

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

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ ТЕРРИТОРИЙ ИНТЕНСИВНОГО ТЕХНОГЕННОГО ОСВОЕНИЯ

монография

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

Воронеж
Издательство «Цифровая полиграфия»
2019

УДК 502.55:504.064.2

ББК 20.18

Э40

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках научного проекта № 17-05-00569

Рецензент:

д.г.н., профессор Ф.Н. Лисецкий

(Белгородский государственный национальный исследовательский университет)

Авторский коллектив:

**С.А. Куролап, О.В. Клепиков, Т.И. Прожорина, Е.Ю. Иванова,
Н.В. Каверина, М.А. Клевцова, П.М. Виноградов, Л.О. Середа,
М.К. Кузмичев, Е.М. Студеникина, Л.В. Молоканова,
Л.Н. Хицова, О.А. Гребенникова, Ю.С. Попова**

Э40 Экологические риски территорий интенсивного техногенного освоения: монография / Под общей редакцией проф. С.А. Куролапа и проф. О.В. Клепикова. – Воронеж: Издательство «Цифровая полиграфия», 2019. – 191 с.

ISBN 978-5-907283-09-1

В монографии представлены результаты комплексных геоэкологических исследований, выполненных в рамках научного проекта по гранту Российского фонда фундаментальных исследований №17-05-00569 «Исследование закономерностей формирования эколого-геохимического фона и зон риска для здоровья населения селитебно-промышленных территорий Центрального Черноземья».

На примере ряда селитебно-промышленных территорий Центрального Черноземья (ЦЧР) описаны результаты авторских исследований по оценке роли техногенных факторов в формировании экологической ситуации. Проведена оценка экологического состояния Донского бассейна, малых рек и качества хозяйственно-питьевого водоснабжения Воронежского региона, оценка экогеохимического фона урбанизированных территорий. Результаты получены в ходе обработки эколого-аналитических и полевых экспедиционных эколого-геохимических, радиоэкологических и биоиндикационных исследований с применением геоинформационных технологий.

Комплекс методических подходов к оценке, геоинформационному картографированию и мониторингу селитебно-промышленных территорий повышенной экологической опасности может быть полезен специалистам региональных природоохранных, медико-профилактических ведомств, разрабатывающим целевые программы мониторинга окружающей среды и обеспечения экологической безопасности, а также ученым и студентам вузов, заинтересованным в изучении экологических проблем территории ЦЧР.

© Коллектив авторов, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Введение (<i>Куролан С.А.</i>)	5
Глава 1. Интегральная оценка экологического состояния территорий интенсивного техногенного воздействия: подходы и опыт реализации	6
1.1. Теоретико-методологические основы оценки и мониторинга экологических рисков территорий интенсивного техногенного освоения (<i>Куролан С.А., Клепиков О.В.</i>)	6
1.2. Риск для здоровья населения, обусловленный комплексным воздействием неблагоприятных факторов городской среды обитания (<i>Клепиков О.В., Студеникина Е.М.</i>)	40
Глава 2. Оценка экологических рисков, связанных с качеством хозяйственно-питьевого водоснабжения урбанизированных и сельских территорий	57
2.1. Оценка качества питьевой воды малых городов Воронежской области (<i>Прождорина Т.И., Куролан С.А.</i>)	57
2.2. Гидрохимическая оценка качества питьевого водоснабжения в пределах города Новохоперск и его окрестностей (<i>Прождорина Т.И., Гребенникова О.А.</i>)	66
Глава 3. Оценка экологического состояния водных объектов и городской среды методами биоиндикации и биотестирования	74
3.1. Оценка экологического состояния речных экосистем урбанизированных территорий с использованием видов-индикаторов перифитона искусственных субстратов (<i>Молоканова Л.В., Хицова Л.Н., Клепиков О.В.</i>)	74
3.2. Анализ состояния водных экосистем методами биотестирования (<i>Иванова Е.Ю.</i>)	79
3.3. Оценка состояния городской среды биоиндикационными методами (на примере города Богучар Воронежской области) (<i>Клевцова М.А., Попова Ю.С.</i>)	97

Глава 4. Радиоэкологические исследования на территории города Воронежа (Клепиков О.В., Кузмичев М.К.)	117
Глава 5. Экогеохимия урбанизированных территорий	126
5.1. Геохимия территорий интенсивного промышленно-транспортного освоения (Каверина Н.В.)	126
5.2. Экогеохимические исследования почвенного покрова на территории города Воронежа (Середа Л.О., Куролан С.А.)	155
Глава 6. Геоинформационное картографирование селитебно-промышленных территорий: опыт практической реализации (Виноградов П.М.)	174
Заключение (Куролан С.А.)	189

ВВЕДЕНИЕ

Центрально-Черноземный регион – территория интенсивного антропогенного освоения с многочисленными источниками опасных техногенных рисков. Их выявление, оценка и мониторинг служат одним из условий обеспечения экологической безопасности и устойчивого социально-экономического развития региона, что подчеркивается в «Стратегии экологической безопасности России до 2025 г.», утвержденной указом Президента РФ 19.04.2017.

Результаты исследований, представленные в настоящей коллективной монографии, являются логическим продолжением многолетних экогеохимических, радиоэкологических и биоиндикационных исследований, выполняемых совместно учеными Воронежского государственного университета, Воронежского государственного университета инженерных технологий и Центра гигиены и эпидемиологии в Воронежской области. В качестве модельного региона выбраны селитебно-промышленные территории в пределах Воронежской области – региона интенсивного техногенного освоения, где сосредоточены многочисленные источники повышенной экологической опасности с ведущим химическим фактором воздействия на окружающую среду: Воронежская городская агломерация, Россошанская и Лискинская урбанизированные зоны, территория Верхнедонского речного бассейна и территории некоторых других малых городов и сельских поселений региона.

Методология исследований базируется на комплексных экспедиционных, лабораторно-инструментальных эколого-геохимических, радиоэкологических, биоиндикационных и геоинформационно-аналитических исследованиях. Модельные рискологические исследования сопряжены с тематическим геоинформационным картографированием и обоснованием научно-методических принципов регионального экогеохимического мониторинга.

В отдельных главах монографии приведены оригинальные авторские данные по оценке воздействия неблагоприятных экологических факторов на среду обитания и население урбанизированных и агропромышленных территорий, необходимые для обоснования приоритетных управленческих решений по обеспечению экологической безопасности и снижению экологических рисков для здоровья населения.

ГЛАВА 1. ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТЕРРИТОРИЙ ИНТЕНСИВНОГО ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ: ПОДХОДЫ И ОПЫТ РЕАЛИЗАЦИИ

1.1. Теоретико-методологические основы оценки и мониторинга экологических рисков территорий интенсивного техногенного освоения

Анализ региональной экологической ситуации эффективен на основе междисциплинарного факторного подхода, базирующегося на покомпонентной оценке факторов риска, воздействующих на здоровье населения. Теория медицинской экологии рассматривает многие болезни человека как «ответную реакцию» на ухудшение условий существования при воздействии техногенных факторов риска и снижение степени адаптации к среде обитания. Эти взгляды на проблему причинности болезней с экологической точки зрения обоснованы в трудах Г.Г.Онищенко, А.А. Келлера, А.М. Большакова, Ю.Е. Саэт, Б.А. Ревича с соавт. и других ученых [1, 2, 5, 13, 15].

Факторы риска для здоровья населения

Снижение адаптации выражается в специфических реакциях организма на воздействие неблагоприятных вредных и опасных техногенных факторов. Известно, что в процессе адаптации к неблагоприятным изменениям окружающей среды состояние организма человека характеризуется напряжением компенсаторно-приспособительных механизмов, резервы которых со временем истощаются, что выражается в значительном росте так называемых «болезней цивилизации» и в увеличении удельного веса хронических патологических процессов. Так, В.П. Казначеев выделяет особое, специфическое состояние человека, сформировавшееся под влиянием комплекса неблагоприятных факторов среды, которое он назвал *антропоэкологическим напряжением*, предшествующим развитию патологии [1]. Постоянное или продолжительное чрезмерное напряжение приводит к истощению резервных возможностей и к срыву адаптации с возникновением доклинических форм патологии (преморбидных состояний), которые характеризуются

недостаточной приспособляемостью организма к условиям окружающей среды.

Изучение механизмов реакции организма на воздействие вредных факторов среды обитания, прежде всего, ее техногенное химическое загрязнение, показывает, что рост уровня заболеваемости населения при этом носит нелинейный характер. Известно, что первоначальная реакция организма проявляется в стимуляции защитных сил в ответ на действие слабых раздражителей, росте неспецифических реакций, активности процессов обезвреживания ксенобиотиков в организме (фаза «стимуляции»).

Это практически никак не сказывается на статистике заболеваемости населения, однако, в дальнейшем, вследствие перенапряжения защитных систем организма происходит торможение адаптационных процессов, что сопровождается почти скачкообразным ростом уровня неспецифической патологии (фаза «торможения»). По мере роста воздействия включается механизм адаптации, что приводит к стабилизации уровня заболеваемости и иногда даже к ее снижению (фаза «временной адаптации»). При прогрессирующем возрастающем воздействии в дальнейшем происходит срыв механизмов неспецифической адаптации и очередной скачок уровня заболеваемости с возможным летальным исходом (фаза «срыв адаптации»). Причем, только определенное сочетание разнообразных факторов окружающей среды является оптимальным для человека. Если состав или интенсивность воздействия этих факторов меняется, то гармония организма и среды обитания в той или иной степени нарушается. Пороги чувствительности организма индивидуальны, а степень патогенности фактора обычно выявляется на основании действия «закона больших чисел», в больших по численности популяциях.

Появление предпатологических сдвигов в состоянии общественного здоровья населения является вполне информативным показателем в региональных медико-экологических исследованиях. Особенно отчетливо эти закономерности проявляются в урбанизированных регионах, в условиях постоянного воздействия на население неблагоприятных техногенных факторов с сильным медико-биологическим эффектом.

Так, на территориях урбанизированных регионов Урала (Магнитогорск, Челябинск, Екатеринбург) и Южной Сибири (Красноярск, Новокузнецк) часто встречается такой вид предпатологиче-

ских реакций, как нарушение иммунного статуса. Индикатором нарушения иммунного статуса в загрязненных районах, например, служит увеличение числа лейкоцитов в крови при снижении гемоглобина. Этот факт отмечен Ю.Е. Саеом, Б.А. Ревичем с соавт. [2] во многих городах России с повышенным уровнем техногенного давления на среду обитания и, соответственно, высоким загрязнением атмосферы и почв.

В наблюдениях на людях токсические эффекты воздействия вредных факторов проявлялись (после выхода из стадии предпатологии) ранними признаками атеросклероза, нарушением функций опорно-двигательного аппарата, развитием ангио- и полиневритического синдрома, частой заболеваемостью со стороны верхних дыхательных путей, хроническим бронхитом, бронхиальной астмой, аллергодерматозами, а также нарушениями иммунного статуса вплоть до более или менее глубокого иммунодефицита [13].

Важнейшим предпатологическим критерием является биоккумуляция ксенобиотиков как показатель, характеризующий наличие эндогенного риска. Углубленное клинико-лабораторное обследование детей, проживающих в зонах высокого атмосферного и почвенного загрязнения среды тяжелыми металлами, выявило у 70% детей повышенное содержание металлов (медь, цинк, никель, свинец и др.) в волосах и в моче. По материалам Б.А. Ревича. [13] у детей, проживающих на таких территориях, были обнаружены симптомы интоксикации, функциональные изменения со стороны мочеполовой системы, желудочно-кишечного тракта, анемия, изменения иммунного статуса. В последнее время диагностику донозологических состояний предлагается осуществлять при помощи выделения устойчивых симптомокомплексов и определения донозологического статуса целостного организма.

Кроме детей высоким «ответным откликом» на токсическое воздействие вредных факторов отличается репродуктивная функция женщин. Высокая чувствительность женского организма к токсическим соединениям объясняется специфическим влиянием ксенобиотиков на генеративную функцию. В загрязненных регионах чаще встречаются неблагоприятно протекающие беременность и роды. Дети, рожденные после патологической беременности и родов в районах, загрязненных промышленными выбросами в атмосферный воздух, имеют низкую массу тела и уровень физического развития, функциональные отклонения в состоянии дыхательной и

сердечно-сосудистой систем. В таких регионах обычно повышается и частота врожденных аномалий (пороков развития).

В подавляющем большинстве случаев в связи с загрязнением окружающей среды наблюдается однотипная структура изменения показателей состояния здоровья детей – основной «индикаторной» группы населения, отражающей реакцию населения на вредные воздействия факторов среды. Например, «отклик организма» на уровень атмосферного и почвенного загрязнения среды в порядке убывания образует ряд: 1) иммунологическая реактивность; 2) острые заболевания органов дыхания аллергического характера; 3) отклонения от нормы функциональных и физиологических показателей – нарушение гармонического физического развития, анемия, снижение вентиляционной функции легких и т.д.; 4) рост хронических заболеваний; 5) увеличение частоты врожденных аномалий, новообразований, болезней крови, системы кровообращения, реагирующих на качество среды обитания [13, 15, 16]. Причем наиболее чувствительными (лабильными) к воздействиям факторов среды обитания являются кроветворная, сердечно-сосудистая, дыхательная, центральная нервная и мочеполовая системы. Общеизвестно, что наиболее информативны с экологической точки зрения параметры физического развития и здоровья детского населения.

Детский контингент – своеобразная «индикаторная группа», отражающая реакцию коренного населения на вредное воздействие факторов среды. Целесообразность учета заболеваемости детей определяется тем, что они в меньшей степени, чем взрослые, подвержены внутригородской миграции; «теснее» привязаны к территории, на которой живут и учатся; не испытывают непосредственного влияния профессиональных вредностей; в меньшей степени подвержены вредным привычкам (курение, алкоголизм и т.д.). В силу анатомо-физиологических особенностей дети более чувствительны к качеству среды обитания, а сроки проявления у них неблагоприятных эффектов короче. Это повышает достоверность статистических исследований, позволяя делать более объективные выводы об «экологической обусловленности» заболеваний.

Основываясь на современных данных литературы по этиологии большинства заболеваний, в качестве основных маркеров степени экологического риска можно рекомендовать следующие группы показателей: а) индикаторную патологию, характеризующую высокую степень зависимости от загрязнения окружающей

среды (профессиональные болезни, онкологические заболевания, врожденные аномалии и генетические дефекты, аллергозы); б) экологически зависимую патологию, характеризующую среднюю степень зависимости от загрязнения окружающей среды (перинатальная, младенческая и общая детская смертность, вторичные иммунодефициты, хронические бронхиты, бронхиальная астма и пневмония у детей); в) экологически обусловленную патологию, характеризующую умеренную степень зависимости от загрязнения окружающей среды (патология беременности, анемия, хронические бронхиты и повышенная общая заболеваемость); г) интегрирующие показатели общего медико-экологического благополучия (динамика смертности населения, средняя продолжительность жизни, инвалидность).

В последнее время при разработке проблемы экологической профилактики болезней человека все чаще используется понятие «фактор риска», т.е. условие окружающей среды, существенно повышающее риск возникновения различных заболеваний населения.

По мнению большинства отечественных и зарубежных экспертов ВОЗ здоровье человека и его заболеваемость определяются 4 группами факторов, взаимодействующими в соотношении, показанном на рисунке 1.1.

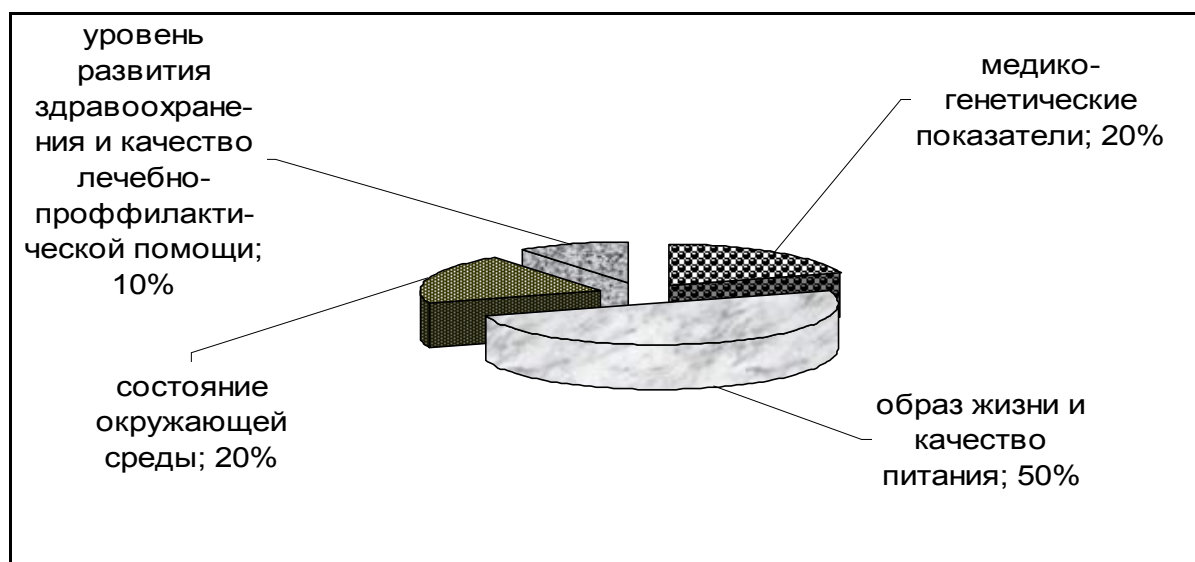


Рис. 1.1 Удельный вклад различных групп факторов риска в формирование общественного здоровья

При оценке риска здоровью населения в связи с качеством среды обитания обычно выделяют три группы факторов: а) природные, б) социально-экономические, в) медико-санитарные, в том числе гигиенические критерии, отражающие уровень техно-

генного загрязнения среды и рациональность архитектурно-планировочной организации территории. При этом основным системообразующим блоком служит заболеваемость населения, а все остальные параметры, в том числе и показатели деятельности сети здравоохранения, рассматриваются как факторы, влияющие на здоровье населения.

При комплексном воздействии природных факторов на здоровье человека ведущее значение придается климатическим параметрам в формировании форм адаптации и патологии населения, а также экогеохимическому фону, способствующему развитию микроэлементозов. Антропоэкологические исследования выявили наличие специфических адаптивных типов коренного населения основных географических регионов Земли, характеризующихся набором морфофункциональных особенностей (конституцией) организма человека [13].

В последнее время все большее внимание и медиков, и экологов привлекают явления, связанные с биотропностью погоды, которые проявляются в зависимости состояния здоровья человека от изменчивости атмосферных факторов. Причем биотропный максимум наблюдается в области значительных погодных изменений: контрастов температур, колебаний атмосферного давления, порывов ветра и т.д. Циклоны и периоды прохождения атмосферных фронтов преимущественно неблагоприятны, а антициклоны преимущественно благоприятны с точки зрения реакции организма. Более лабильны к изменениям погоды «метеозависимые» больные, у которых в периоды ухудшения погодных условий снижается адаптационный ресурс организма, наблюдается общий дискомфорт, обострение многих хронических заболеваний. В тяжелых случаях реакцией на ухудшение погоды у больных с сердечно-сосудистой патологией может считаться внезапный летальный исход. Погода выполняет роль «сигнального» фактора, своеобразного «катализатора» развития ряда заболеваний, причем ведущую роль играет её изменчивость.

Отмечено, что рост заболеваемости детей увеличивается «с запаздыванием» на 1 – 2 дня после периода неблагоприятных состояний погоды, а наибольшая корреляция зафиксирована по таким симптомам ухудшения самочувствия детей как головная боль, общее недомогание, слабость, боли в различных органах, которые можно считать типичными метеотропными реакциями.

Не менее важен и общий геохимический фон территории [2, 4, 8, 15, 17]. Проявления патологии человека, связанной с дисбалансом микроэлементов в окружающей среде, широко известны и столь многообразны, что это служит основанием, как считает А.П. Авцын, для выделения нового класса болезней - микроэlementозов. Природные эндогенные микроэlementозы встречаются в виде врожденных пороков развития, наследственных заболеваний, либо проявляются в предрасположенности населения к различным вторичным заболеваниям. Примерами часто встречающихся микроэlementозов служат, в частности, эндемический зоб (йододефицит), флюороз (избыток фтора), железодефицитная анемия, особенно в высокогорных районах и на Крайнем Севере, урвовская болезнь в Забайкалье и КНР, кремниевый уролитаз и т.д. Причем, нередко современные микроэlementозы являются следствием снижения иммунологической защиты населения в техногенно загрязненных регионах.

В последние годы усиливается внимание к естественному геохимическому фону среды обитания. Медико-географические исследования показали, например, определенную геохимическую обусловленность злокачественных новообразований. Так, в Свердловской области районы повышенной заболеваемости раком желудка совпадают с шовными зонами в тектонической структуре Среднего Урала. К этим шовным зонам приурочены глубинные и поверхностные воды своеобразной минерализации с так называемым «тухололитовым комплексом» химических элементов: ураном, титаном, цирконием, цинком, медью, свинцом, хромом и др. Индикатором комплекса, по-видимому, обладающего канцерогенным эффектом, является содержание в водах радона, иногда превышающее норму ПДК в 100 раз [13].

Природные факторы, роль которых в формировании уровней заболеваемости во многом еще неясна, обычно влияют на различия в показателях общественного здоровья в пределах крупных регионов. В городах они приобретают большое значение на территории с высоким промышленным потенциалом (прежде всего, в Европейской части страны и в Южной Сибири) и могут быть одним из решающих факторов, определяющим здоровье населения. Эту группу факторов, с учетом различий по источникам информации и специфике, целесообразно разделять на социально-экономические (уровень развития социальной инфраструктуры, благоустройство и комфорт условий жилья, труда, отдыха) и медико-санитарные (ка-

чество и мощность сети здравоохранения, санитарного надзора и профилактики, загрязнение атмосферного воздуха, вод, почв, электромагнитный и акустический фон, качество продуктов питания, архитектурно-планировочная структура территорий).

Для эколого-гигиенической оценки состояния среды важнейшее значение имеет общая демографическая обстановка. Известно, что высокая плотность населения, неблагоустроенное жилье способствуют распространению инфекционных заболеваний, передающихся аэрогенным, контактным и водным путями. Причем в большинстве случаев городское население имеет более благоприятные условия жизни, чем сельское. Это относится не только к материальному обеспечению, общему уровню культуры населения, но и к доступности медицинской помощи.

Среди важнейших параметров социального благоустройства населенных мест выступают условия водоснабжения и канализации, газификация, система планировки и озеленения микрорайонов. Причем, гигиенические требования к благоустройству территории распространяются и на планировку жилого фонда, вентиляцию, теплоснабжение, плотность заселения помещений.

