСЕЙНА ГОРОДА ВОРОНЕЖА

/5-8/

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 (5-ти – летний период: 2013-2017гг.).

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

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

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

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

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

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

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



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

Контроль за уровнем загрязнения атмосферы на стационарных постах осуществляется лабораторией региональных центров по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды и ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии» в субъектах Федерации. В качестве примера на рисунке 1 показана схема размещения постов мониторинга качества воздушного бассейна в г.Воронеже.

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

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

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» [1].

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 предпри-

ятиями 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 [3].

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).

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 (гидроксiben- зол)	108-95-2	0,01	0,003	2	рефлекторно- резорбтивное
оксид марганца (мар- ганец и его соедине- ния в пересчете на оксид марганца IV)	1313-13-9	0,01	0,001	2	резорбтивное
оксид железа III (ди- железо 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 пере- счете 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 %) [2].

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, сово-

купный вклад которых в валовый выброс загрязняющих веществ в атмосферу г.Воронежа составляет 95 %, показаны в таблице 2.

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 хозяйства (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**);

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	-

- неорганические вещества, вероятно входящие в пылевую фракцию (пыль неорганическая, взвешенные вещества, зола углей с содержанием SiO_2 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 примастральных 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 ул. 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»; в) 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 насажде-

ния, 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) [1].

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

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

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

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

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

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

Анализ полученных данных позволил сделать следующие обобщения [3, 4]:

- **в зимний сезон** главный очаг аэрогенного загрязнения формируется на низменном левобережье вблизи ТЭЦ-1 и заводов ОАО «Воронежсинтезкаучук», ОАО «Амтел-Черноземье» с отходящим языком повышенного загрязнения в правобережную центральную зону города по Чернавскому мосту и ул. Степана Разина – ул. Манежная – ж/д вокзал – ул. Урицкого – Московский пр.; причем значительный вклад в загрязнение воздушного бассейна приносит диоксид серы не только в промышленных районах, но и за счет рассредоточенного загрязнения от многочисленных котельных в жилых микрорайонах;
- **с наступлением весны** зона загрязнения «размывается», а очаг загрязнения переходит на высокое правобережье города и аккумулируется вдоль ул. 9-е Января (определенную роль играет сезонная смена ветров юго-восточного направления);
- **в летний сезон** отчетливо формируются два «острова тепла» и повышенного загрязнения на левом и правом берегу Воронежского водохранилища, приуроченные к двум промышленно-транспортным зонам: правобережного Коминтерновского района (вблизи ТЭЦ-2 и др.) и юго-восточного промышленного левобережья города, причем весь левобережный сектор города летом становится более загрязненным; а диоксид азота становится вполне надежным индикатором мест пролегания автотрасс города, т.к. конфигурация зон загрязнения этим поллютантом совпадает в общих чертах с главной осью автотранспортного развития города (по маршруту расположения ул. А.Овсеенко – 9-е Января – Кольцовская – 20 лет Октября – Вогрэсовский мост – Героев Стратосферы – Циолковского);
- аналогичная ситуация сохраняется и **осенью**, однако, очаги загрязнения как по правобережью, так и по левобережью «размываются» к северу, в том числе более загрязненной становится практически вся левобережная застройка города вдоль Ленинского проспекта.

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

В ходе экспериментальных микроклиматических исследований на территории г.Воронежа нами выявлены следующие закономерности формирования микроклимата в условиях комбинированной городской застройки [5]:

- на территории города наблюдается повышение температур воздуха в сравнении с фоновыми характеристиками, особенно в теплый период года, что создает «острова тепла» и способствует росту загрязнения воздуха, снижающего комфорт жизнеобеспечения; так, температура воздуха в условиях городской застройки отличается от фоновых характеристик на 4,5 - 4,9°C; причем, наименьшие вариации температуры наблюдаются в «частном секторе» и на терри-

тории застройки средней плотности (застроенная площадь составляет 15 – 25 % территории) с достаточным озеленением, а наиболее высокие – на открытых и не озелененных пространствах, вблизи проезжей части крупных автомагистралей, либо на участках плотной застройки (>25 % территории), где минимально внутриквартальное озеленение;

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

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

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

ЛИТЕРАТУРА

1. Доклад о состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия в городском округе город Воронеж в 2017 году. – Воронеж: Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Воронежской области, 2018. – 126 с.

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

3. Куролап С.А. Оценка техногенного загрязнения воздушного бассейна и микроклиматической комфортности городской среды / С.А. Куролап, И.В. Попова, Д.В. Сарычев, О.В. Клепиков, П.М. Виноградов // Экологическая ситуация и риски для здоровья населения города Воронежа. – Воронеж, 2018. – С. 34-56.

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

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

ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СНЕЖНОГО ПОКРОВА

/9/

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

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

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

Для получения многолетних рядов мониторинговых наблюдений и обобщения закономерностей формирования геохимического фона города нами продолжен анализ химического состава снежного покрова с целью выявления зависимостей между наличием загрязняющих веществ и уровнем техногенного воздействия в зимний период с 2015 по 2016 годы. Причем для относительно равномерного охвата всей территории города с учетом функционально-

планировочных зон, были исследованы новые участки по сравнению с предшествующим периодом [4].

В целях сравнения результатов исследования с 2015 г., в зимний период 2016 г. соблюдались аналогичные условия отбора проб снега (количество точек, адреса отбора проб, перечень функциональных зон и др.).

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

Таблица 1

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

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

*) В жилой зоне выделено 3 подзоны:

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

жилая СП – кварталы с современной многоэтажной застройкой;

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

В частности, структура отобранных проб снега следующая:

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

- в правобережной части города отобрано – 31 проба снега: жилая зона – 7 проб; промышленная зона – 6 проб; зона рекреации – 4 пробы; транспортная зона – 6 проб, районы перспективной застройки - 6 проб, фоновая - 2 пробы.

Фоновые точки: 1 проба – в черте города на территории санатория им. М. Горького; 2 проба - Рамонский район, СТ «Северный бор» (северное направление).

ние) в 15 км от города. В качестве фонового участка выбраны территории, испытывающие минимальное воздействие на природную среду.

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



Рис.1. Картосхема расположения точек отбора проб снега

Исследования химического состава снега выполнены на следующий день после отбора всех проб на базе аттестованной эколого-аналитической лаборатории факультета географии, геоэкологии и туризма Воронежского госуниверситета.

Пробы снега растапливались при комнатной температуре, а талую воду фильтровали. По осадку, полученному на фильтре, определяли количество взвешенных частиц в отобранной пробе (весовым методом), а в фильтрате определяли следующие показатели: NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- (колориметрический метод);

общая жесткость, Ca^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- (титриметрический); pH (потенциометрический); минерализация и Mg^{2+} (расчетный) [8].

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

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

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

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

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

Наиболее низкие значения pH (5,32-5,65) характерны для проб, отобранных преимущественно в зоне перспективной застройки (точки 35, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44). Однако, точки 36 и 37 характеризуется несколько повышенной величиной pH=6,30-6,06 для данной зоны. Видимо, это связано с тем, что пробы снега отбирали по ул. Московский проспект 90/1 (за рынком «Воронежский» (точка 36) и по ул. Антонова-Овсеенко (точка 37). На отобранные пробы снега оказывают сильно влияние расположенные вблизи крупные автомагистрали, поэтому данные пробы скорее можно отнести к транспортной зоне. Тогда полученные результаты хорошо согласуются со значениями величины pH, характерными для транспортной зоны.

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

Следует отметить, что в пробах снега 2016 г. содержание взвешенных веществ в среднем составляет 52,66 мг/л, что значительно меньше по сравнению с результатами 2015 г. (182,23 мг/л). Однако, делать заключение, что это связано с уменьшением запыленности атмосферы в г. Воронеже не совсем кор-

ректно. На результаты анализов могли повлиять условия накопления снегом загрязняющих веществ, так как зимы последних лет аномальные и даже в январе наблюдались положительные температуры и оттепель.

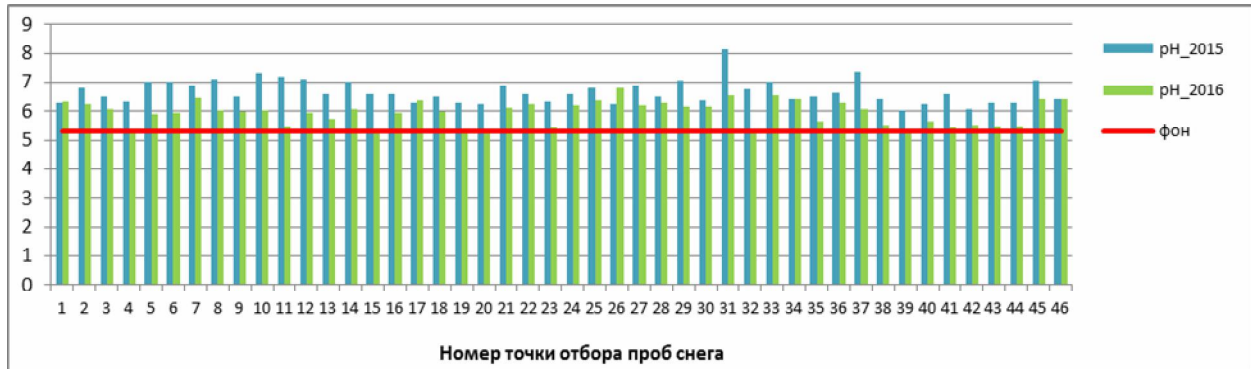


Рис. 2. Изменение величины pH в пробах снега

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

Из графика на рисунке 3 видно, что наиболее высоким содержанием взвешенных веществ (от 149,94 до 248,09 мг/л) отличаются несколько проб снега: в промышленной (точка 5), транспортной (точка 33), жилой зоне «СП» (точка 45) и даже в двух точках зоны рекреации (точки 30 и 34). Однако, следует отметить, что точка 30 расположена по ул. 9 Января, поэтому испытывает сильное воздействие автомобильных выбросов и противогололедных материалов, в частности, песко-соляной смеси.

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

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

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

Наименьшие значения общей жесткости талой воды (от 0,053 до 0,098 ммоль/л) зафиксированы в точках транспортной (точки 10, 11, 16), промышленной (точки 2, 12, 14, 32), жилых зонах «ЦИ» и «СП» (точки 1, 3, 18,

23), зоне рекреации (точки 15, 19), а также в зоне перспективной застройки (точки 38, 40, 42, 43, 44).

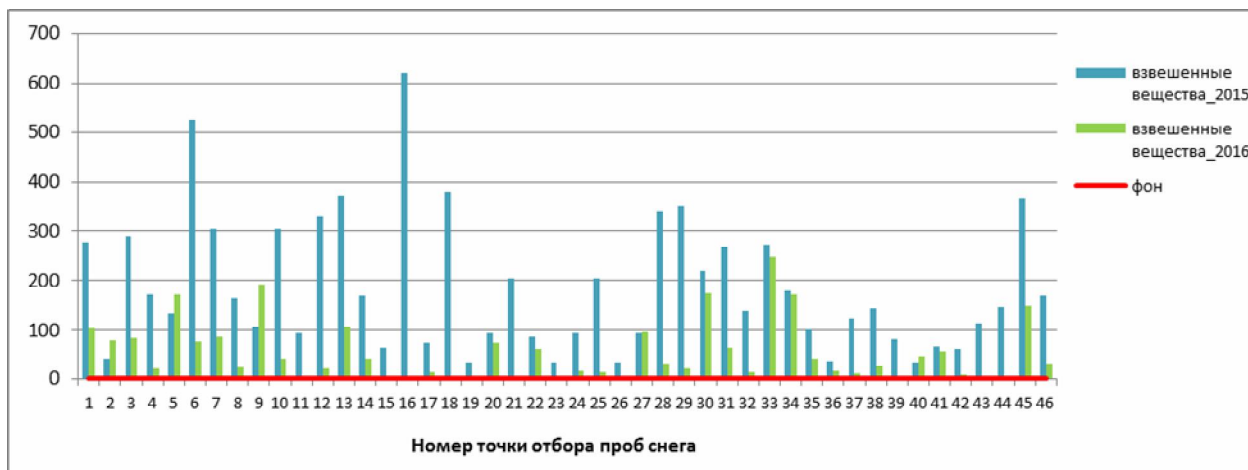


Рис. 3. Изменение содержания взвешенных веществ в пробах снега (мг/л)

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

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

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

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

Средние значения минерализации (от 200 до 400 мг/л) характерны, прежде всего, для проб, отобранных в транспортной зоне (точки 6, 8, 10, 21, 33), в промышленной зоне (точки 12, 27, 28, 32), а также проб снега, отобранных в жилой «ЦИ» (точки 3, 9), жилой «ЧС» (точка 13), жилой «СП» (точки 18, 23, 45) и зоне рекреации (точки 4, 20, 26). Следует отметить, что некоторые пробы снега, отобранные в жилой зоне и зоне рекреации, имеют повышенные

показатели минерализации (до 400 мг/л), так как все они располагаются недалеко от автомагистралей города: например, от ул. 25 Января (точка 18), ул. Транспортная (23), ул. Грамши (45), по ул. Ворошилова (точка 9) и ул. Героев Стратосферы (3).