Среди прочих параметров социального развития с экологической точки зрения большое значение имеет транспортная инфраструктура, насыщенность территории автотранспортом. Так, степень развития путей сообщения, особенно автомобильных дорог, нередко определяет систему оказания медицинской помощи. При развитой сети автодорог и хорошем их состоянии создаются условия для открытия специализированных центров диагностики и лечения больных. Слабо развитая сеть автодорог, напротив, диктует необходимость сохранения мелких больниц с ограниченной специализацией, но обеспечивающих своевременность оказания медицинской помощи.

Блок медико-санитарных условий отражает качество медицинского обслуживания населения и систему организации санитарно-эпидемиологического надзора. Традиционно в числе основных показателей качества медицинского обслуживания рассматриваются обеспеченность населения медицинским персоналом и степень его квалификации; состояние коечного фонда (общее количество коек, их специализация и работоспособность); территориальная организация лечебно-профилактической сети; система снабжения медикаментами и медицинским инструментарием. Эти сведе-

ния важны для определения возможностей органов здравоохранения по проведению лечебно-профилактических и санитарно-противоэпидемических мероприятий среди населения [1].

Наряду с социально-обусловленными факторами в формировании общественного здоровья урбанизированных регионов важнейшую роль играют такие гигиенические критерии как параметры загрязнения атмосферы, питьевой воды и почвы населенных мест. В настоящее время не вызывает сомнения, что глобальное загрязнение атмосферного воздуха в условиях городской среды обитания сопровождается достоверным ухудшением состояния здоровья населения. Причем негативное влияние аэротехногенной нагрузки прослеживается во всех природных средах, так как основная масса загрязнений выпадает на поверхность земли (твердые вещества) либо вымывается из атмосферы с помощью осадков [17].

Статистически достоверная зависимость заболеваемости населения от загрязнения атмосферного воздуха отмечается, прежде всего, по болезням органов дыхания: хроническим бронхитам, пневмониям, эмфиземе легких, бронхиальной астме, заболеваниям верхних дыхательных путей. Загрязнения атмосферного воздуха влияют на резистентность организма, что проявляется в росте инфекционных заболеваний. Имеются достоверные сведения о влиянии загрязнений на продолжительность заболеваний. Так, течение острых респираторных заболеваний у детей, проживающих в загрязненных районах, в 2-2,5 раза длительнее.

В ряде региональных медико-экологических исследований показано, что загрязнение атмосферного воздуха можно считать ведущим параметром дифференциации территории промышленно-развитых городов по состоянию среды обитания [4, 12, 15, 16, 17]. Например, у детей в городах с металлургической промышленностью и высоким загрязнением воздушной среды по сравнению с контрольными группами замедлено физическое и нервно-психическое развитие, проявляющееся в запоздании времени, когда ребенок начинает ходить и говорить, в более позднем появлении молочных зубов. Нарушение нормального развития наблюдается и в более старшем возрасте. Так, среди детей 5-7 лет, проживающих в проблемных районах, значительно меньше детей с нормальным физическим развитием и существенно больше детей с дефицитом и избытком массы тела [13, 15].

Наиболее быстро на загрязнение атмосферного воздуха реагирует респираторная заболеваемость. Среди других «индикаторных» показателей следует отметить гематологические параметры, характеристики нервно-психического и иммунного статуса. По мере увеличения интенсивности загрязнения воздушного бассейна число детей с повышенным содержанием лейкоцитов в крови увеличивается в промышленных районах в 1,6 раз и до 2 раз в городах с опасным уровнем загрязнения. Морфофункциональные сдвиги в системе крови свидетельствуют о напряжении адаптационных резервов в организме. По данным Б.А. Ревича с соавт. [13] совместное действие пыли и ряда загрязнителей в современных городах имеет высокотоксичный эффект: а) бензол + никель + сажа + бенз(а)пирен + формальдегид – канцерогенный эффект; б) углеводороды + тяжелые металлы (свинец, медь, ртуть) – нарушение репродуктивной функции.

Повышенные концентрации оксида углерода в воздухе провоцируют стенокардию, нарушая нормальный процесс переноса кислорода, гемоглобина крови. Окислы азота в атмосфере увеличивают риск сердечно-сосудистых заболеваний и снижают остроту зрения, обоняния, повышая общую восприимчивость населения к патогенным агентам, вызывающим эти заболевания. Причем при содержании ряда фотохимических окислителей, приближающихся к ПДК в воздухе населенных мест, у лиц, страдающих бронхиальной астмой, чаще возникают приступы, а у людей с хроническими болезнями легких – выше риск осложнений, в том числе, вероятны пневмонии.

Кроме загрязнения атмосферы другим важнейшим гигиеническим фактором риска здоровью населения является качество хозяйственно-питьевых вод. Гигиеническая оценка качества поверхностных и питьевых вод обычно проводится в двух аспектах: а) с точки зрения микробиологического загрязнения водоисточника, вызывающего ряд эпидемических заболеваний (холера, острые кишечные инфекции, инфекционные гепатиты и др.); б) в отношении санитарно-химического загрязнения воды, обуславливающего развитие болезней органов пищеварения, мочекаменной и желчно-каменной болезней, язвы желудка, нефритов, гастритов.

Основными источниками заражения воды являются бытовые сточные воды. Качество воды в водоисточниках в современных условиях в значительной степени определяется загрязнением также сточными промышленными водами, дождевыми и талыми водами

урбанизированных регионов. Широко известны факты положительной корреляции уровня химического загрязнения питьевой воды нитратами, марганцем, солями тяжелых металлов и распространенности гастритов, урологических заболеваний [13]. Повышение концентрации в питьевой воде сульфатов, хлоридов, увеличение общей жесткости провоцирует рост функциональных расстройств желудка и аллергических заболеваний. Особенно остра эта проблема для крупных промышленных городов, в том числе г. Воронежа, где создано крупное внутригородское водохранилище, ухудшающее качество подземных водоносных горизонтов, используемых в питьевом водоснабжении. Причем экспериментальными данными доказано, что постоянное поступление с водой органических и неорганических промышленных загрязнений в городах вызывает поражение печени, кроветворного аппарата, отложение в организме солей кальция, провоцирует развитие мочекаменной болезни. Так, вынужденное использование населением степных зон страны и отдельных районов Поволжья питьевой воды с высоким содержанием хлоридов и сульфатов, без соответствующей водоподготовки, определяет повышенный уровень заболеваемости местного населения желчно- и мочекаменными болезнями, а также сосудистой патологией.

Наряду с атмосферой и водным фактором, почва выполняет функцию универсального биологического адсорбента, нейтрализатора органических и минеральных загрязнений. Благодаря этой функции в почве происходят процессы самоочищения, хотя и гораздо медленнее, чем в водной среде. Особенно опасно для человека загрязнение почв тяжелыми металлами.

Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами – медью, цинком, хромом, свинцом, ртутью, кадмием и др. - происходит в районах размещения промышленных предприятий по нескольким направлениям: через атмосферный воздух с дальнейшим оседанием на почвенный покров; с атмосферными осадками, содержащими токсичные элементы; при неправильном хранении промышленных и твердых бытовых отходов [11, 13].

Промышленные предприятия и транспорт являются приоритетными источниками загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами. Повышенное содержание тяжелых металлов в воздухе, воде, почве приводит к загрязнению ими продуктов питания и широкому спектру токсических эффектов для человека. Избыточные концентрации металлов могут вызывать серьезные изменения в

обмене веществ и дезорганизацию метаболических процессов, что способствует снижению неспецифической резистентности организма, приводит к нарушению аллергического и соматического статуса, а, следовательно, и к нарушению функций различных органов и систем. Под действием токсичных металлов в той или иной степени страдают сердечно-сосудистая, выделительная, пищеварительная, эндокринная, иммунная, кроветворная системы, а ряд металлов и их соединений (никель, мышьяк, бериллий и др.) способны провоцировать канцерогенные эффекты у населения.

Среди различных физических факторов окружающей среды, к которым относят ионизирующие и неионизирующие излучения, шумовое воздействие, вибрацию, микроклимат на производстве, биологическое действие ионизирующих излучений наиболее вредно. Риск облучения выше естественного радиационного фона особенно возрос в последние десятилетия в связи с развитием атомной энергетики.

Ионизирующее (радиационное) излучение провоцирует рост раковых опухолей, прежде всего, рак молочной и щитовидной желез, лейкоз. Помимо рака излучение вызывает генетические повреждения, т.е. вредные мутации, которые в виде врожденных пороков развития передаются последующим поколениям. Причем, природное фоновое излучение вызывает, вероятно, 1-2% всех генетических болезней.

Анализ данных литературы [4, 5, 13, 15] показывает повсеместную высокую шумовую нагрузку в городской среде, которая носит глобальный характер. Установлено, что наиболее сильное влияние на уровень общей заболеваемости детей оказывают загрязнение воздушного бассейна в сочетании с городским шумом и с неудовлетворительными жилищными условиями, когда заболеваемость увеличивается в 3 - 4 раза. Особую озабоченность вызывает все более нарастающая интенсивность городского транспортного шума – на долю автомобильного, рельсового и воздушного транспорта приходится до 80 - 85% общего шумового фона в крупном городе.

Изучение территориальной неравномерности медико-экологических показателей, связанных с состоянием среды обитания, является одним из основных элементов метода экологического ранжирования (зонирования) территории регионов. По степени и характеру загрязнения атмосферного воздуха, который чаще всего принимается в качестве основного критерия диф-

ференциации среды обитания, в частности, городов, выделяют до 4-х зон, различающихся по эколого-гигиеническому фону: 1) условно чистая зона – жилая застройка вне промышленных зон и вдали от главных транспортных магистралей; 2) транспортная зона – жилая и промышленная застройки, прилегающие к транспортным магистралям; 3) промышленная зона – территория города, подверженная значительному воздействию промышленных выбросов в атмосферу, но расположенная вдали от транспортных магистралей; 4) промышленно-транспортная или смешанная зона, характеризующаяся сочетанием загрязнения атмосферного воздуха транспортными и промышленными выбросами [5].

Таким образом, многочисленные региональные медико-экологические исследования свидетельствуют о достоверной зависимости критериев общественного здоровья от качества окружающей среды, что служит предпосылкой количественной оценки риска для здоровья населения, обусловленного техногенным загрязнением среды обитания.

Основные критерии и методы оценки экологических рисков для здоровья населения

Анализ экологического риска связан с применением вероятностно-статистических подходов к выявлению причинно-следственных связей в системе «среда-здоровье» и зонированием региона по напряженности медико-экологической ситуации, т.е. уровням риска для здоровья населения в зависимости от состояния окружающей среды. Поскольку статистика заболеваемости и смертности населения официально регистрируется по административно-территориальному принципу, этот подход рассматривается нами как наиболее целесообразный.

Для определения абсолютных величин непосредственного воздействия хозяйственной деятельности на окружающую среду обычно используются такие показатели, как валовый сброс (выброс) загрязняющего вещества, концентрация поллютанта в той или иной деполирующей среде. Но подобный подход не учитывает результат воздействия на среду, он лишь фиксирует факт воздействия. Поэтому более правильно проводить оценку воздействия хозяйственной деятельности по «ответному отклику» индикаторов воздействия – различных компонентов окружающей среды и здоровью населения.

Главным химическим критерием уровня антропогенного загрязнения среды обитания служит ПДК - предельная допустимая концентрация загрязняющего вещества, т.е. верхний предел лимитирующих факторов среды, при которых их содержание не выходит за допустимые границы экологической ниши человека.

Так, основным критерием загрязнения атмосферного воздуха урбанизированной территории является токсичность антропогенных поллютантов, присутствующих в атмосфере, при контакте с ними проживающего на данной территории населения. При определении величин ПДК и проведении экологического мониторинга воздушного бассейна учитывается класс опасности химического вещества (показатель, характеризующий степень опасности для человека веществ, загрязняющих атмосферный воздух). Вещества делятся на 4 класса опасности (1 класс - чрезвычайно опасные; 2 класс - высоко опасные; 3 класс - опасные; 4 класс - умеренно опасные).

Разработка ПДК основывается на лимитирующем показателе вредности загрязняющего вещества. Лимитирующий (определяющий) показатель вредности характеризует направленность биологического действия вещества: рефлекторное и резорбтивное. Под рефлекторным действием понимается реакция со стороны рецепторов верхних дыхательных путей - ощущение запаха, раздражение слизистых оболочек, задержка дыхания и т.п. Указанные эффекты возникают при кратковременном воздействии вредных веществ, поэтому рефлекторное действие лежит в основе установления максимальной разовой ПДК (ПДК_{МР}). Под резорбтивным действием понимают возможность развития общетоксических, гонадотоксических, эмбриотоксических, мутагенных, канцерогенных и других эффектов, возникновение которых зависит не только от концентрации вещества в воздухе, но и длительности контакта с ним. С целью предупреждения развития резорбтивного действия устанавливается среднесуточная ПДК (ПДК_{СС}).

В настоящее время определены предельно допустимые концентрации в атмосферном воздухе более чем 500 веществ. ПДК для кратковременных и длительных воздействий большинства загрязняющих веществ (за исключением бензола), установленные на территории РФ, как правило, строже стандартов качества воздуха, рекомендованных ВОЗ и установленных директивами стран ЕС. В том случае, когда отсутствуют значения ПДК, для оценки гигиенической опасности вещества можно пользоваться показателем ори-

ентировочно-безопасного максимального разового уровня загрязнения воздуха (ОБУВ).

При оценке загрязнённости атмосферы антропогенными поллютантами определяется стандартный индекс (СИ) – отношение наибольшей измеренной разовой концентрации примеси к установленному для данной примеси значению ПДК. Стандартный индекс определяется из данных наблюдений на посту за одной примесью или на всех постах района за всеми примесями за месяц или за год (в соответствии с РД 52.04.186-89 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы»). Допустимое значение стандартного индекса не должно превышать 1, что иллюстрирует формула (1):

$$СИ = \frac{C_i}{ПДК} \leq 1 \quad (1)$$

где СИ – стандартный индекс; C_i – концентрация загрязнителя.

Причем, может возникнуть ситуация, когда в воздухе одновременно находятся вещества, обладающие суммированным (аддитивным) действием. В таком случае сумма их концентраций (C_i), нормированная на ПДК, не должна превышать единицы согласно следующему выражению по формуле (2):

$$\frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + \frac{C_3}{ПДК_3} \leq 1 \quad (2)$$

К вредным веществам, обладающим суммацией действия, относятся, как правило, близкие по химическому строению и характеру влияния на организм человека ингредиенты (например, диоксид серы и аэрозоль серной кислоты; диоксид серы и сероводород; диоксид серы и диоксид азота; диоксид серы и фенол и т.д.).

Следующим параметром загрязнённости атмосферы, рассчитываемым при проведении анализа, является наибольшая повторяемость превышения ПДК (НП) по данным наблюдений на одном посту (за одной примесью) или на всех постах района за всеми примесями за месяц или за год (в соответствии с РД 52.04.186-89 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы»). Данный показатель выражается в процентах.

Величиной, характеризующей общую загрязнённость атмосферы в конкретной точке пробоотбора либо на конкретном участке местности, является индекс загрязнения атмосферы (ИЗА) – комплексный индекс загрязнения атмосферы, учитывающий несколько примесей, представляющий собой сумму концентраций выбранных за-

грязняющих веществ в долях ПДК (в соответствии с РД 52.04.186-89 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы»).

Обычно индекс загрязнения атмосферы рассчитывается по пяти основным загрязняющим веществам (сумма средних концентраций, нормированных на среднесуточные ПДК, с учетом класса опасности) по формулам (3), (4):

$$\text{ИЗА} = \sum_{i=1}^5 (I_i) \quad (3)$$

$$I = \left(\frac{C_i}{\text{ПДК}} \right)^K \quad (4)$$

где C_i – концентрация i -загрязнителя в атмосфере; ПДК – предельно-допустимая концентрация загрязняющего вещества; I_i – отношение концентрации i -загрязнителя к величине ПДК (парциальный индекс); K – коэффициент изоэффективности, зависящий от класса вредности вещества (для 1, 2, 3 и 4 классов опасности он соответственно равен 1,5; 1,3; 1 и 0,85).

Уровень загрязнения атмосферы определяется по рассчитанному значению ИЗА в соответствии с параметрами, приведенными в таблице 1.1. В отдельных случаях число загрязнителей, по которым рассчитывается величина ИЗА, может быть более 5.

На рубеже XX – XXI веков в мировой и отечественной науке, а также в практике экологического контроля получило активное развитие новое направление - оценка риска для здоровья населения, связанного с состоянием среды обитания. Оно явилось результатом многолетних исследований российских и зарубежных медиков, экологов и математиков, реализуемых в рамках важнейшей проблемы современности «окружающая среда и здоровье человека». Главным ориентиром нового научного направления служит идея максимального снижения экологического риска для здоровья населения как важнейшего условия обеспечения устойчивого социально-экономического развития общества [8, 9].

Таблица 1.1

Критерии загрязнения атмосферы в зависимости от величины ИЗА

Критерии загрязнения атмосферного воздуха	Значения ИЗА
Низкий	меньше или равен 5
Повышенный	5-7
Высокий	7-14
Очень высокий	больше или равен 14

Риск для здоровья - вероятность развития угрозы жизни или здоровью человека либо угрозы жизни или здоровью будущих поколений, обусловленная воздействием факторов среды обитания. **Оценка риска для здоровья** – это процесс установления вероятности развития и степени выраженности неблагоприятных последствий для здоровья человека или здоровья будущих поколений, обусловленных воздействием факторов среды обитания.

Методической основой практического применения технологий оценки риска для здоровья населения служит вероятностный математико-статистический анализ, позволяющий оценить уровень взаимной связи между критериями общественного здоровья и факторами риска, построить математическую модель воздействия вредного фактора на здоровье населения, количественно оценить уровень риска для здоровья населения.

Количественная оценка риска может осуществляться с помощью *корреляционно-регрессионного анализа*. По коэффициентам корреляций можно судить о связи между загрязнением среды и состоянием здоровья населения, а регрессионный анализ позволяет оценить тренды динамики состояния среды и общественного здоровья, а также построить математическую модель зависимости критериев общественного здоровья от параметров качества окружающей среды

В этом случае количественной характеристикой силы связи служит коэффициент парной линейной корреляции (r), рассчитываемый по формуле (5):

$$r = \frac{\sum (x_1 - M_1) \cdot (x_2 - M_2)}{\sqrt{\sum (x_1 - M_1)^2 \cdot \sum (x_2 - M_2)^2}} \quad (5)$$

где x_1, x_2 – значения первой и второй переменных; M_1, M_2 – средние значения первой и второй переменных. В качестве переменных рассматриваются показатели состояния окружающей среды и критерии общественного здоровья.

Часто в практике медико-географических исследований требуется оценить достоверность различий статистических выборок по набору характерных признаков (например, при оценке территориальных различий по загрязнению среды обитания, уровню заболеваемости или смертности населения). Для этого применяют *критерий Стьюдента* (t) с учетом анализа степени сходства двух

выборки по разнице их «средних арифметических» значений (M), что иллюстрирует формула (6):

$$t = \frac{M_1 - M_2}{m_d} \quad (6)$$

где m_d – ошибка разности «средних», определяемая по формулам в зависимости от условий: (7) – объемы сравниваемых выборок равны между собой ($n_1=n_2$), (8) – объемы сравниваемых выборок различны ($n_1 \neq n_2$):

$$m_d = \sqrt{\frac{\sum (x_1 - M_1)^2 + \sum (x_2 - M_2)^2}{n^2 - n}} \quad (7) \quad (n_1=n_2)$$

$$m_d = \sqrt{\frac{[\sum (x_1 - M_1)^2 + \sum (x_2 - M_2)^2] \cdot (n_1 + n_2)}{n_1 \cdot n_2 \cdot (n_1 + n_2 - 2)}} \quad (8) \quad (n_1 \neq n_2)$$

При условии $t_i > t_{\text{крит}}$ для числа степеней свободы $v = n_1 + n_2 - 2$ различие считают статистически достоверным.

В последние годы быстро развивается новое научное направление на базе совместных разработок Федерального научного центра гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана, Федерального Центра экологической политики России и Американского агентства по охране окружающей среды (US. EPA) [12]. Базируясь на этой методологии, возможно идентифицировать и количественно оценивать уровни риска, а также планировать меры по организации мониторинга окружающей среды и снижению риска в экологически неблагополучных районах. Большой опыт региональных медико-экологических исследований на базе данной методологии накоплен, например, в г.Воронеже и Воронежской области [4, 7, 15], городах Московской области [10].

Основные положения этой методологии оценки риска здоровью населения закреплены в руководстве Р 2.1.10.1920—04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» (2004) [14].

Таким образом, современные представления о взаимодействии основных компонентов системы «среда-здоровье» позволяют вполне адекватно оценивать техногенные экологические риски и принимать на этой основе эффективные управленческие решения по минимизации вредного эффекта.

Методические основы создания региональных систем экологического мониторинга техногенно загрязненных территорий

Одним из условий создания региональных систем экологической безопасности, определенных природоохранным законодательством Российской Федерации, в частности, Федеральным законом №7 от 10.01.2002 г. «Об охране окружающей среды», является государственный экологический мониторинг.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Переходя к рассмотрению методических подходов организации мониторинга окружающей среды, следует отметить, что одно из ведущих мест по дозовому воздействию и возможным биологическим эффектам для здоровья населения занимает загрязнение **атмосферного воздуха**.

Наблюдения за уровнем загрязнения атмосферы в России осуществляют на постах, которые подразделяются на три категории [6].

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

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

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

стационарных постах осуществляется территориальным центром по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.

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

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

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

Контроль за уровнем загрязнения атмосферы на стационарных постах осуществляется лабораторией региональных центров по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды и ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии» в субъектах Федерации. В качестве примера на рисунке 1.2 показана схема размещения постов мониторинга качества воздушного бассейна в г.Воронеже.