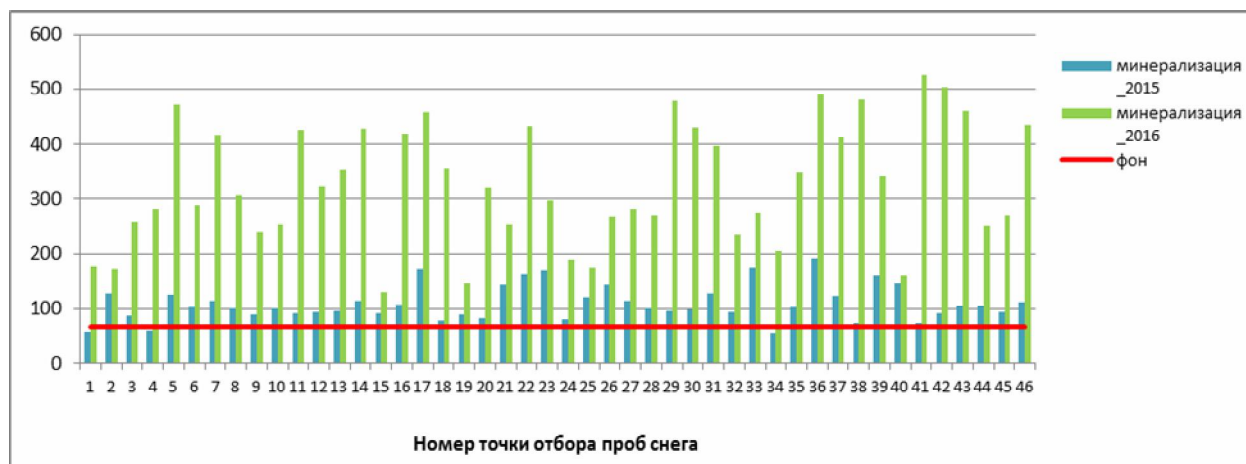


Рис. 4. Изменение величины минерализации талой воды (мг/л)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Таким образом, мониторинг загрязнения химического состава снежного покрова на территории города позволил сделать следующие основные выводы.

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

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

3. Согласно временной динамике, наблюдается тенденция увеличения минерализации снежных проб, содержания в них основных анионов и катионов (SO_4^{2-} , HCO_3^- , Cl^- , NH_4^+). Это свидетельствует о росте техногенной нагрузки на городскую среду.

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

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

ЛИТЕРАТУРА

1. Генеральная схема очистки территории городского округа город Воронеж. – Воронеж, 2011. – 186 с.
2. Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов металлами по их содержанию в снежном покрове и почвах. - М.: ИМГРЭ, 1990. - 14 с.
3. Прожорина Т.И. Аэротехногенный мониторинг состояния городской среды по загрязнению снежного покрова (на примере города Воронежа) / Т.И. Прожорина, Е.В. Беспалова, С.А. Куролап, П.М. Виноградов // Вестник Волгогр. гос. ун-та. Серия 11, Естеств. науки. – 2014. – №3(9). – С. 28-34.
4. Прожорина Т.И. Мониторинг загрязнения снежного покрова / Т.И. Прожорина, Е.В. Беспалова // Экологическая оценка и картографирование состояния городской среды : Сб. науч. статей / Под общ. редакцией С.А. Куролапа и О.В. Клепикова. – Воронеж, 2014. – С.107-117.
5. Прожорина Т.И. Оценка загрязнения атмосферного воздуха г. Воронежа по состоянию снежного покрова // Т.И. Прожорина, Н.И. Якунина // Астраханский вестник экологического образования. – 2014. – №1(27). – С. 111-114.
6. Прожорина Т. И. Оценка состояния снежного покрова г. Воронежа по данным химического анализа талой снеговой воды / Т.И. Прожорина, Е.В. Беспалова, Н.И. Якунина // Принципы экологии. – 2014. – Т. 3. – № 1. – С. 14-19.
7. Экогеохимия городских ландшафтов / Под ред. Н.С. Касимова. – М. : Изд-во МГУ им. М.В. Ломоносова, 1995. – 336 с.
8. Эколого-аналитические методы исследования окружающей среды: учеб. пособие / Т.И. Прожорина, Н.В. Каверина, А.Н. Никольская и др. – Воронеж: Издательство «Истоки», 2010. – 304 с.

АКУСТИЧЕСКОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ : ШУМОВОЙ ФОН

/10/

Основным источником акустического загрязнения окружающей среды города Воронежа служит автотранспортный шум (около 80% всего шумового фона в городе) [2]. Это объясняется наличием интенсивных транспортных потоков практически на всех крупных и средних автомагистралях.

Параметром оценки шума, создаваемого автотранспортными потоками на территории города и используемого для шумовой характеристики транспортных потоков, является уровень шума, измеряемый в дБ (п. 1.2 ГОСТ 20444-85 «ШУМ. Транспортные потоки. Методы измерения шумовой характеристики»). Этот параметр используется в нормативно-технической документации как гигиенический норматив шума.

В течение 2016-2018 гг. нами систематически проводились натурные измерения шума в зонах влияния автомобильных дорог с различной интенсивностью транспортного потока. В ходе работы были произведены фактические замеры шума на 32 улицах (таблица) [2]. Превышения норм шума определялись с помощью СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки». Согласно указанному нормативу, допустимыми считаются уровни звука уличного движения, не пре-

вышающие днем (с 7 до 23 ч) 55 дБ и ночью (с 23 до 7 ч) 45 дБ у стен домов и 70 дБ днем и 60 дБ ночью на территориях, непосредственно прилегающих к жилым домам, поликлиникам, домам отдыха и иным сооружениям (гостиницы и общежития 75 дБ и 65 дБ соответственно). В соответствии с санитарными нормами, шум, создаваемый средствами автомобильного транспорта, допускается принимать на 10 дБ выше указанных значений. По результатам натурных измерений была создана картосхема шумовой нагрузки г. Воронежа. По полученным данным существенные превышения уровня звука (свыше 80 дБ) периодически отмечаются на улицах: Остужева, Ленинский проспект, Ломоносова, Тимирязева, Лизюкова, Хользунова, Беговая, 45 Стрелковой Дивизии, 60 Армии, Бульвар Победы, Московский проспект, проспект Революции, Владимира Невского, Транспортная, Холмистая, Куцыгина, Кольцовская, проспект Труда.

Данные улицы являются основными транспортными «артериями» города, здесь отмечается наиболее высокая интенсивность движения. Уровни шума здесь превышают гигиенические нормы почти на 10 дБ на территориях, прилегающих к жилым зданиям, больницам и иным сооружениям (см. табл.).

Уровни шума на улицах г. Воронежа в различные сезоны года

№ п/п	Улица	Уровень шума /дБ/		
		Осень	Зима	Весна
1	пр-т Ленинский	87.1	88.0	89.8
2	Остужева	87.6	85.2	80.5
3	Ленинградская	77.3	78.4	74.3
4	Кривошеина	79.4	77.9	72.2
5	Ломоносова	85.9	86.7	80.1
6	Тимирязева	82.4	80.8	78.8
7	Хользунова	81.9	83.5	79.3
8	Лизюкова	84.3	86.7	81.2
9	Шишкова	79.5	81.3	76.1
10	Беговая	81.6	82.0	77.1
11	45 Стрелковой Дивизии	83.7	82.6	80.4
12	60-й Армии	83.3	81.1	74.6
13	Бульв. Победы	82.2	80.6	78.5
14	пр-т Московский	84.5	83.9	75.5
15	пр-т Революции	82.8	82.4	86.9
16	Вл. Невского	81.8	82.4	81.8
17	Транспортная	84.1	85.1	84.0
18	Донбасская	79.2	82.2	82.0
19	Орджоникидзе	75.0	71.7	70.7
20	Холмистая	88.2	86.4	87.0
21	Конструкторов	73.9	81.5	67.8
22	пер. Балтийский	61.2	57.8	53.2
23	пер. Ботанический	55.1	55.4	55.0
24	Куколкина	62.4	60.9	64.2
25	Куцыгина	83.1	84.0	78.5

26	Дарвина	68.8	65.9	66.3
27	Арзамасская	79.0	78.5	74.0
28	пр-т Рабочий	79.4	79.4	79.4
29	Кулибина	80.7	76.7	70.0
30	Ворошилова	81.1	77.8	72.0
31	Кольцовская	86.8	88.0	85.0
32	пр-т Труда	82.7	84.6	80.4

В некоторых районах транспортные магистрали проходят в непосредственной близости от жилых зданий (например, Рабочий проспект, где расстояние от края полотна дороги до стен жилых домов не более 10 м). В таких районах нормой является шум, не превышающий величину в 55 дБ. В настоящее же время на этих улицах создаются значительные превышения, которые достигают 25-30 дБ. Это свидетельствует о том, что население, проживающее вблизи таких автодорог, испытывает большой дискомфорт. Подобный уровень акустической нагрузки может оказывать серьезное негативное влияние на здоровье граждан [3].

На остальных исследованных улицах превышений (свыше 80 дБ) допустимых значений уровня шума на территориях близ жилой и общественной застройки не отмечено. Самыми «тихими» улицами являются: переулок Балтийский, переулок Ботанический, улица Конструкторов, Куколкина, Дарвина. Здесь уровни шума колеблются в пределах от 50 до 69 дБ.

Оценка уровней шума в различные сезоны года позволила сделать вывод о том, что уровни шума на крупных магистралях увеличивались в осенне-зимнее время и снижались в весеннее время. Такую ситуацию можно объяснить тем, что в это время дополнительный шум исходит от более жесткой зимней резины автомобилей (оборудованной шипами). Кроме того, в холодное время года на проезжей части нередко образуется наледь, для устранения которой на дорогах применяется противогололедные реагенты. Применение подобных реагентов устраняет проблему наледи, но создает на дорожном покрытии «слякоть», значительно повышающую уровень шума. Отсутствие зимой листвы зеленых насаждений существенно усугубляет сложившуюся проблему сверхнормативной акустической нагрузки. В весеннее же время отмечается начало периода вегетации, смена зимней резины на более мягкую «нешипованную» летнюю, увеличение скорости транспортного потока и, как следствие, снижение шумового фона в городе.

Согласно классификации улиц по категориям загруженности автотранспортом [2] магистрали, которые относятся к категориям 1Б, 2Б, 2В, 2Г характеризуются как «непереносимо шумные» и относятся к 6 классу шумности. Улицы категории 3А относятся к 4 классу и являются «очень шумными», категории 3Б характеризуются как «сверхшумные» и относятся к 5 классу шумности, категории 3В относятся ко 2 классу шумности и определены как улицы повышенной шумности, категории 3Г – шумные – 3 класс шумности, категории 3Д – малошумные – относятся к 1 классу шумности.

Анализ акустического фона города в целом показывает, что вполне комфортными для проживания являются следующие районы: Ленинский, Центральный (район Агроуниверситета), Коминтерновский (район 3 поликлиники) и Железнодорожный районы (мкрн. Отрожка) – здесь шумовая нагрузка в основном не превышает пределы установленной нормы. Неблагоприятными являются Коминтерновский (кроме района 3 поликлиники), Советский, Левобережный и Центральный (кроме района Агроуниверситета) районы. Уровень шума в этих районах превышает норму и вызывает необходимость проведения мероприятий для снижения акустического давления для достижения нормативных показателей шума и комфорта проживания граждан.

Результаты оценки риска для здоровья от воздействия шумового фактора подтверждаются данными Управления Роспотребнадзора по Воронежской области. В ряде районов риск для здоровья городского населения при существующих уровнях шума от автомобильного транспорта превышает приемлемые величины [1]. Наиболее высокие показатели риска для здоровья от воздействия транспортного шума характерны для заболеваний сердечно-сосудистой системы. По мере увеличения возраста (вероятной продолжительности времени воздействия) от 10 до 35 лет уровень риска оценивается как средний (величины риска составляют от 0,051 до 0,342 единиц), от 40 до 45 лет – как высокий (от 0,352 до 0,591), от 50 до 70 лет – как экстремальный (от 0,607 до 1). За последние годы наибольший удельный вес в структуре обращений граждан на неблагоприятные условия проживания из числа факторов физической природы (шум, вибрация, параметры микроклимата, электромагнитные поля, освещенность) обусловил шум (около 60%).