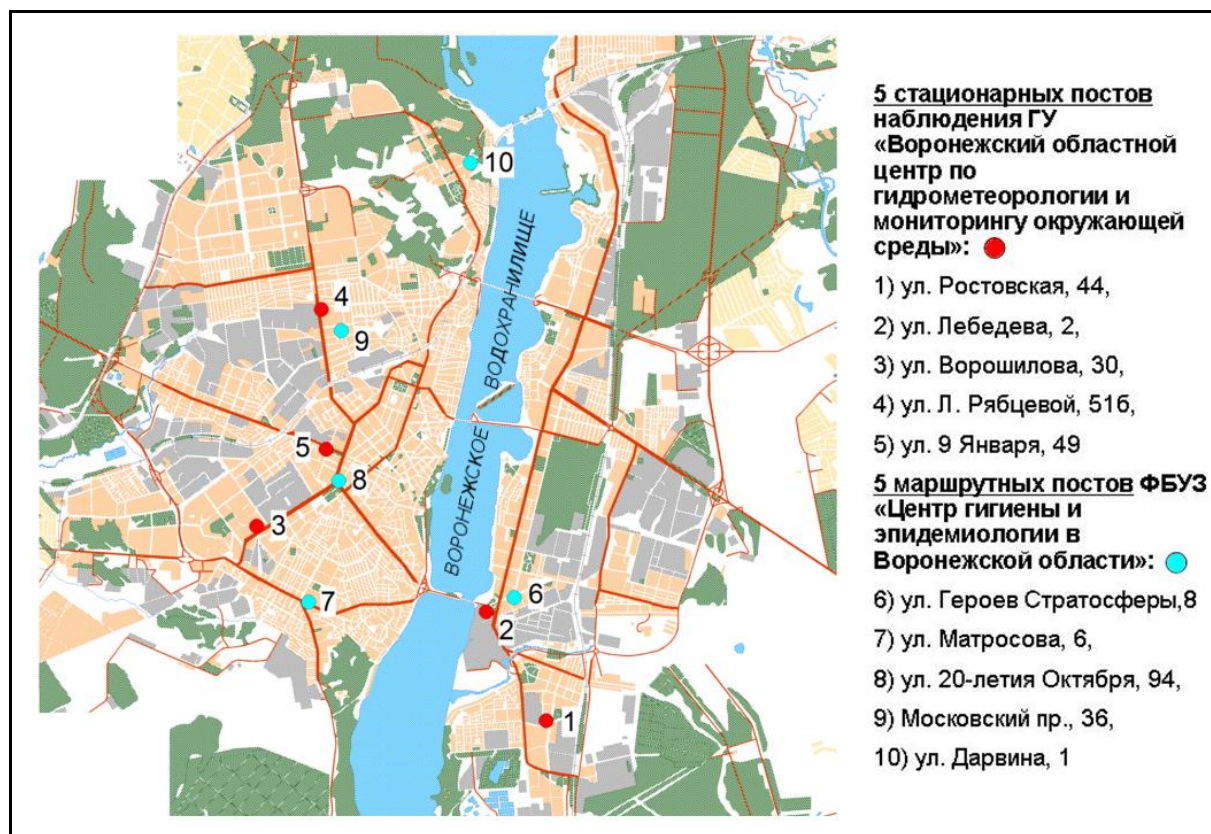


Рис. 1.2. Посты мониторинга качества воздушного бассейна города Воронежа

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

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

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

Перечень веществ, подлежащих контролю, устанавливается на основе сведений о составе и характере выбросов от источников загрязнения в городе и метеорологических условий рассеивания примесей в соответствии с РД 52.04.186-89 «Руководство по контролю загрязнения атмосферы» [6].

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

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

Для формирования информационного фонда мониторинга, характеризующего качество атмосферного воздуха населенных мест, используются данные статистических отчетных форм №18 «Сведения о санитарном состоянии субъекта Российской Федерации за ____ год»; 2 тп-воздух «Сведения об охране атмосферного воздуха за ____ год», а также данные общего объема и состава выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников и от автотранспорта в разрезе административно - территориальных подразделений; максимально разовые, среднесуточные, среднегодовые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе по данным «Центров гигиены и эпидемиологии» и «Центров по

гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» субъектов Российской Федерации; среднегодовые концентрации загрязняющих веществ в рецепторных точках (по предприятиям), полученные с использованием методов математического моделирования приземных концентраций загрязняющих веществ.

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

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

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

- снижение индивидуального канцерогенного риска здоровью до верхней границы приемлемого уровня (1×10^{-4});
- снижение коэффициентов (HQ) и индексов опасности (HI) до 1;
- снижение популяционного риска;
- снижение количества экспонированного населения, находящегося под воздействием загрязняющих веществ атмосферного воздуха.

Гидросфера служит естественным аккумулятором большинства загрязняющих веществ, поступающих в атмосферный воздух и почву.

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

Мониторинг состояния водных объектов осуществляется в следующих целях:

- своевременное выявление и прогнозирование негативного воздействия вод, а также развития негативных процессов, влияющих на качество воды в водных объектах и их состояние,

разработка и реализация мер по предотвращению негативных последствий этих процессов;

- оценка эффективности осуществляемых мероприятий по охране водных объектов;
- информационное обеспечение управления в области использования и охраны водных объектов, в том числе в целях государственного надзора в области использования и охраны водных объектов.

Мониторинг состояния водных объектов включает в себя:

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

Мониторинг состоит из:

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

Основная работа по ведению мониторинга водных объектов возложена на Федеральную службу по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Кроме Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, в мониторинге водных объектов участвует Федеральная служба в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, которая в рамках ведения социально-гигиенического мониторинга собирает и анализи-

рует сведения об оценке качества воды источников питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, а также об оценке состояния водных объектов, используемых для рекреационных целей.

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

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

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

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

Исследования включают определение состава и уровня загрязнения сточных вод с привлечением всех современных методов контроля: хромато-масс-спектрометрии, жидкостной и газовой хроматографии для более полного выявления органических соединений и

продуктов их трансформации, атомно - адсорбционной спектрофотометрии для идентификации ионов тяжелых металлов, а также поиск информации о свойствах и биологическом действии веществ в справочных изданиях, в т.ч. выпускаемых Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ), и компьютерных банках данных.

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

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

На основе расчетов риска для здоровья населения в соответствии с «Руководством по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» (Р 2.1.10.1920-04) [14], обосновывается перечень веществ, приоритетных с точки зрения влияния на здоровье, для последующего включения их в систему мониторинга. Оценку риска для здоровья при воздействии химических веществ, загрязняющих питьевую воду, необходимо проводить для разных возрастных групп, в том числе детей до 1 года, с учетом возможности использования питьевой воды для приготовления молочных смесей при переходе на искусственное вскармливание.

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

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

- удельного веса объектов водоснабжения, относящихся к III группе санэпидблагополучия (%);

- удельного веса исследований питьевой воды, не отвечающих гигиеническим нормативам по санитарно-химическим показателям (%);

- удельного веса исследований питьевой воды, не отвечающих гигиеническим нормативам по микробиологическим показателям (%);

- коэффициента суммарного загрязнения питьевой воды ($K_{\text{воды}}$);

Конечные результаты деятельности могут быть оценены по следующим показателям:

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

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

- снижение коэффициентов (НҚ) и индексов опасности (НІ) до 1;

- снижение популяционного риска.

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

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

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

- мониторинг уровня загрязнения почвы в зонах воздействия крупных промышленных и энергетических комплексов;

- мониторинг уровня загрязнения почвы в местах и вокруг мест размещения отходов производства и потребления: промышленные площадки временного хранения твердых промышленных отходов, полигоны захоронения или размещения твердых промышленных и бытовых отходов, несанкционированные свалки;

- контроль качества почв при сельскохозяйственном использовании земель: контроль рациональности применения минеральных удобрений и средств защиты растений, контроль плодородия

дия почвы и ее физико-химических показателей (кислотности, щелочности и др.);

- контроль уровня загрязнения почвы в местах наиболее вероятного контакта с ней человека. Нормативными документами определен контроль загрязнения почвы на территориях детских дошкольных учреждений, на территориях лечебно-профилактических учреждений (санатории, больницы).

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

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

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

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

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

При этом перечень показателей определяется в зависимости от функциональных зон и территорий. Выделяют: 1) жилую зону; 2) детские дошкольные и школьные учреждения, игровые площад-

ки, территории дворов; 3) зоны санитарной охраны водоемов; 4) рекреационные зоны (скверы, парки, бульвары, пляжи, лесопарки); 5) транспортные магистрали; 6) промышленные зоны; 7) почвы сельскохозяйственных угодий.

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

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

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

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

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

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

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

Для контроля состояния почв в зоне влияния промышленного источника загрязнения пробные площадки выбирают на площади, равной 4-х кратной величине санитарно-защитной зоны предприятия. Для целевых исследований крупных источников загрязнения пробные площадки выбирают на расстояниях 0,5 км – 1 км – 2 км –

3 км – 4 км – 6 км – 8 км – 10 км – 20 км – 30 км от источника выброса по 8 направлениям розы ветров. В случае явно выраженной вытянутой розы ветров точку отбора по румбам целесообразно распределять пропорционально повторяемости соответствующих направлений ветра. При этом для направлений с малой повторяемостью ветров целесообразно не принимать во внимание точки отбора на больших расстояниях.

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

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

Используя данные мониторинга санитарно-эпидемиологической безопасности почвы, определяются:

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

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

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

С учетом полученных результатов планируется проведение мероприятий по надзору за соблюдением санитарного законодательства

хозяйствующими субъектами, осуществляющими сбор, временное хранение, обезвреживание и захоронение отходов производства и потребления. Оценка конечных результатов выражается в:

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

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

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

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

Анализ программного обеспечения в данной предметной области показывает, что в части моделирования загрязнения атмосферного воздуха в современной России получили широкое распространение программные продукты серии «Эколог», разработанные Фирмой «Интеграл» (г. Санкт-Петербург) совместно с НИИ «Атмосфера» и НИИ экологии человека и гигиены окружающей среды им. А.И. Сысина. В их числе унифицированная программа расчета загрязнения атмосферы, реализующая методику, изложенную в документе *«Методы расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе (утверждены приказом Минприроды России от 06.06.2017 № 273)»*, используемую для моделирования концентраций загрязняющих веществ в приземном слое воздуха, определения величин вкладов в загрязнение атмосферы отдельных источников, цехов, предприятий, произ-

водств; программа «ПДВ – ЭКОЛОГ», автоматизирующая подготовку и выпуск таблиц проектов нормативов предельно-допустимых выбросов (ПДВ), программа «ППА» (Прогноз последствий аварий), позволяющая осуществить оперативный и заблаговременный прогноз последствий аварийных выбросов сильнодействующих ядовитых веществ в атмосферу в соответствии с «Методикой прогнозирования масштабов загрязнения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте» (РД-52.04.253-90).

Одним из эффективных методов синтеза разнородных данных является использование математико-картографического моделирования [3] и географических информационных систем (ГИС) - систем сбора, хранения, анализа и графической визуализации пространственных (географических) данных [7].

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

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

В рамках применения ГИС для контроля комплексного техногенного воздействия на окружающую среду ведется разработка геоинформационно-аналитических комплексов обеспечения экологического мониторинга отдельных регионов. Аналогичные работы реализуются и в г.Воронеже – крупнейшем промышленном центре Черноземья с развитой промышленностью, высокой автотранспортной нагрузкой, который является вполне типичным объектом для изучения воздействия техногенных факторов на окружающую среду и здоровье населения [7].

Причем, в настоящее время система мониторинга окружающей среды и состояния здоровья населения в г. Воронеже сочетает

в себе применение нескольких подходов: 1) выявление взаимосвязей в системе «среда-здоровье», причин и условий изменения санитарно-гигиенической обстановки, прогноз ситуации на основе методов корреляционно-регрессионного анализа; 2) оценка эколого-гигиенической ситуации на основе комплексных характеристик с последующим гигиеническим ранжированием локальных территорий по остроте проблемных ситуаций; 3) оценка канцерогенного и неканцерогенного рисков на основе методов, используемых в мировой практике. Такой комплексный подход ориентирован, прежде всего, на обоснование приоритетных природоохранных решений и разработку системы профилактических мероприятий по снижению риска заболеваемости населения [1, 4, 5, 7, 12, 15].

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

Литература

1. Большаков А.М. Оценка и управление рисками влияния окружающей среды на здоровье населения / А.М. Большаков, В.Н. Крутько, Е.В. Пуцилло – Москва: Изд-во «Эдиториал УРСС», 1999. – 256 с.
2. Геохимия окружающей среды / Ю.Е. Сает [и др.]. – Москва: Недра, 1990. – 335 с.
3. Геоэкологическое картографирование / Б.И. Кочуров, Д.Ю. Шишкина, А.В. Антипова, С.К. Костовска; под ред. Б.И. Кочурова. – Москва: Издат. центр «Академия», 2009. – 192 с.
4. Интегральная экологическая оценка состояния городской среды / С.А. Куролап, О.В. Клепиков, П.М. Виноградов и др. – Воронеж: Изд-во «Научная книга», 2015. – 232 с.
5. Келлер А.А. Медицинская экология / А.А. Келлер, В.И. Кувакин. – Санкт-Петербург : Петроградский и К, 1998. – 256 с.
6. Клепиков О.В. Методические подходы к организации государственного экологического мониторинга для обоснования природоохранных решений в крупном промышленном центре /

О.В. Клепиков, С.А. Куролап // Экологическая оценка состояния городской среды. – Воронеж, 2016. – С. 5-24.

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

8. Кочуров Б.И. Экодиагностика и сбалансированное развитие : учеб. пособие / Б.И. Кочуров. – Москва, Смоленск: Маджента, 2003. – 384 с.

9. Куролап С.А. Типизация территории Воронежской области по уровню техногенного воздействия на среду обитания / С.А. Куролап, Ю.А. Нестеров, С.А. Епринцев // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. – №1. – 2010. – С. 5-11.

10. Медико-демографический атлас Московской области / Под ред. С.М. Малхазовой, А.Н. Гурова. – Москва: М.: Геогр. ф-т МГУ, 2007. – 110 с.

11. Медико-экологический атлас Воронежской области / С.А. Куролап [и др.]. – Воронеж: Изд-во «Истоки», 2010. – 167 с.

12. Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду / Г.Г. Онищенко [и др.]. – Москва: НИИ ЭЧ и ГОС, 2002. – 408 с.

13. Ревич Б.А. Экологическая эпидемиология / Б.А. Ревич, С.Л. Авалиани, Г.И. Тихонова. – Москва: Издат. центр «Академия», 2004. – 384 с.

14. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду (Р 2.1.10.1920 – 04). – Москва: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 143 с.

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

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

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

1.2. Риск для здоровья населения, обусловленный комплексным воздействием неблагоприятных факторов городской среды обитания

Города стали центрами острейших санитарно-гигиенических проблем, что связано с высокой концентрацией промышленного производства, транспорта и населения на относительно малой по площади территории. К числу основных проблем крупных городов, связанных с состоянием техногенно измененной среды обитания, относятся высокий уровень загрязнения атмосферного воздуха, ухудшение качества питьевой воды в источниках водоснабжения, загрязнение почвы веществами техногенного происхождения, шумовой фактор.

В этой связи, для обоснования приоритетных управленческих решений по обеспечению эколого-гигиенической безопасности городского населения необходима объективная информация об уровнях риска для здоровья населения, обусловленного неблагоприятным воздействием техногенных факторов.

По результатам исследований состояния территорий городов Центрального Черноземья Российской Федерации, установлены статистически значимые положительные корреляционные связи, свидетельствующие, что увеличение техногенной нагрузки на окружающую среду вызывает «ответную реакцию» со стороны здоровья населения, заключающуюся в росте уровня экологически обусловленной патологии у городского населения [2].

Региональными исследованиями, проведенными непосредственно в городе Воронеже, показано, что, несмотря на реализацию муниципальной политики и мероприятий в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия и экологической безопасности населения, имеются проблемы, требующие всесторонней оценки и решения. Это иллюстрируется и подтверждается данными, представленными в медико-экологическом атласе города Воронежа [4].

В других региональных исследованиях обращено внимание на возрастание уровня загрязнения воздушного бассейна выбросами от автомобильного транспорта [1], проблему загрязнения почвы урбанизированной территории [3], имеющее место воздействие техногенных факторов загрязнения и шума, связанных с автомобильным транспортом на улицах города [9].

Развитие геоинформационного обеспечения региональной системы социально-гигиенического мониторинга, использующего данные о состоянии окружающей среды города Воронежа, полученные организациями различных ведомств (Росприроднадзора, Роспотребнадзора, регионального Центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды), позволило иметь качественно новый состав информации [10]. На повышение уровня объективности информации направлены проведенные в городе Воронеже исследования, использующие методологию оценки риска для здоровья населения, обусловленного воздействием техногенных факторов городской среды обитания, результаты которых свидетельствует об обострении проблем, связанных, в первую очередь, с возрастающим уровнем загрязнения атмосферного воздуха и повышением транспортного шума [5, 7, 8].

В этой связи актуальными являются дальнейшие исследования по оценке воздействия на население техногенных факторов городской среды обитания.

Целью работы являлось получение качественно нового состава информации о состоянии объектов окружающей среды промышленно развитого города и связанного с этим риска для здоровья населения на основе технологии географических информационных систем.

Для достижения цели решались задачи оценки организации действующей региональной системы мониторинга и уровня объективности идентификации воздействия факторов техногенного риска (уровня загрязнения атмосферного воздуха, качества питьевой воды, уровня загрязнения почвы) на здоровье городского населения (по материалам ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области»); выявлению приоритетных загрязняющих веществ; определения внутригородских территорий с неблагоприятным уровнем загрязнения; научного обоснования принципов использования геоинформационных систем для анализа данных мониторинга окружающей среды города для разработки мероприятий по обеспечению гигиенической безопасности городского населения.

Как известно, под геоинформационной системой (ГИС) понимается система сбора, хранения, анализа информации на электронных картах или соответствующий программный продукт. Составными частями ГИС являются аппаратное, программное обеспечение, методы и технологии, специалисты и сами данные. Без какого-либо звена ГИС не может функционировать.

Методология исследования. В исследовании использована выборка из базы данных регионального социально-гигиенического мониторинга (СГМ), ведущегося на базе Федерального бюджетного учреждения здравоохранения «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области» за 2014-2018 годы. Все определения и измерения уровней воздействия техногенных факторов окружающей среды, внесенные в базу данных, входили в область аккредитации испытательного лабораторного центра учреждения и выполнены аттестованными методами.

Риск для здоровья населения оценивался на основе общепринятых методик: Р 2.1.10.1920-04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду»; МР 2.1.10.0059-12 «Оценка риска здоровью населения от воздействия транспортного шума», а также методических указаний «Комплексное определение антропогенной нагрузки на водные объекты, почву атмосферный воздух в районах селитебного освоения», которые разработаны Федеральным научным центром гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана и опубликованы в открытой научной печати в форме монографии [6].

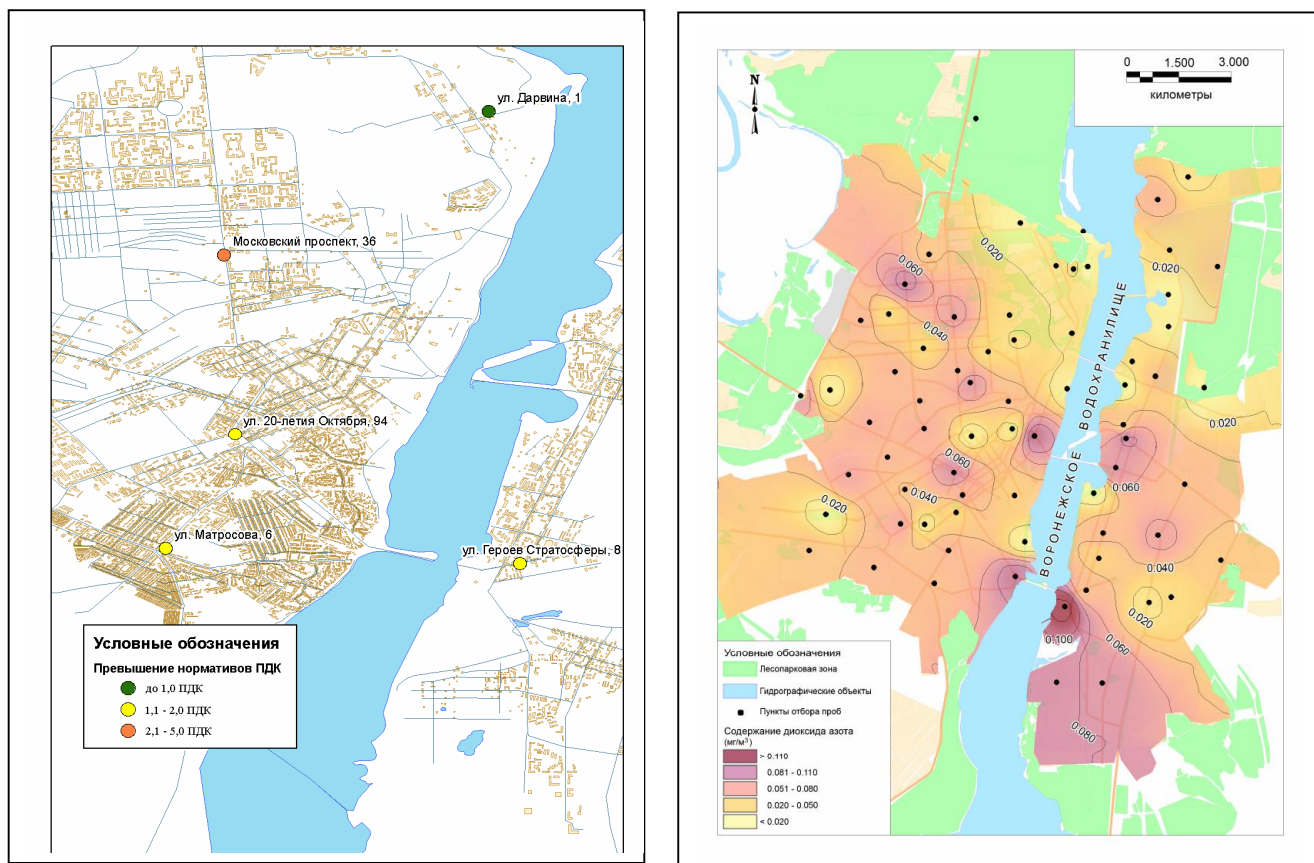
Для картографирования применялся программный продукт ArcGIS ArcView 9.2, что связано с рекомендацией Роспотребнадзора по использованию данной платформы ГИС для СГМ.

Результаты исследования. Оценка организации действующей региональной системы социально-гигиенического мониторинга, функционирующей на базе Центра гигиены и эпидемиологии в Воронежской области, показала, что в городе Воронеже наблюдения за воздействием техногенных факторов окружающей среды систематически проводятся на 5-ти маршрутных постах контроля уровня загрязнения атмосферного воздуха, в 18-ти мониторинговых точках контроля качества питьевой воды, 21-ой мониторинговой точке контроля уровня загрязнения почвы, что для площади городского округа (569 км²) и населения 1,054 млн. человек недостаточно в полной мере для всесторонней оценки риска для здоровья населения, обусловленного воздействием техногенных факторов городской среды, и последующего обоснования мероприятий по обеспечению экологической и гигиенической безопасности населения. Кроме того, использование геоинформационных систем в региональном социально-гигиеническом мониторинге основывается на точечном методе картографирования имеющейся информации, что не обеспечивает общего представления о ситуации об уровнях воздействия факторов среды обитания и здоровья населения на территории города.