На проблемных территориях целесообразно провести мероприятия по снижению шумовой нагрузки: установить шумозащитные экраны; где возможно достигнуть усиление шумозащитных качеств зеленых насаждений путем специальных многорядных посадок; осуществить перераспределение транспортных потоков из жилого сектора на новые скоростные автомобильные дороги, преимущественное размещение которых должно проектироваться в санитарно-защитных зонах предприятий, на нарушенных и неудобных землях, в зонах малоэтажной застройки с установкой шумозащитных экранов [1].

В новых стоящихся микрорайонах перспективно применение вдоль магистралей жилых зданий специальных типов, выполняющих роль шумозащитных экранов, имеющих специальную планировку квартир, в которых подсобные помещения, кухни и лестничные клетки (т.е. помещения, которые не предназначены для отдыха людей) обращены в сторону шумной магистрали.

Естественно, что реализация таких масштабных задач требует не только грамотных градостроительных решений, но и больших организационно-технических усилий и финансирования. Данные задачи необходимо решать в контексте общего развития города в комплексе с другими проектными решениями, обеспечивающими комфортную, экологически и гигиенически безопасную городскую среду обитания.

Полученные результаты являются объективной информацией и могут быть использованы при планировании развития селитебных территорий; обос-

новании адресных управленческих решений, направленных на снижение уровня риска здоровью населения, связанного с воздействием автотранспортного шума.

ЛИТЕРАТУРА

1. Клепиков О.В. Проблема городского автотранспортного шума и пути её решения // О.В. Клепиков, Н.П. Мамчик, Н.Ю. Самодурова // Медико-экологическая диагностика состояния окружающей среды города Воронежа. – Воронеж, 2017. – С. 58 – 70.
2. Куролап С.А. Оценка экологического риска от воздействия автотранспортного комплекса в крупных городах Центрального Черноземья / С.А. Куролап, А.Б. Якушев, П.М. Виноградов, А.П. Карпова // Экогеохимия и биоиндикация техногенных рисков территорий интенсивного антропогенного освоения. – Воронеж, 2018. – С. 6-40.
3. Чубирко М.И. Гигиеническая оценка шумового фактора крупного города / М.И. Чубирко, Ю.И. Степкин, О.В. Середенко // Гигиена и санитария. – 2015. – №94(9). – С. 37-38.

СОСТОЯНИЕ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ: РАЗМЕЩЕНИЕ И ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ РОДНИКОВ /11/

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 [3, 7].

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 [2].

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 [8].

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, проведённых в январе 2015 года, 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 [2].

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 провели инвентаризацию всех родников г. Воронежа и его окрестностей, по результатам кото-

рой 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, затянuty 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. 1).

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. 2). 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.

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 ($\text{ПДК} \leq 350 \text{ мг/л}$), сульфатов SO_4^{2-} ($\text{ПДК} \leq 500 \text{ мг/л}$), железа общего ($\text{ПДК} \leq 0,3 \text{ мг/л}$). Определяются токсичные ингредиенты (мг/л) - нитраты NO_3^- ($\text{ПДК} \leq 45 \text{ мг/л}$), азот аммонийный NH_4^+ ($\text{ПДК} \leq 9,1 \text{ мг/л}$), нитриты NO_2^- ($\text{ПДК} \leq 3,3 \text{ мг/л}$). 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 ($\text{pH}=6,5-8,5$), общей жесткости ($\text{ПДК} \leq 7 \text{ мг-экв/л}$).



Родник «Митрофановский»



Родник в ЦПКО «Динамо»



Родник №2 в поселке Рыбачий



Родник «Маяк» в поселке Тепличный



Родник «Святого
Тихона Чудотворца»



Родник у санатория им. М. Горького

Рис. 1. Хорошо обустроенные родники (фото 2017 г.)



Родник №1 в поселке Рыбачий



Родник «Факел» в в поселке Тепличный



Родник «Шиловский»



Родник «ВОГРЭСовский»



Родник «Подгоренский»



Родник у кладбища «Лесное»

Рис. 2. Плохо обустроенные родники (фото 2017 г.)

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) [9].

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 [6].

Существует ряд рекомендаций по оборудованию и охране источников [4].

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. сооружение, 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.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бугреева М.Н. Каталог родников города Воронежа / М.Н Бугреева, В.Л. Бочаров, С.А. Шатохина.- Воронеж: Изд-во ВГУ, 2001. – 42 с.

2. Доклад о государственном надзоре за использованием природных ресурсов и состоянием окружающей среды Воронежской области в 2015. – Воронеж : Управление Роспотребнадзора по Воронежской области, 2016. – 146 с.

3. Курдов А.Г. Родники Воронежской области: формирование, экология, охрана / А.Г. Курдов – Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 2000. – 126 с.

4. Кумачов Ю.В. Родник под защитой / Ю.В. Кумачов // Наука и жизнь. – 2001. – №4. – С. 31-32.

5. СанПиН — 2.1.4.1175-02 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества: санитарные правила и нормы». – 2002. – с.

6. Смирнова А.Я. Грунтовые воды и их естественная защищенность от загрязнения на территории Воронежской области / А.Я. Смирнова, Л.В. Умняков, В.М. Гольдберг. – Воронеж : Изд-во Воронеж. ун-та, 2002. – 108 с.

7. Смирнова А.Я. Экология подземных вод бассейна Верхнего Дона / А.Я. Смирнова, А.И. Бородкин. – Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 2003. – 187 с.

8. Шевченко Л.П. Кто спасет родники и реки? / Л.П. Шевченко // Бумеранг. – 1999. – № 11 (170). – С. 4.

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

ХИМИЧЕСКОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ГОРОДА ВОРОНЕЖА /12-15/

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 [1].

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. Методика №451-РС. Отраслевая методика III категории точности (Почвы, донные осадки, горные породы);
- для определения нефтепродуктов - метод хлороформ-гексановой экстракции (ПНД Ф 16.1.41-04).

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.

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 Шилово – 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 «Рудгормаш» и Масловская промзона. Также следует отметить влияние выбросов производственного комплекса ОАО «Воронежсинтезкаучук», использующего большие объёмы 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 [1].

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 инструментальных 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). 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 грузо потокам 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 рентгенфлуоресцентного 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 грузо потокам перекрестках города и зонах промышленного влияния. Эта тенденция отмечается на протяжении всего периода мониторинга (рис. 2). 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 [2-5].

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 [9, 10].

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 примагистральных 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.

ЛИТЕРАТУРА

1. Середа Л.О. Эколого-геохимическая оценка техногенного загрязнения почвенного покрова промышленных городов / Л.О. Середа, С.А. Куролап, Л.А. Яблонских. – Воронеж: Изд-во «Научная книга», 2018. – 196 с.

РАДИАЦИОННЫЙ ФОН ГОРОДА ВОРОНЕЖА

/16/

Оценка радиационного фона на территории города Воронежа проведена в зимний период (февраль) 2016 года в пунктах отбора снежного покрова для эколого-геохимических исследований [1].

В качестве измерителя уровня радиоактивного загрязнения применяли портативный дозиметр-радиометр МКС-01СА1Б.

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

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

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

Известно, что уровень радиоактивного загрязнения, основанный на измерении дозы гамма излучения, для открытой местности должен быть не более 0,2-0,3 мкЗв/час. Вариации замеров дозы гамма-излучения проб снега (радиационный фон) составили в основном от 0,06 до 0,22 мкЗв/час и лишь в одном пункте наблюдений – в транспортной зоне вблизи перекрестка улиц Кирова – 20 лет Октября - Ворошилова радиационный фон превысил уровень 0,3 мкЗв/час, достигнув предельно допустимого – около 0,4 мкЗв/час.

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

ЛИТЕРАТУРА

1. Прожорина Т.И. Оценка техногенного загрязнения города Воронежа по результатам мониторинга химического состава снежного покрова / Т.И. Прожорина, Н.И. Якунина // Экологическая оценка состояния городской среды. – Воронеж, 2016. – С. 48-61.

БИОТЕСТИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ГОРОДА ВОРОНЕЖА

/17-19/

Фитотоксичность является одним из наиболее информативных показателей оценки суммарного техногенного загрязнения. С помощью данного метода можно выявить токсичное действие загрязняющих веществ или стимулирующее влияние, активизирующее развитие тест-культур. Для оценки степени загрязнения почвенного покрова нами использованы следующие растения-индикаторы: кресс-салат (*Lepidium sativum*) и овес посевной (*Avena sativa*). Биологические тесты на прорастание семян успешно применяются для установления воздействия различных физиологически активных веществ. В качестве биотестов использовали однодольное и двудольное растения, по которым следили за морфологическими изменениями качественных показателей под влиянием действия поллютантов: энергии прорастания, всхожести семян, длины главного корня, длины проростка, общей биомассы [1].

Исследования загрязненности почвы с помощью растений-индикаторов в 2014-2018 г. на проростках кресс-салата (*Lepidium sativum*) и овса посевного (*Avena sativa*) показали, что почвенный покров в промышленной и транспортных зонах города подвержен сильному загрязнению, что подтверждается высоким уровнем фитотоксичности. Определение фитотоксичности почвы в жилой

зоне показало, что она находится на уровне 40%, что свидетельствует о среднем (умеренном) уровне загрязнения.

Для образцов почвы, отобранных в зонах рекреации и фоновых участках, характерны высокая всхожесть и хорошее развитие проростков овса и кресс-салата. Почвенный покров в этих зонах не подвержен существенному загрязнению. Напротив, в образцах почв из промышленной и транспортной зон города отмечалось сокращение длины корневой системы. Проростки растений на этих образцах почвы были тонкие и короткие.

Загрязнение нефтепродуктами и тяжелыми металлами, по-видимому, привело к резкому снижению таких качественных показателей тест-объектов как всхожесть, рост и развитие проростков.

По результатам исследований овес посевной (*Avena sativa*) оказался более чувствительным к техногенному загрязнению; напротив, кресс-салат (*Lepidium sativum*) является более выносливым видом, т.к. отмечается хорошая всхожесть семян и небольшие деформации в процессе развития [1].

Повышенный уровень фитотоксического эффекта отмечался в зонах жилой современной многоэтажной застройки. Это обусловлено дефицитом мест для парковки автомобилей и использованием внутридворовых участков жилой зоны в качестве автомобильных стоянок, что приводит к загрязнению почв нефтепродуктами и тяжелыми металлами от выбросов автотранспорта в микрорайонах повышенной этажности.

Оценка уровня фитотоксического эффекта (ФЭ) показала, что фитотоксичность почв в транспортной зоне очень высокая и составляет около 70-80 %, а в некоторых точках достигает 100%. Сравнивая уровень ФЭ почвы в разных районах города, мы видим, что в зависимости от антропогенной нагрузки ФЭ городских почв изменяется в широком диапазоне: от 10-20% в парковой зоне до 50-60% в центре города и до 70-80% в промышленных зонах.

Слабое загрязнение почвенного покрова отмечается по результатам исследования в зоне рекреации. В зоне перспективной застройки отмечается средний уровень загрязнения почвенного покрова.

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

Результаты биотестирования уличного смета показали высокий уровень ФЭ для обоих тест-растений.

Нами было отмечено следующее: в большинстве образцов наблюдалась высокая всхожесть на 3-4 день, высокая длина стеблей, но на 6-7 день исследования отмечалась гибель тест-растений, а оставшаяся часть тест-растений была

очень слабой. Эта особенность снова подтверждает тот факт, что высокое содержание тяжелых металлов провоцирует повышенный рост растений, но оказывает негативное влияние на рост и развитие растений.

Причем, в верхних почвенных горизонтах наблюдаются максимальный рост и развитие растений, что обеспечивают следующие условия: низкая концентрация тяжелых металлов и благоприятные свойства почвенного покрова.

С глубиной отмечается изменение морфологических показателей: тест-растения становятся тонкими, невысокими. Но на уровне 150-160 см снова отмечаются высокие показатели всхожести и энергии прорастания. На этом уровне преобладает песчаная структура, что обеспечивает хорошую всхожесть и развитие растений.

Низкие уровни фитотоксического эффекта, а, следовательно, слабое загрязнение характерно для верхних горизонтов почвенного покрова до глубины примерно 40 см, на глубине 80-100 см отмечается высокое загрязнение и высокий уровень фитотоксичности, что подтверждается исследованиями на содержание тяжелых металлов. Именно на этой глубине отмечаются повышенные концентрации тяжелых металлов (Zn, Pb, Cr, Ni).

Результаты мониторинга почвенного покрова с применением методов биотестирования и картографирования позволили выделить районы с интенсивной техногенной нагрузкой и высоким уровнем загрязнения почвенного покрова. Так, неблагополучная ситуация отмечается в районах перспективной застройки в Отрадном и Шилово, а также в транспортной и промышленных зонах города. Зонами, подверженными экологическому риску, являются территория Масловской промышленной зоны, участки окружной дороги по ул. Антонова-Овсеенко, район Отрожки под влиянием вагоноремонтного завода и транспортных потоков города. Наиболее неблагополучные внутригородские районы по данным биотестирования - Левобережный, Ленинский и Железнодорожный. Данные результаты в целом согласуются с выводами, полученными в результате исследований почвенного покрова на нефтепродукты и тяжелые металлы [1].