В этой связи, для повышения объективности информации о состоянии городской среды обитания в нашем исследовании использованы и данные нерегулярных наблюдений за 2014-2018 годы, которые позволили более объективно рассчитать средние концентрации загрязняющих веществ в объектах окружающей среды, средние уровни воздействия шумового фактора, и показатели риска для здоровья населения, а основным направлением совершенствования применения геоинформационных систем являлся переход от точечного картографирования к площадному, в том числе с использованием метода пространственного интерполирования значений показателей состояния окружающей среды способом изолиний (метода IDW-интерполирования и построения изолиний при помощи модуля «Поверхность»).

Для повышения репрезентативности результатов по оценке риска для здоровья населения, обусловленного загрязнением атмосферного воздуха города, и, учитывая, что фоновые данные региональной системы социально-гигиенического мониторинга представлены только 5 точками контроля, нами была сформирована межведомственная база данных «Уровень загрязнения атмосферного воздуха г. Воронежа», что обеспечило максимально полный учет современных данных о распространении загрязнителей воздушной среды на городской территории. Таким образом, исходные данные для оценки риска были представлены по 70 точкам, т.е. локальным пунктам наблюдений, 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 преимущественно 50-х - 70-х гг. XX века; (жилая СП) – кварталы с современной многоэтажной застройкой преимущественно от 9 этажей и выше; (жилая ЧС) – "частный сектор", преимущественно одноэтажная и коттеджная жилая застройка – 15 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.

Увеличение количества точек мониторинга уровня загрязнения атмосферного воздуха с 5 (мониторинговые точки в системе СГМ) до 70 (все места, где проводились лабораторные исследования различными ведомствами) позволило применить метод интерполяции для построения электронных картограмм, характеризующих уровень загрязнения отдельными веществами. Использование данного алгоритма представлено на примере оценки концентрации диоксида азота (рис 1.3).



Точечный подход картографирования данных СГМ (концентрация диоксида азота в 5 мониторинговых точках)

Площадной подход картографирования данных (концентрация диоксида азота в 70 точках + интерполирование)

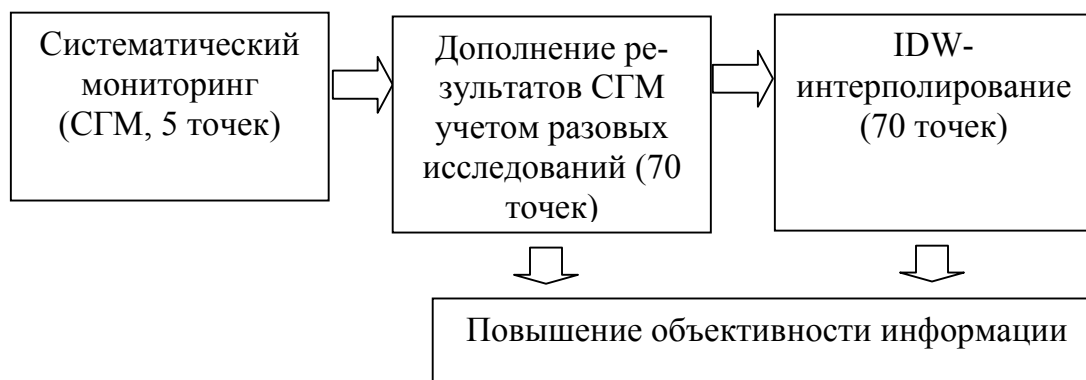


Рис. 1.3. Реализация принципа повышения объективности информации об уровне воздействия факторов окружающей среды с применением инструментов геоинформационных систем (на примере концентрации диоксида азота в атмосферном воздухе)

Результаты оценки канцерогенного риска для здоровья населения, выполненной по средним арифметическим значениям концентраций загрязняющих атмосферный воздух веществ, свидетельству-

ют, что суммарный индивидуальный канцерогенный риск (хром⁺⁶, сажа, формальдегид), составляет более 1×10^{-4} , но менее 1×10^{-3} , что классифицируется как опасный риск. Выявлен также неприемлемый уровень неканцерогенного риска ($HQ > 1$) на промышленной территории и вблизи уличных городских автомагистралей, обусловленный воздействием диоксида азота, оксида меди и соединений хрома⁺⁶, содержащихся в приземном слое атмосферного воздуха. При оценке однонаправленного воздействия веществ установлено, что неприемлемый уровень неканцерогенного риска ($HI > 1$) характерен для развития патологий органов дыхания, сердечно-сосудистой системы, кроветворной системы (кровь) и эндокринной системы.

Расчеты индивидуального канцерогенного риска от воздействия канцерогенных веществ (бенз(а)пирена, кадмия, мышьяка, свинца), содержащихся в почвах селитебной территории города Воронежа (локальные очаги загрязнения территории жилой застройки), показали, что уровни риска для населения относятся к первому диапазону рисков (меньше 1×10^{-6}) и классифицируются как пренебрежимо малые, не требующие принятия мер по их снижению, но подлежащие периодическому контролю. Рассчитанные величины коэффициентов опасности неканцерогенного риска (HQ) составили от минимального значения $5,07 \times 10^{-9}$ до максимального $2,05 \times 10^{-5}$, что можно охарактеризовать как допустимый уровень, не требующий принятия мер по управлению риском (т.е. HQ значительно меньше 1).

Результаты расчета неканцерогенного риска здоровью населения, свидетельствуют, что для питьевой воды, величина неканцерогенного риска, рассчитанного по среднесуточным концентрациям, является приемлемой ($HQ = 0,03 - 0,35 < 1$).

Переходя к оценке качества питьевой воды и риска для здоровья населения, следует отметить, что источником централизованного водоснабжения города являются подземные воды. Нецентрализованные источники не используются. Суммарная мощность водозаборов составляет более 530 тыс. м³/сутки. Холодное водоснабжение осуществляют 4 организации: ООО «РВК-Воронеж» (8 водозаборов; 271 действующая скважина), ООО «ЛОС» (водозаборы городских микрорайонов: Масловка - 6 скважин, и технопарк «Масловский» - 4 скважины), ООО «Энергосетевая компания» (водозабор микрорайона Шиловое - 5 скважин), ООО «Водоканал-Подгорное-1» (водоснабжение микрорайона Подгорное - 3 скважины).

За 2014-2018 годы в Городском округе город Воронеж отсутствовали водоисточники, не соответствующие санитарно-эпидемиологическим требованиям. Все водозаборы города имеют зоны санитарной охраны (ЗСО). Режим ЗСО соблюдается.

Очистные сооружения водозаборов ООО «РВК-Воронеж» основного поставщика питьевой воды в разводящую сеть, в целом обеспечивают подачу воды, соответствующую требованиям гигиенических нормативов.

К приоритетным загрязняющим химическим веществам в питьевой воде на территории города отнесены железо, марганец, нитраты, бор. За последние 5 лет имелись факты превышения гигиенических нормативов качества питьевой воды в разводящей сети только по общему содержанию железа (рис. 1.4).

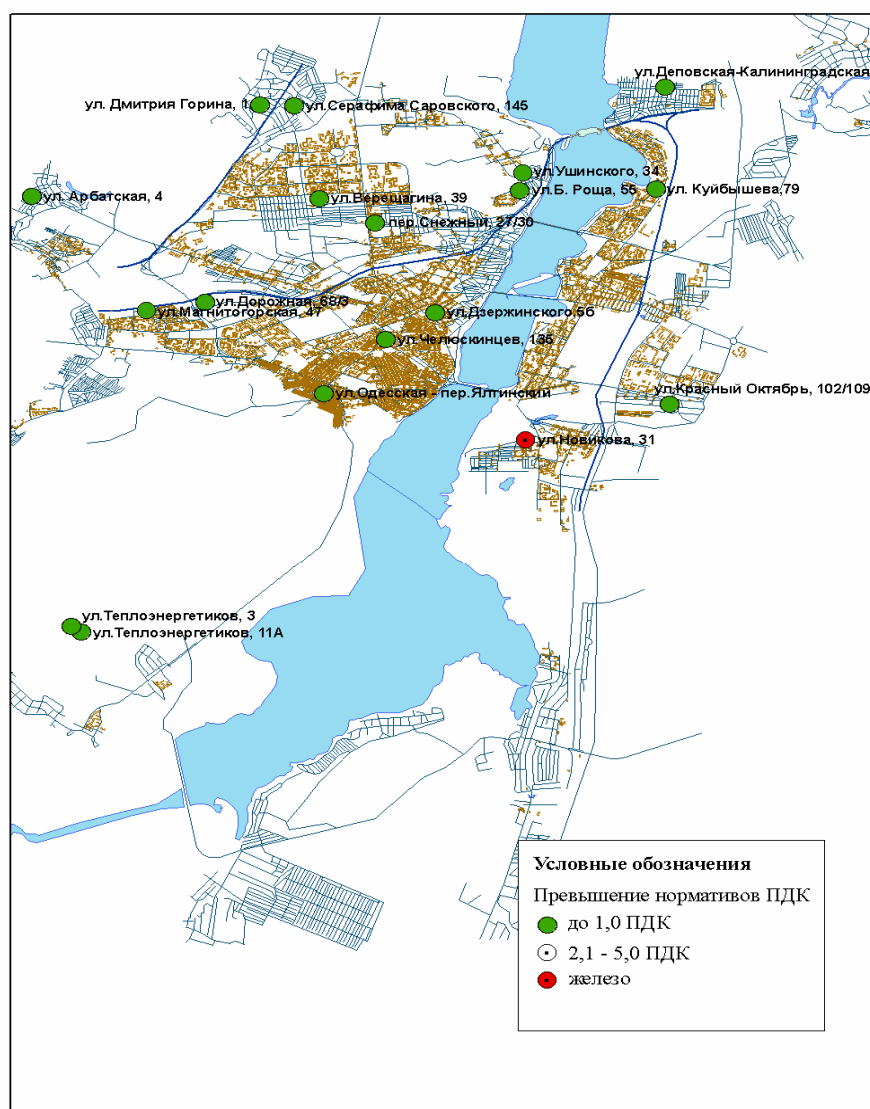


Рис. 1.4. Содержание химических веществ в питьевой воде централизованных систем водоснабжения в мониторинговых точках контроля

По микробиологическим показателям питьевая вода из централизованной водопроводной сети города по показателям микробиологической безопасности полностью соответствовала требованиям.

Комплексные показатели качества питьевой воды (по сумме приоритетных загрязнителей) по территориям города существенно не различаются: $K_{\text{воды}} = 1,78 \div 1,82$ единиц, это объясняется закольцованностью водопроводной сети и смешением вод из различных подземных водоисточников. Однако, использование и анализ комплексных характеристик не отвечает на вопрос о том, какие именно конкретные факторы обуславливают неприемлемый риск для здоровья населения. В этой связи, необходима количественная характеристика риска.

Результаты расчета неканцерогенного риска здоровью населения, выполненные для 5-летнего периода (2014-2018 гг.), свидетельствуют, что для питьевой воды, подаваемой населению г. Воронежа, величина неканцерогенного риска, рассчитанного по среднесуточным концентрациям, как для детского, так и взрослого населения является приемлемой (табл. 1.2).

Таблица 1.2

Неканцерогенный риск здоровью населения (дети, взрослые), обусловленный качеством питьевой воды

Территори- альная единица	Вещество	Средняя кон- центра- ция мг/дм ³	Среднесуточная доза, мг/кг в день		RfD, мг/кг в день	Коэф. опасно- сти (HQ)	
			дети	взрос- лые		дети	взрос- лые
Разводящая сеть г. Воронежа	железо	0,30	0,0190	0,0081	0,3	0,06	0,03
	марганец	0,11	0,0068	0,0029	0,14	0,05	0,02
	нитраты	8,66	0,5536	0,2373	1,6	0,35	0,15
	бор	0,35	0,0224	0,0096	0,2	0,11	0,05

Оценка риска здоровью населения от шумового фактора показала, что согласно данным мониторинга на территории жилой застройки города Воронежа за 2014-2018 годы значения эквивалентных уровней звука ($L_{\text{Аэкв.}}$) в дневное время лежали в интервале от 28 до 87 дБА, в ночное время - от 27 до 71 дБА; значения максимальных уровней звука ($L_{\text{Амакс.}}$) составляли соответственно от 32 до 97 дБА и от 32 до 82 дБА.

ПДУ для дневного шума на территории жилой застройки составляют $L_{\text{Аэкв.}} = 55$ дБА, $L_{\text{Амакс.}} = 70$ дБА.

Практически во всех мониторинговых точках, за исключением двух (ул. Володарского, 39 и ул. Вешних вод, 28) имели место превышения ПДУ по шуму для территории жилой застройки (рис. 1.5).

Риск нарушения здоровья городского населения при существующих уровнях шума от автомобильного транспорта превышает приемлемые величины. 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).

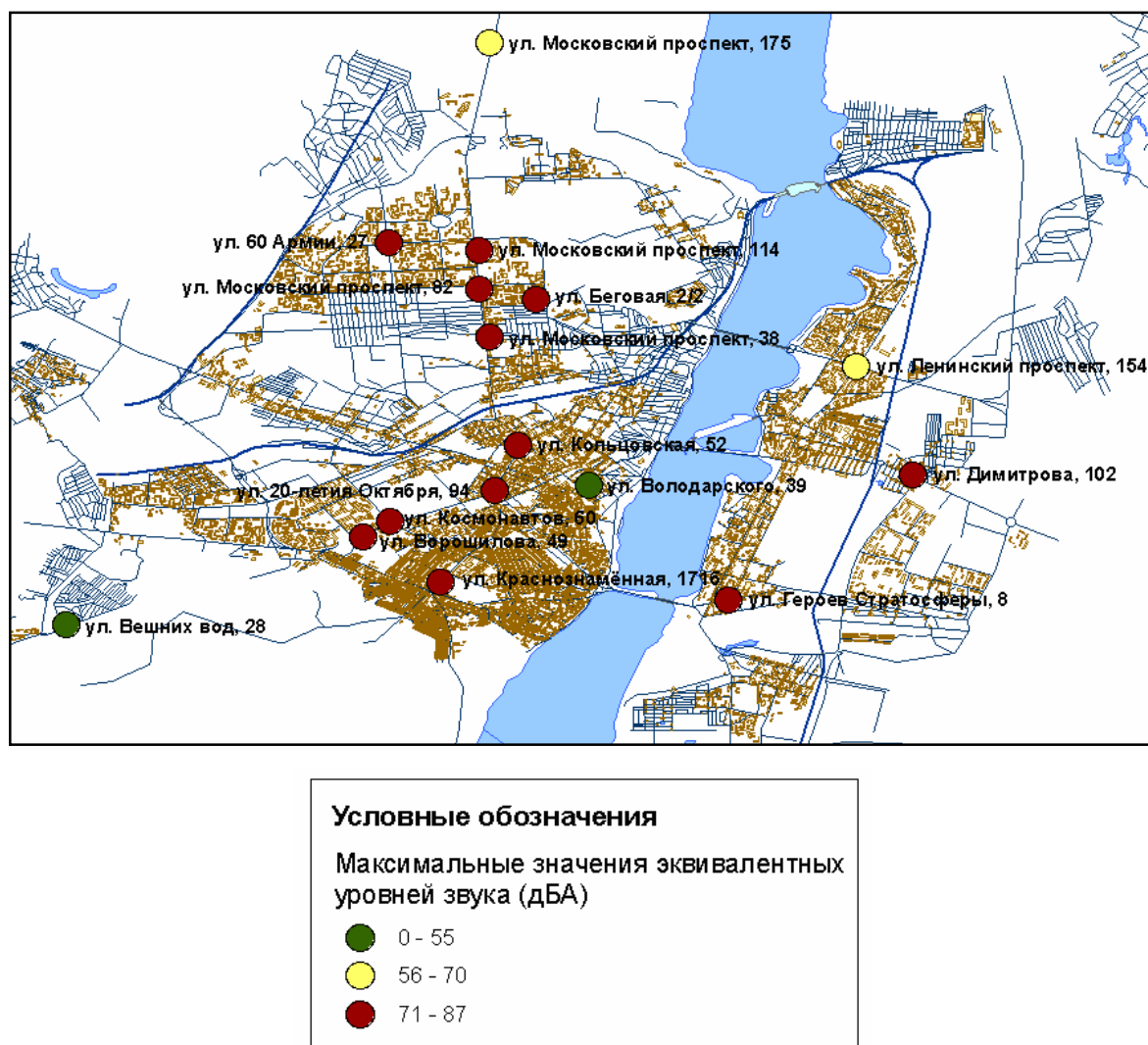


Рис. 1.5. Максимальные значения эквивалентного уровня звука (дневного) ($L_{\text{Аэкв.}}$)

Обобщая полученные данные по оценке риска для здоровья населения, обусловленного влиянием техногенных факторов городской среды обитания, сделан вывод о приоритетности неблагоприятного воздействия на население загрязнения атмосферного воздуха и автотранспортного шума.

Для решения задачи повышения объективности оценки уровня заболеваемости городского населения на основе геоинформационных систем предложен подход ранжирования и картографирования данных по 11 зонам обслуживания детских поликлиник и 16 зон обслуживания взрослых поликлиник, т.к. большинство населения обслуживаются в медицинских организациях по территориальному принципу.

При расчете СМУ общей заболеваемости детей установлено, что он значительно варьирует по отдельным внутригородским территориям – от $928,05 \pm 39,08$ до $1861,46 \pm 106,53$ случаев заболеваний на 1000 детей, при этом по отдельным территориям по отношению к 2014 году наблюдаются как тенденции увеличения уровня (3 территории), так и тенденции снижения (8 территорий).

С использованием компьютерной программы, реализующей проверку на однородность исходных данных с последующим ранжированием показателей, построена пятиуровневая оценочная шкала, проведено ранжирование и картографирование показателей (табл. 1.3, рис. 1.6).

Таблица 1.3

Оценочная шкала для ранжирования показателей
общей заболеваемости детей

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

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

Аналогичный подход электронного картографирования был использован для оценки уровня заболеваемости детей болезнями органов дыхания; органов пищеварения; болезнями мочеполовой

системы; врожденными аномалиями развития; болезнями крови – т.е. классов болезней, которые этиологически, вероятно, связаны с воздействием техногенных факторов городской среды обитания.

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

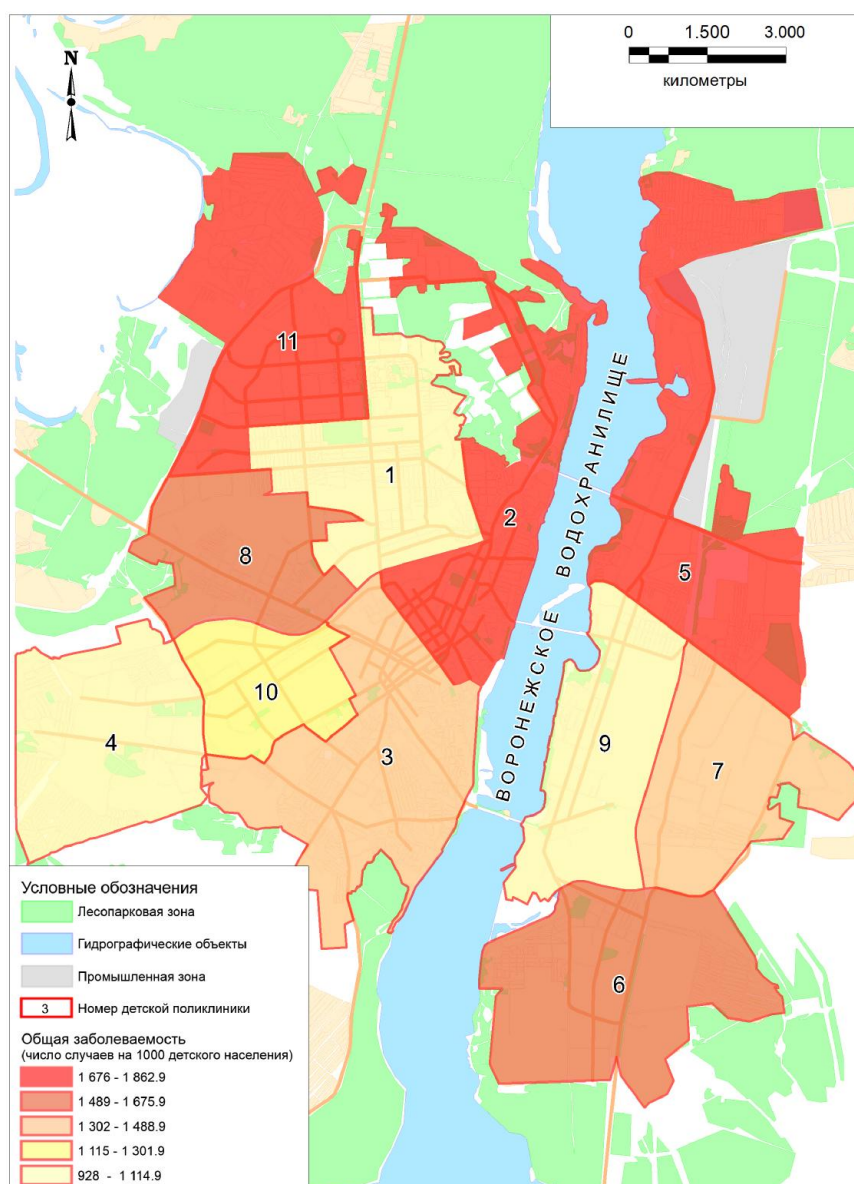


Рис. 1.6. Ранжирование показателей общей заболеваемости детского населения (число случаев заболеваний на 1000 населения)

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

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

В настоящее время развитие системы социально-гигиенического мониторинга невозможно без автоматизирования сбора и анализа информации с учетом иерархического принципа его организации и эффективного межведомственного взаимодействия, что позволило сформулировать принципы эффективного использования и развития геоинформационных технологий для решения задач обеспечения гигиенической безопасности населения, повышения обоснованности и результативности риск-ориентированного планирования контрольно-надзорных мероприятий, на которые необходимо ориентироваться при развитии СГМ в

ближайшей перспективе: 1) комплексность и полнота; 2) стандартизация; 3) достоверность; 4) своевременность; 5) защищенность информации; 6) технологичность; 7) развитие; 8) эффективность. Реализация данных принципов позволит более аргументировано обосновывать решения по обеспечению гигиенической безопасности населения.

По результатам исследования разработана схема реализации геоинформационных систем для обеспечения гигиенической безопасности населения (рис. 1.7).

Обсуждение результатов. В целом результаты наших исследований согласуются с данными других авторов, которые проводили аналогичную экологическую оценку воздействия на население техногенных факторов на территории города Воронежа и отнесли загрязнение атмосферного воздуха и возрастающий уровень автотранспортного шума к числу приоритетных неблагоприятных факторов, беспокоящих население и оказывающих негативное влияние на состояние его здоровья [1, 5, 7, 8].