Таким образом, можно сделать следующие выводы по результатам анализа биотестирования:

- среди исследуемых тест-культур в качестве растений-индикаторов /овес посевной (*Avena sativa*) и кресс-салат (*Lepidium sativum*)/ наиболее чувствительной к антропогенному загрязнению тест-культурой является овес посевной;
- стрессовая реакция растений овса близка к прямо пропорциональной по отношению к степени воздействия: чем больше загрязнена среда, тем всхожесть меньше;

- ранняя диагностика степени загрязнения почв, использующая в качестве тест-системы проростки овса посевного, может успешно применяться для оперативной оценки влияния нефтепродуктов, тяжелых металлов и других загрязняющих веществ на активность прорастания и развития тест-растений.

- повышение фитотоксичности тест-растения овса посевного происходит по мере увеличения антропогенной нагрузки в следующей последовательности: рекреационная зона < жилая зона < транспортная зона < промышленная зона.

Территория промышленной зоны отличается наибольшим уровнем неблагоприятного техногенного воздействия.

Эффективным подходом для определения степени токсичности является использование методов токсикологического анализа на примере тест-культуры «Хлорелла» (*Chlorella vulgaris*). Результаты исследования показали, что для почвенных образцов, отобранных в промышленной зоне, характерно в основном превышение критерия токсичности, что составляет в среднем 30-50%. Это стимулирует рост тест-культуры.

В ряде точек в промышленной зоне, напротив, отмечается подавление роста тест-культуры (ул. Землячки, 1; ул. Лебедева, 2).

Картографирование уровней относительной токсичности на тест-культуре «*Chlorella vulgaris*» по результатам мониторинга почвенного покрова показано:

- 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 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.);

- исследование влияния 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%;

- 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). Следует 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 по ул. Грамши, 25 в транспортной зоне города, где происходит увеличение роста тест-культуры до 92%. Это, видимо, связано с интенсивным транспортным потоком на улице. Во многих точках зоны рекреации отмечено подавление тест-культуры до 59% (парк Динамо, ул. Дарвина, Петровская набережная). В этих точках отмечено повышенное содержание нефтепродуктов около 600-900 мг/кг.

В целом анализ показателей относительной токсичности на примере тест-культуры «Хлорелла» (*Chlorella vulgaris*) показал, что повышение токсичности происходит по мере увеличения автотранспортного воздействия в следующей последовательности: жилая зона < рекреационная зона < промышленная зона < транспортная зона. Территория транспортной зоны отличается наибольшим уровнем неблагоприятного техногенного воздействия.

Следует отметить, что о высоком уровне загрязнения свидетельствуют как подавление, так и стимуляция роста тест-культуры. Применение методов токсикологического анализа позволяет получать и анализировать необходимую дополнительную информацию о состоянии почв помимо оценки химического загрязнения почвенного покрова города.

ЛИТЕРАТУРА

1. Середа Л.О. Эколого-геохимическая оценка техногенного загрязнения почвенного покрова промышленных городов / Л.О. Середа, С.А. Куролап, Л.А. Яблонских. – Воронеж: Изд-во «Научная книга», 2018. – 196 с.

СОСТОЯНИЕ ГОРОДСКОЙ БИОТЫ ВОРОНЕЖА /20-21/

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 [4]. 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 [1] (таблица).

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

Шкала оценки отклонений состояния организма от условной нормы [1]

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

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.

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.

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. Матросова (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). Большей 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 за-

стройкой.

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 левобережной 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 [2] 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».

ЛИТЕРАТУРА

1. Захаров В.М. Биотест. Интегральная оценка здоровья экосистем и отдельных видов / В.М. Захаров, Д.М. Кларк. – М. : Московское отд. Международ. фонда «Биотест», 1993. – 68 с.
2. Интегральная экологическая оценка состояния городской среды / С.А. Куролап, О.В. Клепиков, П.М. Виноградов и др. – Воронеж: Изд-во «Научная книга», 2015. – 232 с.
3. Методические рекомендации по выполнению оценки качества среды по состоянию живых существ (оценка стабильности развития живых организмов по уровню асимметрии морфологических структур). – М.: Росэкология, 2003. – 25 с.
4. Опекунова М.Г. Биоиндикация загрязнений : Учебное пособие / М.Г. Опекунова. – СПб. : Изд-во С.-Петербургского университета, 2004. – 266с.

АНАЛИЗ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ НАСЕЛЕНИЯ МАССОВЫМИ И СОЦИАЛЬНО ЗНАЧИМЫМИ НЕИНФЕКЦИОННЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ /22-33/

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 различия на отдельных территориях. В этой связи, для выявления территорий риска необходима более детализированная информация.

Целью исследования являлось выявление внутригородских территорий риска на основе оценки среднесноголетнего уровня и динамики заболеваемости населения за 2013-2017 гг.

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.

Анализ заболеваемости детей в возрасте до 14 лет проведен по территориям обслуживания 11 детских поликлиник, обслуживающих около 157 тыс. детей:

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):

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.

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).

По результатам расчета среднего многолетнего уровня (СМУ) заболеваемости за период 2013-2017 гг. и последующего ранжирования на три уровня (высокий, средний, низкий), были определены внутригородские территории «риска» по следующим показателям:

Состояние здоровья взрослого населения: общая заболеваемость;
 Состояние здоровья взрослого населения: новообразования;
 Состояние здоровья взрослого населения: болезни органов дыхания
 Состояние здоровья взрослого населения: болезни органов пищеварения;
 Состояние здоровья взрослого населения: болезни крови;
 Состояние здоровья взрослого населения: болезни мочеполовой системы;
 Состояние здоровья детского населения: общая заболеваемость;
 Состояние здоровья детского населения: болезни органов дыхания;
 Состояние здоровья детского населения: болезни органов пищеварения;
 Состояние здоровья детского населения: болезни крови;
 Состояние здоровья детского населения: болезни мочеполовой системы;
 Состояние здоровья детского населения: врожденные аномалии развития.

Анализ многолетней информации об уровнях заболеваемости населения свидетельствует о многогранности проблемы сохранения здоровья жителей промышленно-развитого города.

Исследования последних лет достоверно показывают, что здоровье населения в значительной степени зависит от состояния окружающей среды, природных и социальных факторов [1-7].