Обобщая материалы по рассматриваемой проблеме, можно говорить, что требуется совершенствование механизмов межведомственного взаимодействия, повышения заинтересованности каждой из сторон в получении достоверной и необходимой информации для обоснования приоритетных управленческих решений, разработка и внедрение единого методического и аппаратно-программного обеспечения ведения мониторинга, расширение федерального информационного фонда СГМ, повышение квалификации специалистов органов и организаций Роспотребнадзора в части использования информационных технологий для автоматизированного сбора, межведомственного обмена и анализа данных, а также настройки и эксплуатации ГИС.

Заключение. Результаты анализа организации действующей региональной системы социально-гигиенического мониторинга и уровня объективности идентификации воздействия факторов техногенного риска на здоровье городского населения в условиях снижения объемов инструментального и лабораторного контроля свидетельствуют о необходимости совершенствования методов сбора и анализа информации на основе геоинформационных систем, что с учетом интерполирования позволяет перейти от точечного анализа факторов риска к площадному.

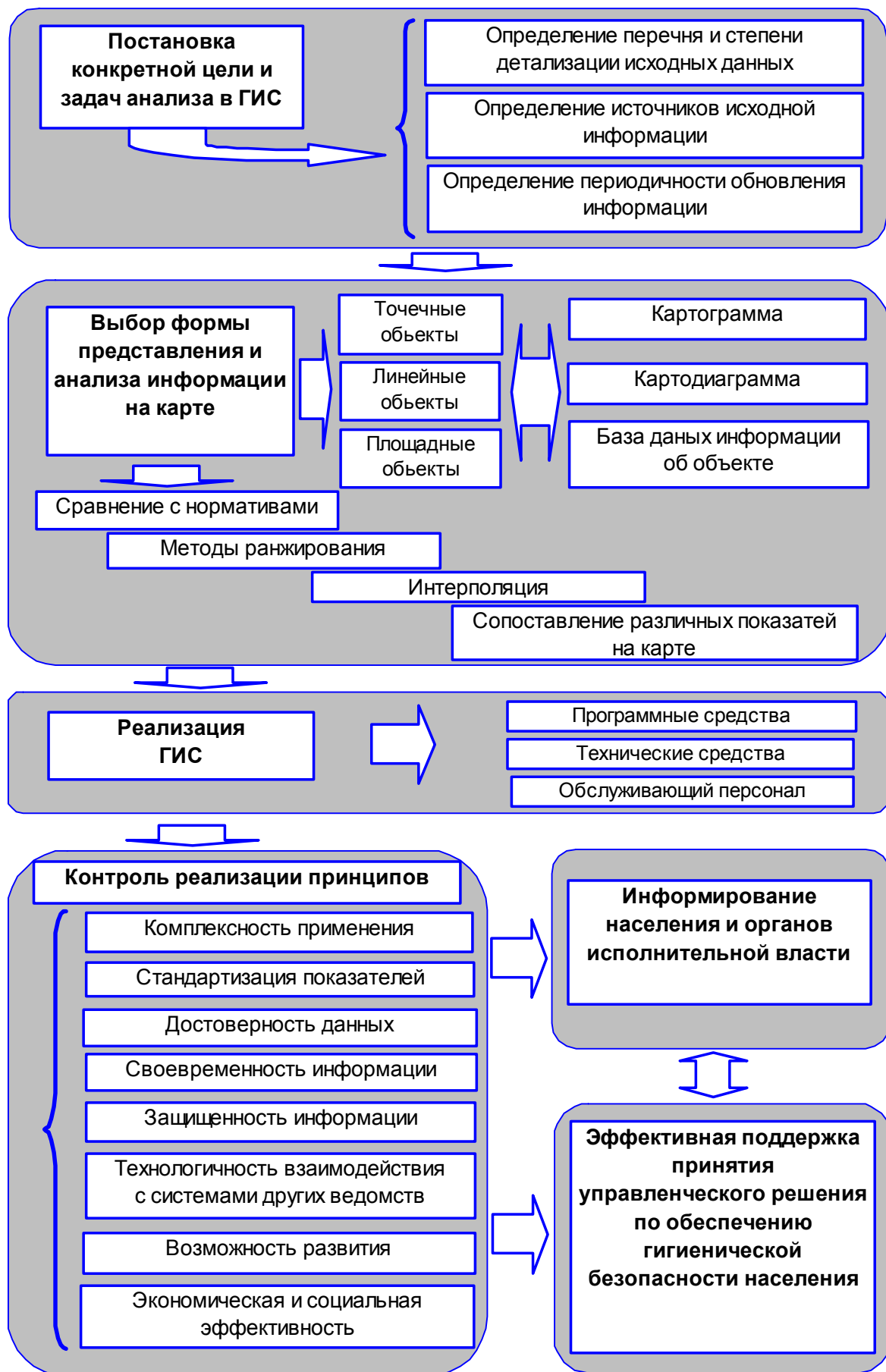


Рис. 1.7. Схема реализации геоинформационных систем для обеспечения эколого-гигиенической безопасности населения

Оценка риска для здоровья населения, обусловленного воздействием факторов техногенно измененной городской среды обитания, показала приоритетность неблагоприятного воздействия на горожан загрязнения атмосферного воздуха и автотранспортного шума: уровни суммарного индивидуального канцерогенного риска (хром⁺⁶, сажа, формальдегид), составляющее более 1×10^{-4} , но менее 1×10^{-3} , что классифицируется как опасный риск; неприемлемый уровень неканцерогенного риска ($HQ > 1$) на промышленной территории превышен по диоксиду азота, оксиду меди, хрому⁺⁶; неприемлемый уровень неканцерогенного риска ($HI > 1$) характерен для развития патологий органов дыхания, сердечно-сосудистой системы, кроветворной системы (кровь) и эндокринной системы; риск нарушения здоровья городского населения при существующих уровнях шума от автомобильного транспорта превышает приемлемые величины.

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).

Повышение обоснованности и результативности риск-ориентированного планирования контрольно-надзорных мероприятий возможно при реализации принципов эффективного использования и развития геоинформационных систем для решения задач обеспечения гигиенической безопасности населения, к которым отнесены: комплексность применения; стандартизация, достоверность, своевременность, защищенность информации; технологичность взаимодействия с системами других ведомств; возможность развития; экономическая и социальная эффективность.

Совершенствование региональной системы мониторинга факторов окружающей среды достигается решением задач определения уровня детализации и перечня информации, изображаемой на электронных картах для осуществления риск-ориентированного планирования контрольно-надзорных мероприятий; обеспечении возможности автоматизированного взаимодействия с системами других ведомств; повышения объема и объективности инструментальных и лабораторных исследований факторов городской среды обитания.

Приоритет в комплексе мероприятий по обеспечению гигиенической безопасности городского населения с учетом выявленных региональных особенностей состоит в необходимости снижения

воздействия выбросов загрязняющих веществ и шумового фактора от автомобильного транспорта, что может быть решено реализацией грамотных градостроительных решений, обоснованных с санитарно-гигиенических позиций по результатам количественной оценки риска для здоровья населения.

Подводя итог анализа проблемных вопросов в области внедрения геоинформационных технологий в социально-гигиенический мониторинг и риск-ориентированное планирование контрольно-надзорных мероприятий, можно сформулировать следующие приоритетные задачи:

1) определить необходимый уровень детализации и перечень информации, изображаемой на электронных картах для осуществления риск-ориентированного планирования контрольно-надзорных мероприятий (единый для подведомственных Роспотребнадзору организаций и учреждений);

2) обеспечить в Роспотребнадзоре организационную и нормативно-методическую поддержку иерархического принципа эксплуатации ГИС на едином для организаций и учреждений программном продукте отечественных разработчиков или проработать предложение о возможности создания и эксплуатации облачных информационных технологий для региональных организаций на базе федерального уровня;

3) проработать вопросы совмещения ГИС с аналогичными системами других ведомств, участвующих в сборе данных социально-гигиенического мониторинга (Росстат, Росгидромет, Росприроднадзор, Минздрав и др.) для обеспечения возможности автоматизированного экспорта-импорта данных;

4) решить кадровые вопросы для обеспечения настройки и последующей эксплуатации ГИС, поскольку настройка ГИС, обеспечение защиты информации – это задачи технических специалистов, а эксплуатация ГИС может быть осуществлена специалистами медико-профилактического профиля, работающими в подразделениях СГМ;

5) предусмотреть бюджетное финансирование закупки лицензионных программных продуктов для ГИС в СГМ предпочтительно российских разработчиков для Управлений Роспотребнадзора и Центров гигиены и эпидемиологии в субъектах Российской Федерации.

Литература

1. Акимов Л.М. Экологическая оценка загрязнения воздушно-го бассейна автотранспортом в зависимости от состояния атмосфе-

ры города Воронежа / Л.М. Акимов, А.Б. Якушев, С.А. Куролап // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. – 2011. – № 2. – С. 158-165.

2. Куролап С.А. Геоэкологическая диагностика субъектов Центрального Черноземья / С.А. Куролап, Н.В. Яковенко, В.И. Федотов, В.Б. Михно, Л.Н. Костылева // Юг России: экология, развитие. – 2019. – Т. 14. № 1 (50). – С. 67-80.

3. Куролап С.А. Комплексный подход к оценке состояния почвенного покрова урбанизированной территории на примере города Воронежа / С.А. Куролап, Л.О. Середа // Экологические системы и приборы. – 2017. – № 12. – С. 8-16.

4. Медико-экологический атлас города Воронежа [электронный ресурс]: / С.А. Куролап, Т.И. Прожорина, М.А. Клевцова, П.М. Виноградов, Н.В. Каверина, С.А. Епринцев, О.В. Клепиков и др. - Воронеж: Воронежский государственный университет, 2019. (Создан при финансовой поддержке Русского географического общества). — URL:<http://www.geogr.vsu.ru/atlas.htm>

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: ИПФ "ЛИО", 2016. – 180 с.

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

7. Стёпкин Ю.И. Оценка факторов риска в условиях химического и шумового воздействия на здоровье населения / Ю.И. Стёпкин, И.И. Механтьев, А.В. Платунин, И.В. Колнет // Медицина труда и промышленная экология. – 2016. – № 7. – С. 25-28.

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

9. Якушев А.Б. Геоэкологический аспект проектирования автомобильных дорог в городских условиях / А.Б. Якушев. С.А. Куролап // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. – 2011. – № 1. – С. 111-117.

10. Kurolap S.A. Regional geographic information systems of health and environmental monitoring / S.A. Kurolap, O.V. Klepikov, P.M. Vinogradov, V.A. Gritsenko // Baltic Region. – 2016. – Vol. 8. №4. – P. 108-124.

ГЛАВА 2. ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ, СВЯЗАННЫХ С КАЧЕСТВОМ ХОЗЯЙСТВЕННО- ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ УРБАНИЗИРОВАННЫХ И СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

2.1. Оценка качества питьевой воды малых городов Воронежской области

Анализ современной гигиенической обстановки на территории России свидетельствует о серьезных проблемах в области безопасности питьевого водопользования. Это напрямую связано с увеличением антропогенной нагрузки на поверхностные водоемы, дефицитом водных ресурсов питьевого качества, низкой эффективностью очистки сточных вод на очистных сооружениях и высокой изношенностью водопроводных сетей. В связи с этим неотъемлемыми водоохранными мероприятиями являются постоянный мониторинг и жесткий контроль качества питьевых вод.

Все вышесказанное подтверждает необходимость проведения региональных гидрохимических исследований по оценке качества питьевой воды в крупных промышленных городах. Эти вопросы особенно актуальны в Воронежской области, где около 30 % источников водоснабжения не соответствуют экологическим требованиям, что вызывает определенный риск для здоровья населения региона [12].

Цель работы заключается в анализе состояния централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения малых городов Воронежской области, а также оценка качества питьевой воды по результатам эколого-аналитических исследований ее химического состава.

В качестве объектов исследования были выбраны административные центры (п.г.т. Анна, г. Богучар, г. Лиски и г. Россошь) четырех муниципальных районов Воронежской области: Аннинского, Богучарского, Лискинского и Россошанского (рис. 2.1) [4].

По данным территориального органа государственной статистики по Воронежской области в таблице 3.1 приведена численность населения исследуемых территорий.

Чтобы оценить качество питьевой воды и её соответствие санитарно-гигиеническим нормам централизованного водоснабже-

ния, авторами работы было проанализировано 50 разовых проб водопроводной воды, отобранной в четырех городах Воронежской области: Анна (18 проб из 9 районов), Богучар (12 проб из 4 районов), Лиски (8 проб из 4 районов), Россошь (12 проб из 6 районов).



*Рис. 2.1. Исследуемые районы Воронежской области
(выделены темным фоном)*

Таблица 2.1

Оценка численности населения
Воронежской области (на 1.01.2017года)

Муниципальные районы	Численность населения района, человек	Административный центр	Численность населения города, человек
Воронежская область, в т.ч.	2334980		
Аннинский	39811	п.г.т. Анна	16438
Богучарский	36854	г. Богучар	11295
Лискинский	100071	г. Лиски	54184
Россошанский	93337	г. Россошь	62884

В связи с доставкой проб в лабораторию, химический анализ воды проводился на следующий день после отбора проб.

Работа проводилась в период с 2016 по 2018 годы. Каждая проба анализировалась в 2-кратной повторности от 7 до 12 показателей. Итого было выполнено 924 анализа.

Химический анализ проб воды был выполнен на базе аттестованной эколого-аналитической лаборатории факультета географии, геоэкологии и туризма ВГУ с применением химических (общая жесткость, Ca^{2+} , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^-) и инструментальных (кондуктометрический - общая минерализация; потенциометрический (pH), колориметрический (цветность, $\text{Fe}_{\text{общ.}}$, NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+); вольтамперометрический (Mn^{+2})/ методов анализа [3].

В системе антропогенного воздействия на гидросистемы Воронежской области значительную роль играют водопотребление и водоотведение. Интенсивное водопотребление и водопользование приводит к изменению гидрохимического режима рек и к резкому снижению качества воды.

Кроме отраслей промышленности на состояние водных ресурсов значительное антропогенное воздействие оказывают практически все очистные сооружения Воронежской области, которые имеют низкую эффективность очистки, что приводит к поступлению в реки недостаточно очищенных и неочищенных сточных вод.

По данным Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области [2] установлено, что все очистные сооружения исследуемых нами городов работают «неэффективно», поэтому они являются источниками загрязнения не только поверхностных вод, но тесно связанных с ними подземных водоносных горизонтов – источников питьевого водоснабжения.

Кроме того следует отметить, что на территории исследуемых районов Воронежской области имеется производство минеральных удобрений в Россошанском районе, сахарное производство в Лискинском районе и молочное производство в Богучарском районе. При выпуске продукции образуется большой объем сточных вод, которые сбрасываются на поля фильтрации. Загрязняющие вещества просачиваются через почвы и поступают в водоносные горизонты. Таким образом, поля фильтрации являются еще одним источником загрязнения подземных вод. Высокую антропогенную нагрузку имеют также полигоны ТБО и ливневые стоки с территории городов.

Основными причинами низкого качества питьевой воды на территории городов Анна, Лиски, Богучар и Россошь являются:

- антропогенное загрязнение поверхностных и подземных вод;
- природное загрязнение воды, обусловленное повышенным присутствием в подземных водах солей жесткости, марганца, железа, бора, фтора;
- сброс недостаточно очищенных сточных вод в водные объекты;
- недостаточная эффективность технологий обработки воды в связи с отсутствием современного комплекса водоподготовки и обеззараживания;
- неудовлетворительная работа очистных сооружений;
- высокая изношенность разводящих сетей, приводящая к вторичному загрязнению воды [2].

Для подачи населению региона качественной питьевой воды необходимо: для обеззараживания воды заменить метод хлорирования на ультрафиолетовое обеззараживание или озонирование; заменить все водопроводные трубы на полимерные; строительство новых очистных сооружений и др.

Главным источником хозяйственно-питьевого водоснабжения исследуемых районов являются подземные воды. В Россошанском и Богучарском районах они приурочены к турон-коньякскому водоносному горизонту, который имеет повсеместное распространение и вмещает толщу меловых отложений. Этим объясняется повышенная жесткость питьевой воды в этих районах. В Аннинском районе для водоснабжения используется неоген-четвертичный комплекс, в кровле которого, в основном, залегают пески, в связи с чем он подвергается поверхностному загрязнению. В Лискинском районе основным источником водоснабжения являются подземные водоносные горизонты : верхнечетвертичный и девонский [10].

Как на предприятиях, так и во всех крупных населенных пунктах подземные воды эксплуатируются артезианскими скважинами (глубина – 60 м), в мелких населенных пунктах - каптированными родниками и колодцами. Во избежание загрязнения подземных вод многие скважины подлежат ликвидации, так как давно выработали свой ресурс. Используемые для централизованного водоснабжения подземные воды имеют, как правило, повышенное содержанием солей жесткости, общего железа, нитратов, хлоридов, что отражается на органолептических свойствах питьевой воды и в результате оказывает влияние на здоровье жителей данных районов.

Во многих сельских поселениях наблюдается загрязнение грунтовых вод (верховодка) за счет присутствия большого количества компонентов азотной группы (аммиак, нитриты, нитраты), обусловленное хозяйственно-бытовой деятельностью человека.

Следует отметить, что из-за ветхости разводящей сети участились случаи вторичного загрязнения питьевых вод. Загрязнение подземных водоносных горизонтов также тесно связано с недостаточно очищенными стоками с очистных сооружений МУП «Богучаркоммунсервис», «Очистные сооружения» г. Россошь, МУП «Водоканал» г. Лиски и Анна.

Потенциальными источниками загрязнения подземных вод являются бесхозные скважины и колодцы, как правило, не контролируемые инспекционными службами.

Анализ водопотребления показал, что в п.г.т. Анна, г. Богучар, г. Лиски и г. Россошь присутствует смешанный тип водоснабжения. Централизованным хозяйственно-питьевым водоснабжением охвачено от 40 до 95% населения, а на долю децентрализованного водоснабжения приходится от 5 до 60%, причем, в основном, это колодцы (табл. 2.2).

Таблица 2.2

Характеристика водоснабжения

Наименование города	Среднесуточное потребление питьевой воды, л	Обеспеченность водопроводом, %	Протяженность водопроводных сетей, км	Протяженность ветхих сетей, км	Изношенность водопроводных сетей, %
Г. Анна	65,8	40	119,2	21,5 (18%)	80
Г. Богучар	166	95	44,2	4,0 (10%)	78,4
Г. Лиски	230	95	160,3	67,4 (42,0%)	76
Г. Россошь	210	84	172	52,1 (30%)	82

Техническое состояние водопроводных сетей в городах Анна, Богучар, Лиски и Россошь «неудовлетворительное», а степень изношенности водопроводных сетей «высокая» - более 80%.

На качество подаваемой населению питьевой воды оказывает влияние санитарная надежность водоподготовки и транспортировки воды, которая оценивается как «неблагополучная». Обеззараживание питьевой воды на водоподъемных станциях производится хлором и его соединениями, при этом другие методы дезинфекции

не применяются, что не оправдано, учитывая токсичное действие хлорорганических соединений.

Одновременно с решением задач по улучшению качественного состояния источников водоснабжения требуется существенно улучшить уровень водоподготовки, прежде всего, путем ввода в эксплуатацию новых технологий водоочистки и обеззараживания питьевой воды.

Анализ водоотведения показал, что централизованная система хозяйственно-бытовой канализации имеется только в административных центрах (водоотведением охвачено от 13 до 75% населения), а в сельских поселениях Аннинского, Богучарского, Лискинского и Россошанского районов в основном выгребы и выносные уборные (табл. 2.3).

Таблица 2.3

Характеристика систем водоотведения

Наименование населенного пункта	Обеспеченность канализацией, %	Пропуск сточных вод за год, тыс. куб. м	Наличие очистных сооружений с мощностью тыс. м ³ /сутки	Протяженность существующих канализационных сетей, км		Изношенность канализационных сетей, %
				всего	ветхих	
г. Анна	13	721,3	5,0	14,87	4,98 (33,5%)	70
г. Богучар	75	636,0	7,2	25,9	2,06 (8%)	72
г. Лиски	58	3200,0	25,6	21,0	8,9 (42,4%)	80
г. Россошь	70	3100000	37,5	118,9	35,7 (30%)	70

Техническое состояние канализационных сетей в городах Анна, Богучар, Лиски и Россошь «удовлетворительное», а степень изношенности составляет от 70 до 80% [2].

Самотечные канализационные сети городских поселений находятся в эксплуатации от 20 до 50 лет, что сказывается на количестве аварий, затратах на содержание сетей и ликвидацию аварий.

Постоянный контроль за санитарно-эпидемиологической безопасностью питьевой воды из источников централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения в районах Воронежской области осуществляет Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области.

Индекс загрязнения питьевой воды, рассчитанный по приоритетным для территории Воронежской области загрязнителям

(железо, марганец, нитриты, нитраты) за многолетний период (2000-2012гг.) , свидетельствует, что ИЗВ варьирует в интервале от 1,02 до 2,32 единиц. Следует отметить, что Лискинский и Россошанский районы имеют примерно одинаковый индекс загрязнения воды ($\text{ИЗВ} = 1,66$ и $1,62$ соответственно), что выше среднего показателя по области ($\text{ИЗВ} = 1,54$). В то же время Богучарский и Аннинский районы также имеют примерно одинаковый индекс загрязнения воды ($\text{ИЗВ} = 1,1$ и $1,08$ соответственно), что ниже среднего показателя по области [4].

Подводя итог, следует отметить, что *приоритетными загрязняющими веществами в питьевой воде систем централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения Воронежской области являются: общая жесткость, железо, марганец, бор, фториды (природного происхождения) и нитраты (антропогенного загрязнения)* [7]. В результате статистического анализа данных установлено, что население в целом по Воронежской области употребляет воду, не отвечающую требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения» [11].

На основании проведенных исследований авторами работы была дана гидрохимическая оценка качества питьевой воды, отобранной из разводящей сети исследуемых городов Воронежской области.

П.г.т. Анна. Результаты анализа показали, что из 18 исследованных проб воды, в 8 пробах обнаружена повышенная жесткость, превышающая норму в 2 раза ($\text{ПДК} \leq 7$ ммоль/л). Кроме того в районе «Спиртзавода» проба воды (№17) характеризуется как «очень жесткая» (14,5 ммоль/л) и ее опасно употреблять в питьевых целях без соответствующей очистки. Во всех районах города питьевая вода имеет повышенную минерализацию (за исключением района «Киреевка» – пробы №5, 6). При этом водопроводная вода в районе «Киреевка» (пробы № 5 и 6) отличается повышенным содержанием железа, которое превышает ПДК от 1,3 до 1,7 раза (при норме $\leq 0,3$ мг/л).

Г. Богучар. Из 12 отобранных проб воды, 9 проб (№1,2,3,7-12) удовлетворяют требуемым нормам и характеризуются как «умеренно-жесткие». Однако, в 3 пробах обнаружена повышенная жесткость, которая превышает ПДК от 1,3 до 1,78 раза. Так, например, во всех трех пробах района «Залиман» (пробы №4, 5, 6), зарегистрированы высокие значения общей жесткости (от 9,36 до

12,4 ммоль/л соответственно), что позволяет отнести данные пробы воды к категории «очень жесткая».

Несмотря на то, что количество катиона кальция во всех исследуемых пробах воды находится в пределах нормы (менее 200 мг/л), следует отметить, что в связи с повышенной жесткостью пробы воды района «Залиман» отличаются значительным содержанием катиона кальция от 126,3 до 156,1 мг/л соответственно. Этот фактор может привести к зашлаковыванию организма и образованию камней в почках [8].

Установлено, что во всех районах г. Богучар питьевая вода относится к среднеминерализованной, однако пробы воды снова в районе «Залиман» (№4, 5, 6) имеют повышенную минерализацию от 590 до 840 мг/л соответственно (при норме ≤ 1000 мг/л).

Этим же фактом объясняется высокая концентрация хлоридов во всех пробах района «Залиман» от 180 до 350 мг/л (при норме ≤ 350 мг/л). Избыток солей приводит к изменениям в кровеносных сосудах, перегружает работу сердца и почек, повышает артериальное давление [5].

Результаты анализа показали, что из 12 отобранных проб водопроводной воды только в пробе №7 района «Песковатка» обнаружено значительное содержание железа, превышающего норму в 2,5 раза (0,75 мг/л). Растворенное *в воде железо* повышенной концентрации нередко становится причиной развития дерматитов, аллергических реакций, заболеваний печени и почек.

Несмотря на то, что содержание нитрат-ионов во всех пробах воды соответствует требованиям гигиенических нормативов (Сан-ПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода» [11]), следует отметить, что в пробе №9 района «Залиман» нитраты превышают норму в 1,33 раза (ПДК ≤ 45 мг/л), что свидетельствует о возможном антропогенном загрязнении водопроводной воды. Наличие соединений азота в воде может стать причиной ухудшения качества воды по микробиологическим показателям.

Г. Лиски. Анализ на содержание солей жесткости показал, что из 8 отобранных проб воды, в 6 пробах обнаружена повышенная жесткость, которая превышает ПДК от 1,1 до 1,43 раза. В районах «Сахарного завода», «Песковатки» и «Центре» питьевая вода, отобранная из разводящей сети, характеризуется как «очень жесткая».

В пробах №3,6,7 обнаружено повышенное содержание железа, превышающее норму в 1,1 раза, в остальных пяти пробах

фактическая концентрация железа практически достигает ПДК (0,27-0,29 мг/л).

Во всех районах города водопроводная вода имеет повышенную минерализацию. Несмотря на то, что содержание нитратного азота во всех пробах воды удовлетворяет требованиям санитарно-гигиенических нормативов, все же следует отметить, что в пробах № 1, 2, 3 наблюдается значительное содержание нитрат-ионов (от 20,5 до 37 мг/л), имеющих вероятно, антропогенный характер [6].

Г. Россошь. Всего 4 пробы воды (№4,10,11,12) из 12 исследованных проб соответствуют требуемым нормативам и относятся к категории «умеренно-жесткие». Остальные 8 проб характеризуются повышенной жесткостью, которая превышает ПДК от 1,1 до 1,78 раза. Так, например, в районах «Центр», «Аэродром» и «Старый город» значения общей жесткости воды находятся в пределах от 7,1 до 7,8 ммоль/л (пробы №1, 2, 3, 5, 6), что характеризует водопроводную воду как «жесткая». Кроме того во всех пробах района «Эсауловка» (№7, 8) и в одной пробе (№9) района «Озерки» зарегистрированы еще более высокие значения общей жесткости (от 9,9 до 12,4 ммоль/л соответственно), что позволяет отнести данные пробы воды к категории «очень жесткая». Такая вода приводит к зашлаковыванию организма и мочекаменной болезни. Повышенной жесткостью объясняется превышение катиона кальция в пробе №9 района «Озерки» в 1,1 ПДК (218,4 мг/л) [9].

Установлено, что во всех районах города Россошь питьевая вода относится к среднеминерализованной, однако пробы района «Эсауловка» (№7, 8) и «Озерки» (№9), имеют повышенную минерализацию (от 546 до 877 мг/л соответственно).

Несмотря на то, что содержание нитрат-ионов во всех пробах воды соответствует требованиям гигиенических нормативов, все же следует отметить антропогенное присутствие нитратов (до 7,4 мг/л) в городских районах «Озерки» и «Мамон» (пробы № 9, 11).

Таким образом, по результатам проведенных исследований были получены следующие обобщающие выводы.

1. Установлено, что население Воронежской области (на примере городов Анна, Богучар, Лиски, Россошь) употребляет воду, не отвечающую требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения» [11].

2. Приоритетными загрязняющими веществами в питьевой воде систем централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения исследуемых городов (Анна, Богучар, Лиски и Россошь) Воронежской области являются: общая жесткость и железо (природного происхождения); минерализация и нитраты (антропогенного загрязнения).

3. Из 50 разовых проб водопроводной воды, только 16% (8 проб) отобранных проб имеют качество питьевой воды, удовлетворяющее требованиям гигиенических нормативов:

- 6 проб г. Богучар (районы «Центр» и «Военный городок»);
- 2 пробы г. Россоши (район «Мамон»).

4. Питьевую воду, подаваемую населению, из разводящей сети п.г.т. Анны, г. Богучар, г. Лиски и г. Россоши не рекомендуется употреблять без дополнительной очистки.

Для обеспечения населения качественной питьевой водой в рамках государственной программы Воронежской области «Обеспечение доступным и комфортным жильем и коммунальными услугами населения Воронежской области» предусмотрена реализация такого мероприятия, как «Развитие систем водоснабжения и водоотведения Воронежской области». Основные мероприятия сформированы по срокам реализации и приоритетности проектов до 2020 года [1].

Однако, полностью заменить водопроводные сети города или технологически обновить действующие станции водоочистки в данный момент невозможно, так как решение этих мероприятий потребует больших капиталовложений. Поэтому обеспечение жителей Воронежской области качественной питьевой водой остается актуальной проблемой. В связи со сложившейся ситуацией контролирующим службам региона требуется усилить контроль за качеством питьевого водоснабжения, а населению необходимо использовать бытовые фильтры для доочистки воды.

2.2. Гидрохимическая оценка качества питьевого водоснабжения в пределах города Новохоперск и его окрестностей

Состояние источников питьевого водоснабжения, неудовлетворительная очистка и обеззараживание напрямую связаны с качеством питьевой воды, подаваемой потребителям. В целом по России 20,6% проб, взятых из водопровода, не отвечают гигиени-

ческим требованиям к питьевой воде по санитарно-химическим показателям (органолептическим характеристикам, общей минерализации и по содержанию токсических веществ) и 10,6% - по микробиологическим.

Обоснованные претензии к качеству питьевой воды имеются во всех регионах России, в том числе и в Воронежской области.

В настоящее время состояние питьевого водоснабжения продолжает оставаться одной из актуальных задач по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия населения городского округа г. Воронежа и всей Воронежской области, поскольку является одним из определяющих факторов охраны здоровья населения.

К проблемам в сфере водоснабжения региона можно отнести: загрязненность и истощение месторождений подземных вод, изношенность разводящих сетей, неудовлетворительное состояние зон санитарной охраны водозаборных скважин, неполная обеспеченность жилищного фонда централизованным водоснабжением и другие. Все это приводит к неудовлетворительному качеству питьевой воды [2].

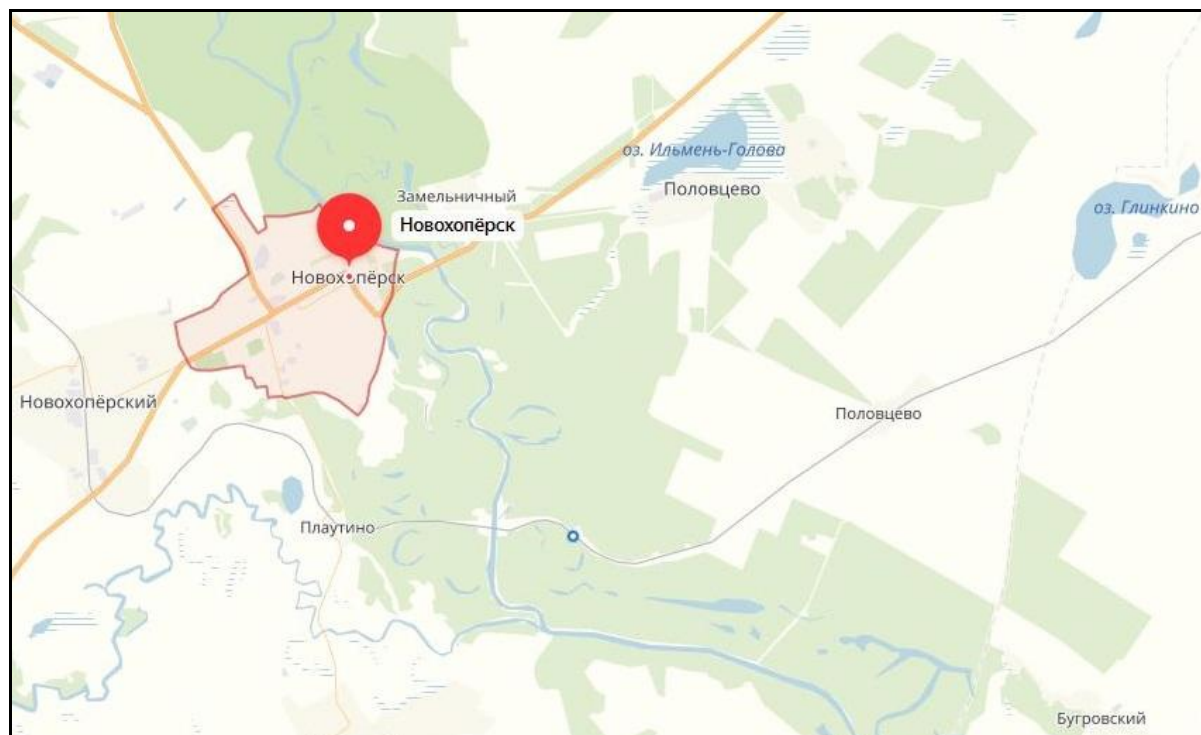
Кроме того следует отметить, что во многих населенных пунктах Воронежской области централизованным водоснабжением охвачено меньшая часть населения. Поэтому в питьевых целях жители используют, в основном, децентрализованные источники водоснабжения (скважины, колодцы, одиночные колонки, родники).

Обобщая все вышесказанное необходимо сказать о том, что качество воды оставляет желать лучшего, поэтому зачастую водный фактор является причиной множества заболеваний. В связи с этим должны проводиться мероприятия, направленные на улучшение качества питьевого водоснабжения.

Цель работы заключается в оценке качества источников централизованного и децентрализованного питьевого водоснабжения на основании результатов эколого-аналитических исследований химического состава питьевой воды, отобранной в различных муниципальных районах г. Новохоперска Воронежской области и его окрестностей.

Зимой 2019 г. авторами работы было отобрано 4 разовых пробы питьевой воды из разводящей сети двух районов в г. Новохоперск и 6 разовых проб воды в 3 населенных пунктах Новохоперского района из источников децентрализованного водоснабжения.

Исследуемый участок территории Новохоперского района и места взятия проб воды отображены с помощью приложения Google Map (рис. 2.2).



*Рис. 2.2. Картосхема исследуемого участка
Новохоперского района*

На базе аттестованной эколого-аналитической лаборатории факультета географии, геоэкологии и туризма Воронежского государственного университета авторами работы были проведены собственные гидрохимические исследования по оценке качества питьевой воды Новохоперского района, отобранных из централизованных и децентрализованных источников водоснабжения.

Химический анализ отобранных проб воды проводился для ряда наиболее приоритетных компонентов с применением химических и инструментальных методов анализа [3].

В связи с доставкой проб в лабораторию, анализ выполняли на следующий день после отбора проб.

На основании полученных результатов химического состава водных проб был проведен сравнительный анализ определяемых ингредиентов с предельно-допустимыми концентрациями (ПДК) загрязняющих веществ для водоемов хозяйственно-питьевого назначения.

Результаты химического анализа проб воды из централизованных источников водоснабжения представлены в таблице 2.4.

Таблица 2.4

Химический состав водных проб из разводящей сети
г. Новохоперска (18.01.2019г.)

Показатели	№ 1 <i>водопро водная вода</i>	№2 <i>водопро водная вода</i>	№ 3 <i>водопро водная вода</i>	№4 <i>водопро водная вода</i>	ПДК хоз-пит. назначения
Прозрачность, см	15	14,8	15	15	
Цветность, град.	20	40	20	20	20
рН	7,28	7,35	7,64	7,43	6,0-9,0
Минерализация, мг/л	407	414	411	426	1000
Общая жесткость, ммоль/л	7,1 жесткая	7,1 жесткая	6,6 жесткая	7,4 жесткая	7,0
Ca^{2+} , мг/л	93,3	94,8	95,2	97,2	200
Mg^{2+} , мг/л	29,7	29,2	21,9	31,3	100
HCO_3^- , мг/л	161,6	164,5	163,0	168,7	500
SO_4^{2-} , мг/л	108	120	96	127	500
Cl^- , мг/л	105,5	112,1	112,1	115,4	350
$\text{Fe}_{\text{общ}}$, мг/л	Отс.	Отс.	Отс.	Отс.	0,3
NH_4^+ , мг/л	0,64	0,55	0,19	0,36	2,0
NO_2^- , мг/л	0,47	0,23	0,09	0,29	3,3
NO_3^- , мг/л	36,13	29,56	3,94	21,75	45

Во всех отобранных пробах питьевой водопроводной воды значения величины рН и содержание основных макрокомпонентов солевого состава (Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , HCO_3^-) находятся в пределах нормы. Однако в некоторых пробах имеются превышения ПДК для вод хозяйственно-питьевого назначения по общей жесткости.

Результаты анализа показали, что в 3 пробах обнаружена повышенная жесткость до 7,4 ммоль/л (при норме ≤ 7 ммоль/л), что позволяет отнести их к категории «жесткие». Этот фактор может привести к зашлаковыванию организма и образованию камней в почках. Такую воду опасно употреблять в питьевых целях без соответствующей очистки.

Во всех пробах обнаружено повышенное содержание хлоридов от 105,5 до 115,4 мг/л (при норме ≤ 350 мг/л). Избыток солей приводит к изменениям в кровеносных сосудах, перегружает работу сердца и почек, повышает артериальное давление [5].

Несмотря на то, что содержание нитрат-ионов во всех пробах воды соответствует требованиям гигиенических нормативов, следует отметить их значительное присутствие в диапазоне от 21,75

до 36,16 мг/л ($\text{ПДК} \leq 45$ мг/л). Наличие соединений азота в воде может стать причиной ухудшения качества воды по микробиологическим показателям.

В связи с отсутствием водопровода, население окрестных сел г. Новохоперска в питьевых целях активно использует воду из децентрализованных источников водоснабжения (скважины, одиночные колонки, колодцы, родники), при этом считая ее более чистой, чем из городского водопровода. Поэтому в качестве объектов исследования источников децентрализованного водопользования послужили 6 разовых проб воды из 5 скважин (глубиной от 4 до 23 м) и 1 одиночной колонки, отобранных в трех близлежащих населенных пунктах: пос. Половцево, станция Половцево 2 и село Красное (по 2 в каждом поселении соответственно) [2].

Результаты химического анализа проб воды из *децентрализованных* источников водоснабжения представлены в таблице 2.5.

Первым этапом оценки качества питьевой воды является проведение органолептических исследований, к которым относится визуальная оценка цветности воды, прозрачности, характера и интенсивности запаха, характера и количества осадка. Анализ данных позволил выявить низкую прозрачность (от 7,1 до 2,4 см) и наличие повышенной цветности (от 60 до 80 град) в пробах воды, отобранной на ст. Половцево 2 и в с. Красное. Органолептические показатели нормируются для вод хозяйственно-питьевого назначения, поэтому их повышенные значения могут косвенно свидетельствовать о загрязнении вод [7].

Результаты анализа показали, что практически все пробы соответствуют установленным нормам и характеризуются как «*умеренно-жесткие*». Однако, в одной пробе (ст. Половцево 2) обнаружена повышенная жесткость, превышающая норматив в 1,1 раза; вода относится к категории «*жесткая*».

В четырех пробах из шести обнаружено нитратное загрязнение питьевой воды. Так, например, в двух пробах, отобранных на ст. Половцево 2, содержание нитратов превышает ПДК от 3,4 до 12,3 раз; и по одной пробе, отобранной в пос. Половцево, – в 11,2 раза и с. Красное – в 1,1 раза (при норме до 45 мг/л). Значительное содержание нитратного азота, имеет вероятно, антропогенный характер.

Кроме того, в подземных водах с. Красное обнаружено повышенное содержание железа в диапазоне от 1,35 до 2,34 мг/л (при

норме не более 0,3 мг/л), что связано с фактором природного происхождения.

Таблица 2.5

Химический состав водных проб из децентрализованных источников водоснабжения (18.01.2019г.)

Показатели	№ 5 скважина ст. Половец во 2	№6 скважина ст. Половец во 2	№ 7 скважина на пос. Половцево	№8 скважина пос. Половцево	№9 скважина село Красное	№10 колодка село Красное	ПДК хоз-пит. назначения
Прозрачность, см	7,1	15	15	15	3,0	2,4	
Цветность, град.	60	20	20	20	70	80	20 (35)
рН	6,11	6,95	5,67	6,60	7,10	7,24	6,0-9,0
Минерализация, мг/л	124	375	350	308	125	161	1000 (1500)
Общая жесткость, ммоль/л	2,8 мягкая	7,1 жесткая	4,4 средняя	6,5 жесткая	4,7 средняя	4,2 средняя	7,0 (10,0)
Ca ²⁺ , мг/л	26,0	108,7	51,9	90,4	75,0	54,4	200
Mg ²⁺ , мг/л	17,8	20,4	21,6	23,7	11,7	17,5	100
HCO ₃ ⁻ , мг/л	37,2	97,2	12,9	91,5	80,6	100,1	500
SO ₄ ²⁻ , мг/л	81	124	149	94	94	78	500
Cl ⁻ , мг/л	19,8	46,2	52,8	42,9	19,8	26,4	350
Fe _{общ} , мг/л	Отс.	Отс.	Отс.	0,11	1,35	2,34	0,3 (1,0)
NH ₄ ⁺ , мг/л	1,01	0,51	0,60	10,53	0,64	1,15	2,0
NO ₂ ⁻ , мг/л	0,54	3,84	1,24	Отс.	0,23	0,35	3,3
NO ₃ ⁻ , мг/л	151,75	505,5	504,9	35,19	17,69	43,0	45

Таким образом, по результатам проведенных исследований можно сделать следующие обобщающие выводы.

1. Установлено, что население г. Новохоперска и его окрестностей употребляет воду, не отвечающую требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения» [11].

2. Питьевая вода централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения г. Новохоперска Воронежской области характери-

зуется повышенной жесткостью и присутствием значительного количества хлоридов и нитратов.

3. Приоритетными загрязняющими веществами в источниках децентрализованного питьевого водоснабжения окрестных сел г. Новохоперска (пос. Половцево, станция Половцево 2 и село Красное) являются: общая жесткость и железо (природного происхождения); нитраты (антропогенного загрязнения).

Для подачи населению качественной питьевой воды необходимы серьезные преобразования в системе централизованного и децентрализованного водоснабжения Воронежской области. Для решения этой проблемы нужны большие капиталовложения, которые в настоящее время изыскать проблематично. Поэтому необходимо продолжить контроль за качеством водоснабжения, а населению пользоваться бытовыми фильтрами для очистки воды.

Литература

1. Государственная программа Воронежской области «Обеспечение доступным и комфортным жильем и коммунальными услугами населения Воронежской области». – URL:<http://docs.cntd.ru/document/412701224> (дата обращения: 15.07.2019).

2. Доклад о состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Воронежской области в 2016 году – Воронеж: Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Воронежской области, 2017. – 233 с.

3. Методы экологических исследований: учебное пособие для вузов [гриф ФУМО «Науки о Земле»] / Н.В. Каверина, Т.И. Прожорина, Е.Ю. Иванова, М.А. Клевцова, С.А. Куролап, О.В. Клепиков и др. – Воронеж: Изд-во «Научная книга», 2019. – 355 с.

4. Медико-экологический атлас города Воронежа [электронный ресурс]: / С.А. Куролап, Т.И. Прожорина, М.А. Клевцова, П.М. Виноградов, Н.В. Каверина, С.А. Епринцев, О.В. Клепиков и др. - Воронеж: Воронежский государственный университет, 2019. (Создан при финансовой поддержке Русского географического общества). — URL:<http://www.geogr.vsu.ru/atlas.htm>.

5. Никаноров А.М. Гидрохимия / А.М. Никаноров. – Санкт-Петербург : Гидрометеиздат, 2001. – 444 с.

6. Прожорина Т.И. Оценка качества питьевой воды из источников централизованного водоснабжения города Лиски Воронежской области / Т.И. Прожорина, Т.В. Нагих // Оценка экологиче-

ских рисков территорий интенсивного техногенного освоения. – Воронеж: Изд-во «Научная книга», 2017. – С. 92-99.

7. Прожорина Т.И. Исследование состояния питьевого водоснабжения в пределах города Воронежа и окрестностей / Т.И. Прожорина, С.А. Куролап, Т.В. Нагих // Экологическая ситуация и риски для здоровья населения города Воронежа. – Воронеж, 2018. – С. 86-92.

8. Прожорина Т.И. К вопросу о качестве питьевой воды города Богучар Воронежской области / Т.И. Прожорина, Т.В. Нагих // Глобальная экологическая безопасность: актуальные проблемы права и практики: сб. тр. межд. науч.-практ. конф. – Химки: ФГБВОУ ВО АГЗ МЧС России, 2018. – Т.2. – С.103-110.

9. Прожорина Т. И. К вопросу о качестве питьевой воды г. Россошь Воронежской области / Т.И. Прожорина, О.А. Гребенникова // Комплексные проблемы техносферной безопасности. Задачи, технологии и решения комплексной безопасности: сб. статей по материалам XV Межд. науч.-практ. конф. – Воронеж, 2019.- Ч. 1. – С.136-140.