Выявленная территориальная контрастность городской территории по изучаемым массовым неинфекционным заболеваниям необходима для более

эффективного обоснования принятия решений по профилактике заболеваемости. 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 и экологии помогут в улучшении среды обитания на территории города Воронежа, что станет ещё одним шагом в охране здоровья населения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Доклад о состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия в городском округе город Воронеж в 2016 году – Воронеж: Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Воронежской области, 2017. – 123 с.
2. Евдокимов В.И. Проблемы инновационных исследований в гигиене / В.И. Евдокимов, В.И. Попов, А.Н. Рут // Гигиена и санитария. – 2015. – Т.94. – №9. – С. 5-8.
3. 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.
4. 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. – № 8 (4). – С. 146-167.
5. 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.
6. Онищенко Г.Г. Анализ риска здоровью в задачах совершенствования санитарно-эпидемиологического надзора в Российской Федерации / Г.Г. Онищенко, А.Ю. Попова, Н.В. Зайцева, И.В. Май, П.З. Шур // Анализ риска здоровью. – 2014. – № 2. – С. 4-13.
7. Стёпкин Ю.И. Техногенные факторы окружающей среды и риск здоровью населения / Стёпкин Ю.И., Механтьева Л.Е., Мамчик Н.П., Самодурова Н.Ю. – Воронеж: Изд-во «Научная книга», 2017. – 318 с.

КОМФОРТНОСТЬ МИКРОКЛИМАТА ГОРОДА ВОРОНЕЖА

/34/

Экологические проблемы городов во многом связаны с качеством воздушного бассейна в условиях прогрессирующего роста городов и усиления техногенного прессинга на окружающую среду. 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 [1]. 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 [2].

Разработка математико-картографической модели интегрального эколого-микроклиматического зонирования проводилась 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 ранее получены 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 . [4]. 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-микроклиматических характеристик в сетке с разрешением ячейки 100 м выделены 6 типов территорий (кластеров).

Интегральное эколого-микроклиматическое зонирование выполнялось по результатам корреляционного анализа в системе связей «микроклиматические 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 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.

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 [5].

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 $K_{атм}=0,25$. 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».

Комфортная эколого-микроклиматическая 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 микроклиматические 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-микроклиматическая зона средней комфортности относится к жилым районам, преимущественно к застройке малой этажности, имеет средние значения расчетных микроклиматических 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-микроклиматическая 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-микроклиматических 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-микроклиматическая зона характеризуется наиболее высокими показателями интенсивности «острова тепла», наименее низким аэрационным потенциалом и средним показателями качества атмосферного воздуха ($K_{атм}=0,44$). Однако совместное воздействие факторов микроклимата и аэротехногенного загрязнения имеет высокий «отклик» в состоянии здоровья детского населения.

Следует отметить, что комфортность микроклиматических 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-микроклиматического зонирования городской среды могут применяться на стадиях проектов районной планировки, генеральных планов, проектов реконструкции городской застройки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Куролап С.А. Экологическая оценка микроклимата и загрязнения воздушного бассейна индустриально-развитых городов Германии и России / С.А. Куролап, Л. Катцшнер, А. Катцшнер, Р. Бюргхардт, И.В. Добрынина, Д.Р. Владимиров // Вестник Воронежского гос. университета. Серия География. Геоэкология. – 2011. – № 2. – С. 7-16.
2. Куролап С.А. Экологическая оценка микроклимата 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. 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.
4. Попова И.В. Вычисление параметров шероховатости и оценка аэрационного потенциала городских территорий / И.В. Попова, Е.В. Любимова, С.А. Куролап // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. – 2018. – № 1 (4). – С. 79-87.
5. Попова И.В. Интегральное эколого-микроклиматическое 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.

ИНТЕГРАЛЬНАЯ МЕДИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА ВОРОНЕЖА

/35/

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 [1].

Основой медико-экологической диагностики состояния городской среды является информация, получаемая в ходе непрерывных, систематических на-

блюдений 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 пространственных данных является картографический в сочетании с автоматизацией всех этапов работы с информацией, т.е. геоинформационный подход, реализованный нами с применением ГИС в среде MapInfo.

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 (1):

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

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

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

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

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 (3) и (4):

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

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

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

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 приемлемости (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 профилактических мероприятий). Риск, равный или более $1 * 10^{-3}$, неприемлем ни для населения, ни для профессиональных групп и требует экстренной профилактики (чрезвычайно опасный, недопустимый риск).

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 медико-экологического картографирования показал, что зоны риска для здоровья населения в городе Воронеже, связанные с геохимическим фоном городской среды, имеют мелкоочаговый характер и приурочены к районам повышенной автотранспортной загруженности (линейные участки: от исторического центра города вдоль улицы 20-летия Октября к 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 стацио-

нарных 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.

Обобщение материалов исследования позволило разработать схему экологического мониторинга с применением геоинформационных технологий как необходимый составной блок городской экологической политики [3]. Её основными принципами должны быть следующие: а) соответствие единой государственной системе экологического мониторинга (ЕГСЭМ); б) системность организации информации, характеризующей состояние окружающей среды и здоровья населения (к числу приоритетных контролируемых сред должны относиться атмосфера, снежный покров, почва и критерии общественного здоровья, в первую очередь, детского населения); в) равномерный и полный охват территории города сетью постов экологического мониторинга; г) унификация критериев экологического мониторинга, связанных с системой экологического нормирования; д) синхронизация систем наблюдения различными природоохранными ведомствами (целесообразно создать единое информационное поле экологического мониторинга на базе объединения информационных потоков различных природоохранных служб, а также статистики областного здравоохранения: локальные базы данных и средства по созданию и ведению информационного обеспечения; единые подходы к расчету рисков для здоровья населения); е) расширение и углубление аналитического блока мониторинга окружающей среды на базе ГИС-технологий; создание картографической базы данных для задач экологического мониторинга; ж) верификация данных инструментальных и расчетных методов с оценкой их 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).

Среди мероприятий, ориентированных на снижение экологического риска на территории города Воронежа, приоритетными являются *модернизация транспортных сетей* города с увеличением их пропускной способности, качества дорожного покрытия, средней скорости движения транспортных средств, в перспективе – развитие электротранспорта и создание линий «легкого метро» по образцу крупных европейских городов; *модернизация технологических процессов*, сокращение выбросов в атмосферу предприятий теплоэнергетики, вынос за границу городской черты ряда промышленных объектов повышенной опасности загрязнения воздушного бассейна; *развитие и реконструкция систем внутригородского и внешнего пригородного озеленения* с созданием экологического каркаса.

Эти меры позволят обеспечить снижение уровней экологического риска и повышение экологической безопасности городской среды обитания.

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. 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.