10. Прожорина Т.И. Анализ данных эколого-аналитических исследований химического состава питьевой воды малых городов Воронежской области / Т.И. Прожорина, Д.Р. Никитенко, О.А. Гребенникова // Беспилотная авиация: состояние и перспективы развития: сб. науч. ст. по материалам I всерос. науч.-практ. конф. (5-6 марта 2019г.). – Воронеж, 2019. – С. 403-407.

11. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды. Контроль качества» СанПиН 2.1.4.1074-01. – Москва: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2002. – 103 с.

12. Степкин Ю.И. Санитарно-гигиеническая оценка качества питьевого водоснабжения / Ю.И. Степкин, Н.А. Борисов, В.И. Денисенко // Экологическая геология: теория, практика и региональные проблемы. – Воронеж, 2011. – С. 100-102.

ГЛАВА 3. ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ И ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ МЕТОДАМИ БИОИНДИКАЦИИ И БИОТЕСТИРОВАНИЯ

3.1. Оценка экологического состояния речных экосистем урбанизированных территорий с использованием видов- индикаторов перифитона искусственных субстратов

Загрязнение водных объектов на территории Воронежской области является характерным явлением, при этом наибольшую нагрузку испытывают малые реки, активно используемые, как для удовлетворения производственно-хозяйственных потребностей, так и в качестве объектов рекреации. В связи с этим в летние месяцы наблюдается ухудшение качества воды в реках по санитарно-химическим показателям. В тоже время именно малые реки формируют фоновую составляющую гидрологического состава, на них приходится большая часть подземного стока, несущая основную долю вымываемых растворимых компонентов. В связи с вышесказанным для предотвращения ухудшения состояния малых рек требуется проведение мониторинга их состояния. Однако дать объективную оценку экологическому состоянию водоема на основании проводимых ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области» мониторинговых исследований малых рек не представляется возможным из-за небольшого количества исследуемых проб, отбор которых проводится нерегулярно. Учитывая общемировую тенденцию использования биологических показателей в оценке состояния природных, в том числе водных, экосистем, нами были изучены виды перифитона реки Девицы, как малой реки бассейна Верхнего Дона. Данная группировка гидробионтов позволяет более точно оценить состояние речной экосистемы, нежели такая группа как бентос, так как донные беспозвоночные, испытывающие воздействие донных отложений, достаточно толерантны к загрязнениям [1, 4].

Река Девица протекает на северо-западе Воронежской области (территория Среднерусской возвышенности), являясь правобережным притоком Дона и впадая в него на 1423-м км от устья у г. Семилуки. Водоток от истока до устья на протяжении 80 км течет по землям Нижнедевицкого, Хохольского и Семилукского районов. Площадь водосбора реки составляет 1520 км², и по размерам бассейно-

вой площади Девица относится к малым рекам. Район исследований находился в приустьевом участке реки, выше автодорожного моста, у с. Девица Семилукского района. Берега реки обрывистые (до 1 м), задернованы, по берегу произрастают кустарники: ива, ольха. Глубины в медали составляли 0,7-0,9 м, температура воды в летний период – +22-23 °С, скорость течения – 1 м/с. Основной тип грунта в реке – глина, местами – с примесью мела. Прозрачность воды – до дна, во второй половине лета на дне были развиты нитчатые водоросли, при очень слабой представленности водных макрофитов. В летний период нами проведено изучение перифитона р. Девицы с применением метода искусственных субстратов.

В любой экосистеме биотический компонент представлен в виде трофической пирамиды. В водных экосистемах основу трофической пирамиды составляют водоросли – первичные продуценты. Исследование предметных стекол, экспонированных в р. Девице в период проведения эксперимента, позволило получить данные о таксономическом составе сформировавшегося перифитонного альгоценоза, выделить доминантные виды. По географической приуроченности большая часть водорослей относится к космополитам, причем в данную группу входят виды доминантного ядра *Cocconeis placentula*, *Navicula gracilis*, *Navicula lanceolata*, *Navicula viridula*. По отношению к сапробности мезосапробные и олигосапробные организмы представлены практически равноценно. Полисапробных видов в перифитоне, сформировавшемся на предметных стеклах, обнаружено не было. Структурообразующий комплекс перифитона на предметных стеклах формируется диатомовыми водорослями из класса *Vacillariophyceae*, наибольшим видовым разнообразием характеризуется отдел диатомовых (*Vacillariophyta*). Большинство видов водорослей были отнесены к α -, α - β - и β -сапробам, что соответствует β -мезосапробной зоне, III классу чистоты воды (умеренно-загрязненная), как и для большинства рек бассейна Верхнего Дона.

Исследования перифитона искусственных субстратов в течение летнего периода позволили изучить фауну простейших р. Девицы. Среди простейших особую группу занимают раковинные амёбы. Как показали проведенные исследования, видовой состав перифитона, в частности, раковинных амёб (*Amoebozoa*), достаточно разнообразен.

В реке Девице обнаружено 30 видов раковинных амёб. Особенностью сообщества корненожек в р. Девице является высокое

разнообразие родов *Diffugia* и *Arcella*, что характерно для пресноводных водоемов. Анализируя известные индексы сапробности раковинных амёб, встречающихся в перифитоне р. Девыцы на искусственных субстратах, можно предположить, что исследуемый участок р. Девыцы относится к β -мезосапробной зоне, вода III класса чистоты – умеренно загрязненная.

Сообщества перифитона, помимо раковинных амёб, включали представителей других таксонов простейших.

Исследование инфузорий перифитона на стеклах обрастания, экспонируемых в р. Девыце, позволило выявить 30 видов инфузорий. По принадлежности к экологической группе большинство инфузорий относятся к бентосным и перифитонным формам. Наиболее обычными видами инфузорий р. Девыцы являются эврибионтные виды *Loxodes striatus*, *Aspidisca costata*, *Vorticella convallaria*, *Euplotes patella*, *Stentor coeruleus*, *Coleps hirtus*, *Paramecium caudatum*. Из 30 видов инфузорий, обнаруженных в р. Девыце в летний период, 16 видов (53,3 %) являются индикаторами степени сапробности. Большинство видов относится к мезосапробионтам: 8 видов являются β -мезосапробами (26,7 % от общего числа видов) и 6 видов – α -мезосапробам и (20,0 % от общего числа видов). Олигосапробионты составляют лишь 6,7 % от общего числа видов. Таким образом, обнаруженный нами состав сообщества инфузорий соответствует α - β -мезосапробной зоне, класс чистоты воды IV – загрязненная.

При изучении формирования макрозооперифитона р. Девыцы нами были использованы в качестве искусственных субстратов кроме предметных стекол, древесина, куски силикатного кирпича и битума.

В пробах с различных типов субстратов были обнаружены представители класса Rotatoria. Из 7 видов Rotatoria, обнаруженных на различных субстратах, 6 являются индикаторами степени сапробности. Большинство видов относятся к мезосапробионтам, следовательно, на основе таксономического состава коловраток можно относить исследуемый участок р. Девыцы к β -мезосапробной зоне.

В результате исследований макрозооперифитона р. Девыцы выявлены виды беспозвоночных из 8 типов: гидры, планарии, нематоды, олигохеты, пиявки, брюхоногие моллюски, мшанки, тихоходки, ракообразные, клещи, насекомые [2]. Среди насекомых наиболее разнообразными оказались хирономиды. Группами, встречающимися на всех типах субстратов, являлись олигохеты, брюхо-

ногие и насекомые. Все виды олигохет, обнаруженные в р. Девике за период исследований, относятся к семейству *Naididae*. Известно, что избыточное органическое загрязнение приводит к биологической экспансии в зооперифитоне олигохет данного семейства. Анализируя данные, можно отметить, что к концу лета происходит снижение численности хирономид и возрастание численности олигохет (сем. *Naididae*), свидетельствующее о некотором ухудшении экологического состояния реки на исследуемом участке.

В течение всего периода исследования в пробах отмечались олигохеты только из семейства *Naididae*, причем видовой состав наидид увеличился за счет представителей р. *Nais*. Среди наидид самым массовым видом был *Stylaria lacustris*, который является индикатором β -мезосапробной зоны. Массовыми видами хирономид р. Девики на исследуемом участке были *Cricotopus bicinctus* и *Cricotopus silvestris*. Индексы сапробности характеризуют изучаемый участок реки Девики как β -мезосапробную (умеренно-загрязненную) зону. Для оценки экологического состояния р. Девики нами были использованы информационные индексы Шеннона, Маргалёфа, Вудивисса, Гуднайта-Уитлея. Применение информационных индексов позволяет дать объективную оценку состояния экосистемы водоема [3]. Информационные показатели сообществ макрозооперифитона р. Девики свидетельствуют о благополучном уровне их структуры (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Сезонная динамика информационных индексов макрозооперифитона реки Девики (интегральные пробы)

Информационные индексы	июнь	июль	август
Индекс Шеннона, H (бит/экз.)	4,66±0,03	4,37±0,03	3,58±0,07
$H_{\max} - H_{\min}$ (бит/экз.)	5,61-0,23	5,29-0,21	5,21-0,35
Выровненность, V	0,82	0,82	0,67
Концентрация доминирования Симпсона, S_c	0,08	0,07	0,21
Индекс Маргалёфа, α	6,06	4,90	5,07
Устойчивость сообщества по Алимову, A	0,67	0,56	0,33
Показатель энтропии фон Ферстера, F	0,17	0,17	0,31
Индекс Вудивисса	7	7	8
Индекс Гуднайта-Уитлея, %	9,23	30,20	59,41

Индекс Маргалефа и индекс Вудивисса свидетельствуют об умеренном загрязнении воды (β -мезосапробный водоем) в июле и ухудшении ее качества в августе, когда тип водоема становится α -мезосапробным. Увеличение численности олигохет в конце лета свидетельствует об ухудшении экологического состояния водоема и находит отражение в значении индекса Гуднайта и Уитлея.

Проведенные исследования сообществ перифитона искусственных субстратов, подтверждают возможность использования данной конкретной группировки гидробионтов для оценки качества воды р. Девы, которая является холодноводной рекой для данного географического района и характеризуется высокой скоростью течения. В качестве субстратов обрастания наилучшие характеристики дают древесный и кирпичный субстраты. Сформировавшиеся сообщества гидробионтов на уровне микро- и макроперифитона характеризуют воды р. Девы на исследуемом участке как β -мезосапробные, класс чистоты воды III (умеренно-загрязненные), с некоторой пессимизацией в конце лета.

Литература

1. Исакова Н.А. Оценка качества воды озера Большое Миассово с помощью перифитонных сообществ диатомовых водорослей (Южный Урал) / Н.А. Исакова // Альманах современной науки и образования. – 2016. – № 7 (109). – С. 36–39.
2. Молоканова Л. В. Санитарно-гигиеническая оценка качества воды в реке Девы бассейна Верхнего Дона по сообществам перифитона искусственных субстратов / Л.В. Молоканова, Л.Н. Хицова, О.В. Клепиков, А.В. Платунин // Здоровье населения и среда обитания. – 2019. – № 6 (315). – С. 37-41.
3. Хицова Л.Н. Использование информационных показателей макрозооперифитона искусственных субстратов для мониторинга качества поверхностных вод (на примере р. Девы) / Л.Н. Хицова, Л.В. Молоканова // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия, Биология, Фармация. – 2014. – № 4. – С. 100–105.
4. Шарапова Т.И. К изучению таксономического состава зооперифитона озер субарктики Западной Сибири / Т.И. Шарапова, А.А. Герасимова // Экологические чтения: материалы межд. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию образования Омского государственного аграрного университета им. П.А. Столыпина. – Омск, 2018. – С. 363–366.

3.2. Анализ состояния водных экосистем методами биотестирования

В течение как минимум двух тысячелетий качество воды постоянно ухудшается и достигает таких уровней загрязнения, когда использование воды в разных целях сильно ограничено или вода может быть вредна для человека. Это ухудшение связано с социально-экономическим развитием в пределах бассейна реки, но атмосферный перенос загрязнителей на далекие расстояния теперь изменил эту картину: даже удаленные районы могут быть подвергнуты непрямому загрязнению.

Проблема охраны подземных и поверхностных вод является важной для всего человечества, так как, в первую очередь, это проблема обеспечения пресной водой, пригодной для питья, орошения, водоснабжения промышленности, коммунального хозяйства. Нехватку ресурсов пресной воды испытывают не только засушливые страны, но и те страны, по территории которых протекают мощные реки. Причина этому - загрязнение воды промышленными, транспортными и коммунальными стоками. А те реки, которые протекают через сельскохозяйственные районы, загрязнены стоками удобрений и ядохимикатов. Исходя из этого, можно сделать вывод, что будущее поверхностных водостоков и водоемов связано с защитой их от загрязнения.

Среди водоохраных мероприятий особое место занимает проблема охраны малых и средних рек. Сегодня в России, как и во всем мире, наблюдается негативное состояние верхних звеньев речных систем — малые и средние реки деградируют и отмирают. Причина этому - многообразная деятельность человека: сведение лесов, строительство, откачивание подземных вод и падение уровня грунтовых вод, сброс отходов сельскохозяйственного и промышленного производства и накопление в донных отложениях рек опасных биогенных химических загрязнений.

Ежегодно в бассейны рек России попадает большое количество различных химических веществ, многие из которых способны образовывать совершенно новые химические соединения, которые обладают непредсказуемым действием. Нефть и нефтепродукты, тяжелые металлы, попадающие в водную среду, имеют высокую токсичность, они уничтожают флору и фауну водоемов, губительное воздействие на водные объекты также оказывают радиоактив-

ные отходы атомных электростанций. Но не менее остро проблема загрязнения вод ощущается и в традиционно сельскохозяйственных регионах. Большинство водоемов в сельской местности загрязнены нитратами, попадающими с дренажными водами с полей и отходами животноводства, пестицидами и ядохимикатами, применяющимися для защиты растений. Также большую нагрузку оказывают организованные и неорганизованные места отдыха населения, в частности, мусор, остающийся от него. Тем не менее, вода из этих же источников часто используется для питья, орошения и других хозяйственных нужд.

В настоящее время в мире осталось немного рек, которые не были бы загрязнены продуктами жизнедеятельности человека. Со сточными водами в реки попадают удобрения и пестициды с сельскохозяйственных земель. А также в них попадают воды из канализации и дренажных канав. Некоторые заводы сливают в реки и озера потоки грязной воды. Загрязнение вод рек и озер нитратными удобрениями растет на планете практически каждую неделю. К сожалению, даже в том случае, если запретить использовать нитратные удобрения уже завтра, ситуация будет ухудшаться. Нитраты медленно, уже в течение многих лет, просачиваются через землю в русла рек или озер. Грязные сточные воды и удобрения попадают в озера и водохранилища и вызывают стремительный рост тины — водорослей, которые душат речную фауну и флору.

В прошлом загрязнение вод в развивающихся странах происходило в основном от сбрасывания необработанных сточных вод. Теперь эти проблемы более сложны в результате производства опасных отходов производства и быстро возрастающего применения пестицидов в сельском хозяйстве. В действительности, загрязнение вод сегодня в некоторых развивающихся странах, как минимум развивающих новую промышленность, представляет более серьезную проблему, чем в развитых странах. К несчастью, развивающиеся страны в целом сильно отстают в контроле своих основных источников загрязнения. Как одно из последствий, состояние окружающей среды в развивающихся странах постоянно ухудшается [2].

Проблемы со здоровьем, связанные с химическими веществами, растворенными в воде, возникают непосредственно из свойств этих веществ вызывать неблагоприятные последствия при длительном воздействии; особого отношения заслуживают загрязните-

ли, обладающие кумулятивными токсичными свойствами - тяжелые металлы и некоторые органические микрозагрязнители, канцерогенные вещества и вещества, которые могут вызывать неблагоприятные репродуктивные последствия и влиять на развитие. Другие растворенные в воде вещества являются необходимыми ингредиентами рациона потребления и, несмотря на это, нейтральны по отношению к нуждам человека.

Загрязнение окружающей среды оказывает множественные воздействия на качество пресной воды, что имеет длительные последствия. Среди главных причин ухудшения качества воды в местных, государственных и глобальных масштабах - промышленное развитие, появление интенсивных технологий сельского хозяйства, экспоненциальный рост населения, а также производство и использование десятков тысяч синтетических химических веществ. Основная проблема загрязнения воды связана с реальным или планируемым водопользованием.

Экономические последствия загрязнения воды могут быть достаточно серьезными вследствие вредных воздействий на здоровье человека или на окружающую среду. Ухудшение здоровья часто снижает эффективность труда человека, а разрушение окружающей среды уменьшает продуктивность водных ресурсов, непосредственно используемых людьми [7].

Воронежская область, являясь индустриально-аграрным регионом и при этом, уделяя недостаточно внимания комплексу природоохранных мероприятий, оказывает ряд негативных воздействий на состояние окружающей природной среды. Одним из них как раз и является загрязнение вод – следствие функционирования всех видов регионального хозяйства. Очень серьезную проблему представляет поверхностный сток с сельскохозяйственных угодий, поставляющий в Дон до трети внесённых минеральных удобрений, а также определённую часть пестицидов. Итогом является заиление и эвтрофикация некоторых участков реки. Пестициды, накапливаясь в отдельных звеньях пищевой цепи, приводят к гибели живых организмов. При этом необходимо учитывать один важный момент: загрязнение одного водоёма (например, пруда) ведёт к снижению качества вод другого (реки), так как часть года между водоёмами есть прямое сообщение.

Свой вклад в загрязнение природных вод вносят и отрасли животноводства, где сточные воды насыщены огромным количеством

азотосодержащих и органических веществ, что ведёт к бактериологическому загрязнению, и предприятия пищевой промышленности. Сточные воды последних содержат целый ряд загрязняющих веществ: нефтепродукты, соли марганца, цинк, сульфаты, нитриты, нитраты, хлориды жиры и многие другие вредные вещества.

В настоящее время оценка степени загрязнения объектов окружающей среды осуществляется преимущественно путем определения содержания в них отдельных токсических веществ аналитическими методами и сравнения его с законодательно установленными для этих веществ предельно допустимыми концентрациями (ПДК). Такой способ контроля имеет ряд существенных недостатков.

Помимо того, что аналитические методы, как правило, трудоемки, требуют дорогостоящего, дефицитного оборудования и реактивов, а также высококвалифицированного обслуживающего персонала, контроль загрязнения среды с помощью этих методов не может гарантировать экологической безопасности выбросов даже при соблюдении показателей ПДК. Это связано с тем, что, во-первых, нормами охвачена только очень незначительная часть из многих сотен химических соединений, содержащихся в промышленных выбросах, а разработка ПДК для всех загрязнителей и непрерывный контроль их содержания практически неосуществимы. Во-вторых, даже сведения о концентрации абсолютно всех загрязняющих веществ не дадут необходимой экологической информации, так как важны не сами уровни загрязнения, а те биологические эффекты, которые они могут вызвать и о которых не может дать информации самый точный химический анализ.

Нормативы ПДК не учитывают изменения токсичности загрязнителей за счет эффектов синергизма при действии нескольких загрязнителей. Эти нормативы не отражают также зависимости токсического действия загрязнителей от физических факторов среды, и не учитывают процессы химической трансформации загрязнителей в окружающей среде или в ходе очистки выбросов от конкретных загрязнителей. Такая трансформация увеличивает число не идентифицированных соединений, попадающих в окружающую среду, отдельные из которых могут оказаться значительно более токсичными, чем исходные загрязнители.

Методы биотестирования не требуют идентификации конкретных химических соединений, они достаточно просты в исполнении и дешевы. Использование биотестов не исключает физико-

химические методы анализа, но позволяет использовать последние более рационально. Простые в исполнении и неспецифические биотесты должны использоваться для непрерывного мониторинга качества среды и сигнализации о появлении в среде токсичных загрязнений, а аналитические методы могут привлекаться для определения химической природы загрязнения только после получения положительного результата при биотестировании среды на интегральную токсичность.

Методы биотестирования широко применяются в разных странах для экологического мониторинга состояния окружающей среды, т.к. на фоне все более стремительно развивающихся промышленности и технологий появляются новые соединения и материалы, влияние которых на состояние окружающей среды не изучено и ПДК для которых не известны.

Биотестирование, как правило, используют до химического анализа, т.к. этот метод позволяет провести экспресс-оценку природной среды и выявить «горячие точки», указывающие на наиболее загрязненные участки акватории (территории, полигоны). На участках, где методами биотестирования выявлены какие-либо отклонения, и исследуемая среда характеризуется как токсичная, аналитическим путем необходимо установить причины этого явления.

На наиболее загрязненных акваториях (территориях) тест-объекты демонстрируют минимальную выживаемость (плодовитость) в тестируемых средах, на основании чего делается вывод об острой (хронической) токсичности тестируемой среды. Токсикометрические показатели, используемые в биотестировании, позволяют картировать загрязненные районы.

Биотестирование как метод исследования используют специалисты различных областей науки. Он заключается в определении действия токсикантов на специально выбранные организмы в стандартных условиях с регистрацией различных поведенческих, физиологических или биохимических показателей.

Биотестирование широко применяется для контроля качества природных и токсичности сточных вод, при проведении экологической экспертизы новых технологий очистки стоков, при обосновании нормативов предельно допустимых концентраций загрязняющих компонентов.

Метод биотестирования не отменяет инструментальные исследования, а дополняет их, позволяя проводить экологический монито-

ринг наиболее полно и достоверно, показывая реальное состояние окружающей среды как в данный момент времени, так и в динамике.

В нашем исследовании для определения относительной токсичности использовали метод биотестирования, основанным на регистрации изменений оптической плотности культуры водоросли хлорелла, выращенной в среде, не содержащей токсических веществ (контроль) и в тестируемых пробах вод и водных вытяжках (опыт). Приготовленная тест-культура водоросли вносится по 2 см^3 в 6 стаканов с 48 см^3 контрольной и тестируемых проб воды. Содержимое каждого стакана разливается по 6 см^3 во флаконы-реакторы (по 4 флакона на каждый вариант тестируемой воды, включая контрольную пробу) [9].

Ростовые характеристики культуры водоросли хлорелла определяются в многокуветном культиваторе KBM-05, который позволяет в одинаковых и контролируемых условиях по температуре, интенсивности света, снабжению CO_2 и перемешиванию одновременно выращивать 24 пробы культуры водорослей. Все 24 флакона закрываются чистыми пробками и загружаются в культиватор KBM-05.

Через 22 часа культивирования выключают культиватор KBM-05 из сети и проводят измерение оптической плотности суспензии водоросли во всех флаконах. Для этого флаконы извлекают из культиватора и размещают в штативе. Затем, поочередно устанавливая флаконы в измеритель ИПС-03, проводят замеры их оптической плотности.

Критерием токсичности воды является снижение на 20% и более (подавление роста) или увеличение на 30% и более (стимуляция роста) величины оптической плотности культуры водоросли, выращиваемой в течение 22 часов на тестируемой воде по сравнению с ее ростом на контрольной среде, приготовленной на дистиллированной воде [9].

Кроме того, проводили исследование уровня природного радиационного фона в точках отбора проб с помощью дозиметра – радиометра МКС – 01СА1Б.

Объектами исследования были реки Дон, Хопер, Девица, Матра.

Река Дон.

Экологические проблемы реки связаны с полным спектром жизнедеятельности человека. В процессе использования водных ресурсов менялась и экосистема водного бассейна. Деятельность

человека оказывает серьёзное воздействие на гидрохимический и санитарный режим всех водных объектов, и, соответственно, этой участи не избежала главная водная артерия Воронежской области – река Дон. Основные источники, загрязняющие реку – это сельское хозяйство, а именно смыв с полей удобрений и пестицидов, жилищно-коммунальное хозяйство (изъятие и сброс вод), сброс недостаточно очищенных (либо же вовсе не очищенных) сточных вод с предприятий и промышленных объектов, поверхностный сток с территорий населённых пунктов [10].

Предприятия региона в большинстве своём либо снабжены устаревшими, не соответствующими современным стандартам очистными сооружениями, либо же вообще не имеют их. Например, большая часть поверхностного стока правобережья административного центра - с. Верхний Мамон - поступает в реку Песчаный Лог. Жители за специфический голубовато-грязно-зелёный цвет дали реке другое название – ручей «Голубой Дунай». Воды ручья пополняются частично грунтовыми водами, а также за счет поступления неочищенных стоков с территорий жилого сектора и городских предприятий, поливочных вод, а также вследствие утечек из водопровода. Ежегодно от «Голубого Дуная» в реку Дон поступает примерно 21 млн м³ загрязнённых вод. Далее этот ручей впадает в воды Дона, которые входят в границы области уже существенно подверженные загрязнению [10].

Вообще же рост городов и численности городского населения, проживающего вблизи Дона, несёт достаточно негативное техногенное воздействие на экологическое состояние реки.

Серьёзной опасностью для экосистем водоёмов могут стать нефтепроводы и аммиакопроводы, имеющие на территории Воронежской области подводные переходы.

Также во многих районах области на берегу реки были возведены, притом без согласования с административными и природоохранными органами, жилые и нежилые строения, и на сегодняшний день вопрос индивидуального жилого строительства на данных территориях остаётся открытым.

В целом, учитывая уменьшение объёмов сброса сточных вод в водные объекты, можно отметить улучшение их геоэкологического состояния. Но, с другой стороны, заметное сокращение стока весеннего половодья уменьшает ассимилирующую способность реки, а значит, происходит замедление разбавления сточных вод, и, сле-

довательно, содержание вредных веществ в водном объекте остаётся на высоком уровне. К этому добавляются и такие факторы, как обмеление, прогревание водной массы при повышении температуры воздуха, снижение интенсивности водообмена в связи с уменьшением скорости течения в период половодья, увеличение роста фитопланктона. А если принять во внимание и то, что на промышленных предприятиях почти не обновляются очистные сооружения, то можно сделать выводы, что в ближайшее время следует ожидать дальнейшее снижение качества воды.

Для анализа отбирали пробы воды и донного грунта в семи точках в рекреационных на реке Дон зонах около села Верхний Мамон Воронежской области в июле 2019 г.

В ходе химического анализа превышения показателей ПДК были отмечены по цветности запаху воды, а также по показателю жесткости. Однако, проведенное биотестирование воды выявило высокую токсичность большинства проб. В пробах донного грунта в пяти из семи проб токсичность превышает допустимые значения в 2,85 – 3,9 раза. А в пробах воды ниже и, в тех же пяти точках, превышение составляет в 2 – 2,6 раз. Вероятно, обнаруженная в ходе биотестирования токсичность вызвана неопределяемыми в ходе стандартного химического анализа компонентами, либо является следствием синергических эффектов (табл. 3.2, рис. 3.1).

Таблица 3.2

Результаты биотестирования проб природной воды и донного грунта реки Дон с использованием тест-культуры водоросли хлорелла

Точки отбора проб	Относительная токсичность, %	
	Донный грунт	Вода
1	67	42
2	75	44
3	68	40
4	57	49
5	68	49
6	-26	23
7	-6,9	7

Уровень гамма-излучения в точках отбора проб соответствует уровню природного фона (табл. 3.3).

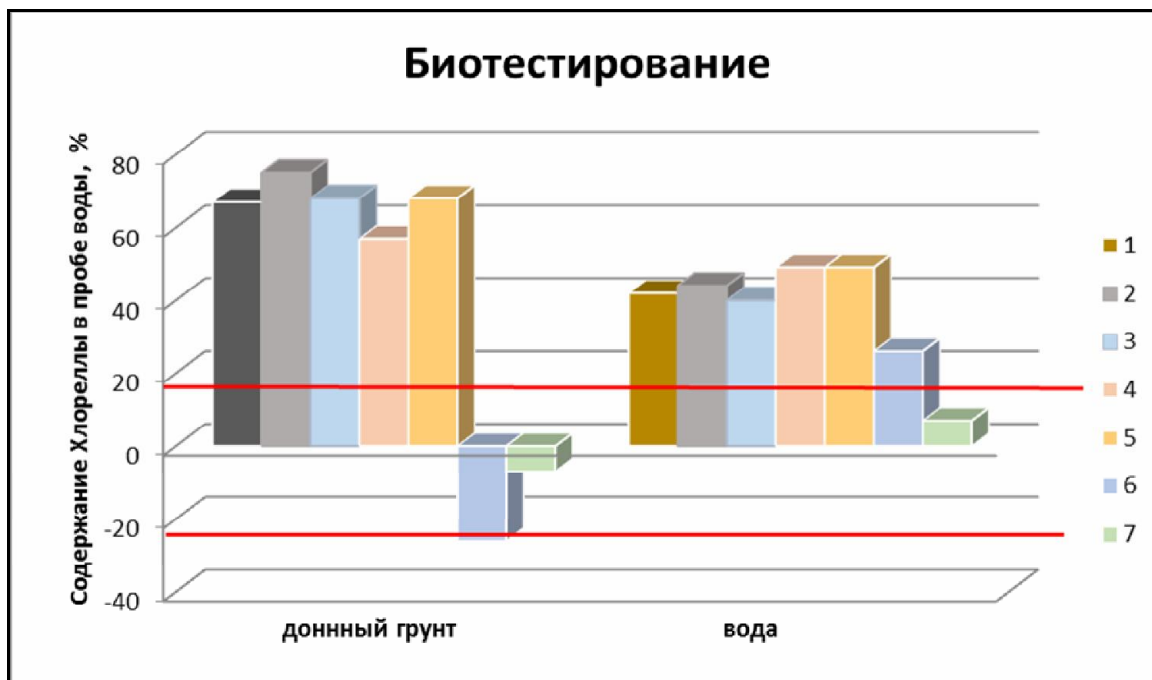


Рис. 3.1. Результаты биотестирования проб природной воды и донного грунта реки Дон с использованием тест-культуры хлореллы

Таблица 3.3

Результаты определения значений гамма-излучения в точках отбора проб

Точки отбора проб	1	2	3	4	5	6	7
Гамма – фон, мкР/ч	16	17	12	13	12	12	15

Река Хопер – одна из красивейших рек не только средней полосы России, но и Европы, самый протяжённый и полноводный приток Дона. На своем пути к Дону Хопер протекает по четырем областям: Пензенской, Саратовской, Воронежской и Волгоградской. Ширина до 100 м, глубина до 17 м. Все русло реки изобилует старицами. Длина 980 км, площадь бассейна 61 100 км². Питание преимущественно снеговое. Дно, как правило, песчаное; течение быстрое.

Основным источником загрязнения р. Хопёр на территории Воронежской области является г. Борисоглебск. Здесь с 1976 года эксплуатируются сооружения биологической очистки. Показатели очистки сточных вод не соответствуют проектным нормам и требованиям при сбросе сточных вод в водный объект рыбохозяйственного значения, каким является р. Хопёр. Недостаточно очищенные сточные воды на сбросе в реку оказывают негативное воздействие на ка-

качественный состав реки, но целом Хопёр на территории Воронежской области сохраняет свой качественный состав и свойства. [6]

В настоящее время также значимыми источниками ежегодного загрязнения вод реки, по данным комитетов охраны окружающей среды и природопользования Саратовской и Воронежской областей, являются бытовые стоки из населенных пунктов, в которых отсутствуют очистные сооружения, а также свалок ТБО и навоза с частных подворий, расположенные в местах, заливаемых талыми водами, или даже непосредственно по берегам Хопра и его притоков. Если учесть, что реку Хопер используют для водоснабжения такие крупные города как Аркадак, Балашов, Борисоглебск, то превышение вредных веществ в ней считается недопустимым. Однако ежегодно в паводок на Хопре отмечается повышение содержания аммиака и др. веществ, которое может превышать ПДК в 4-5 раз.

Отдельной проблемой являются несанкционированные свалки бытового мусора в рекреационных зонах городов, в том числе и по берегам Хопра. Весной этот мусор смывается талыми водами, разносится по пойме и оседает там после схода талых вод. [6]

В июне 2019 г. были отобраны пробы воды и донного грунта в 18 точках вдоль течения Хопра по территории Воронежской области. В обеих средах отмечен токсический эффект, выраженный в стимуляции роста тестерной культуры хлореллы (табл. 3.4, рис. 3.2). В воде стимуляция роста отмечена в точках 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 17, 18. Причем в точках 4, 5, 8 и 18 значения относительной токсичности в 3 раза выше порогового значения токсичности, а в точке 6 – в пять раз выше порогового значения.

В донном грунте в точках 2, 3, 11, 16 стимуляция роста хлореллы в пределах погрешности, т.е. пробы не проявляют токсичности в тесте. В точках 1, 4, 5, 7, 9, 14, 17 стимуляция роста в 3-4 раза выше чем в контроле. В точке 6 в 10 раз стимуляция роста выше контроля. (рис. 3.2). Таким образом, можно отметить, что в большинстве точек отбора проб значения показателя относительной токсичности в воде и донном грунте коррелируют, но в донном грунте показатели несколько выше. Это свидетельствует о том, что источником токсичных соединений, обнаруженных в донном грунте, является вода.

В природных водах стимуляция роста хлореллы свидетельствует о том, что вода загрязнена низкомолекулярными органическими соединениями либо биогенами (нитраты, фосфаты). Это

возможно в случаях разложения в воде большого количества органических остатков. Органические остатки в воду могут попадать из-за разложения большого количества растительности в воде. Почти на всем протяжении пути в верхнем течении реки встречаются многочисленные древесные завалы.

Таблица 3.4

Результаты определения токсичности проб поверхностных вод реки Хопер по изменению оптической плотности культуры водоросли хлорелла

Точки отбора проб	Относительная токсичность, %	
	Вода	Донный грунт
1	-104	-133
2	-23	-50
3	-31	-33
4	-112	-133
5	-122	-150
6	-215	-317
7	-86	-150
8	-101	-183
9	-68	-117
10	-123	-167
11	-16	-33
12	-27	-83
13	-21	-67
14	-47	-100
15	-97	-167
16	-18	-33
17	-88	-100
18	-117	-167

Измерение значений гамма – фона в точках отбора проб не выявило превышений естественного радиационного фона (табл. 3.5).

Таблица 3.5

Результаты определения значений гамма-излучения в точках отбора проб

Точки отбора проб	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Гамма – фон, мкР/ч	13	10	11	14	12	12	15	16	17
Точки отбора проб	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Гамма – фон, мкР/ч	14	19	16	11	12	13	12	16	19

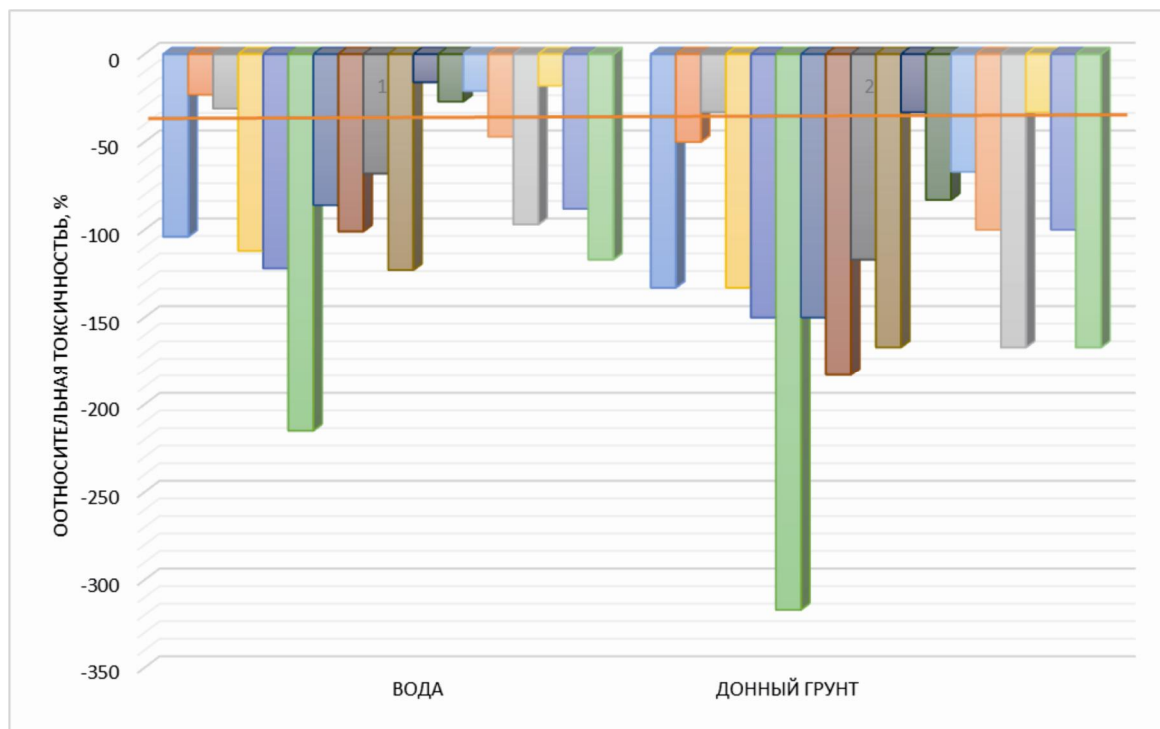


Рис. 3.2. Определение токсичности воды и донного грунта реки Хопер при помощи тест-культуры хлореллы

Река Девица (верхний приток Дона)

Река Девица протекает с запада на восток. Является правым притоком реки Дон и протекает по территории Воронежской области. Протяженность реки 75 км. Самый большой уровень воды на Девице равен 340 см. Обычный летний уровень воды составляет 73 см, зимний уровень — 82 см.

Протекает по овражистой местности. В низовье реки последние 100 лет добывали огнеупорную глину, из-за этого долинный ландшафт реки полностью перестроился. Под котлованами карьеров и отвалами исчезли множественные балки и ручьи, рассекающие когда-то долинные склоны реки. Склоны долины преимущественно крутые, изрезанные оврагами, асимметричные.

Русло реки извилисто и проложено по широкому и плоскому дну долины.

В верховье долина реки занята травами, реже покрыта лесом и кустарниками. Русло реки местами заросло ивняком и водяной растительностью. Пойма реки сплошь распаханная. Выше города Семилуки пойма становится луговой, на ней появляются небольшие массивы ольшаников, болот и озер-старич [8].

Водосбор Девицы распахан на 70% и залесен на 5%. Заболоченность его небольшая — 0,13% от площади водосбора.

Основными источниками загрязнения являются очистные сооружения в Семилукском районе. Неочищенные стоки через овраг попадают в реку. Другими источником загрязнения являются сточные воды Хохольского сахарного завода. В реку Девица периодически попадают жомовые воды и отходы свекольного производства, которые содержат сероводород и формальдегид. Эти соединения снижают концентрацию кислорода в воде. Чем больше сточных вод в реках, тем меньше кислорода для живых организмов [8].

В июле 2019 г. был произведен отбор проб в 8 точках по течению р. Девицы в рабочем поселке Хохольском и селе Хохол.

При оценке токсичности воды и донного грунта реки Девица в Хохольском районе отмечена высокая токсичность, связанная со стимуляцией роста тестерной культуры хлореллы (табл. 3.6, рис. 3.3). В воде наибольшую токсичность проявила проба, отобранная в точке 1. Возможно, это связано с деятельностью фермерского хозяйства КФХ «ИП Князев А.В.», расположенной выше по течению фермы. В остальных точках отбора проб, кроме №5 и №7, все пробы проявили токсические эффекты. Вероятно, токсические эффекты связаны с местами отдыха (точки 2 и 4) и деятельностью колбасного цеха «ИП Белозеров». В пробах донного грунта наибольшую токсичность проявила проба №5, которая не проявила токсичности в воде. В целом можно заметить, что токсичность воды и донного грунта не очень прямо коррелируют и в большинстве точек, токсичность воды выше, чем донного грунта. В данном случае, вероятно, в воде высокое содержание растворенных соединений, обладающих токсичностью и не адсорбированных на взвешенных частицах, которые со временем оседают на дно.

Таблица 3.6

Результаты определения токсичности проб поверхностных пресных вод реки Девица по изменению оптической плотности культуры водоросли хлорелла

Точки отбора проб	Относительная токсичность , %	
	Вода	Донный грунт
1	-186	-121
2	-171	-79
3	-64	-58
4	-98	-20
5	-21	-242
6	-52	-84
7	-100	-112
8	-18	-91

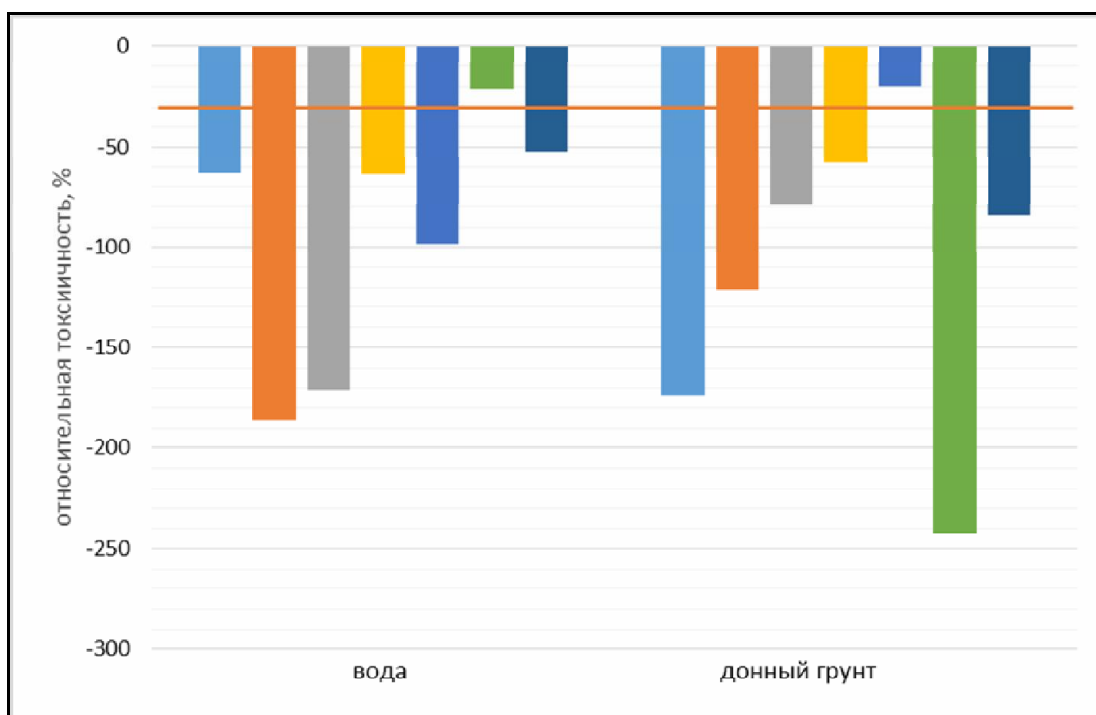


Рис. 3.3. Результаты биотестирования проб природной воды и донного грунта реки Девица с использованием тест-культуры хлореллы

Гамма-излучение в точках отбора проб находится в значениях природного радиационного фона (табл.3.7).

Таблица 3.7

Результаты определения значений гамма-излучения
в точках отбора проб

Точки отбора проб	1	2	3	4	5	6	7	8
Гамма – фон, мкР/ч	11	13	16	20	14	17	13	18

Река Матыра

Река Матыра - левый, самый крупный приток р. Воронеж, впадает в неё у г. Липецка, в 216 км от устья. Длина - 180 км, площадь водосбора - 5180 км², и водоносность реки наибольшая, по сравнению с другими притоками. Заметен вклад Матыры в общую водность р. Воронеж. Матыра даёт около 40% водной массы по сравнению с р. Воронеж до места их слияния. По гидрологической классификации относится к категории средних рек.

О происхождении названия реки имеются две версии. Согласно одной, Матыра переводится как «юлящая, мечущаяся» по долине река, подчёркивается извилистость ее русла. По другой версии

название реки произошло от тюркского слова «матырлук», что означает «красивая». На протяжении 125 км Матыра течёт по территории Тамбовского и Петровского районов Тамбовской области, и только 55 км составляют длину реки в Грязинском районе Липецкой области.

Матыра имеет снеговое питание и преимущественно весенний сток. С мая по октябрь на реке устанавливается летне-осенняя межень, которая иногда нарушается летними паводками от сильных дождей.

Вода реки Матыры чистая, пригодная для питья. Величина минерализации в весеннее половодье составляет 100- 150 мг/л, в межень увеличивается в 4-5 раз. Используются воды Матыры для водоснабжения промышленных и сельскохозяйственных предприятий, а также в коммунальном хозяйстве. Кроме того река используется для рыболовства и рекреации [3].

В 1976 году на Матыре создано Матырское водохранилище для нужд Новолипецкого металлургического завода (ныне — комбината), но в настоящее время на комбинате используется замкнутый цикл водоснабжения. Вода Матырского водохранилища также используется (в замкнутом цикле) Липецкой ТЭЦ-2. Кроме того воды реки используются в сельском хозяйстве для орошения полей. Левый лесистый берег (по течению реки Матыры) застроен базами отдыха и санаториями.

В июле-августе 2019 г. были отобраны пробы воды и донного грунта в 7 точках с высокой рекреационной нагрузкой, а также вблизи предприятия пищевой промышленности «Мясоперерабатывающий комбинат Чернышовой» и вблизи сельхозугодий.

В результате проведенного биотестирования анализы показали, что токсичность всех отобранных проб проявляется в стимуляции роста культуры хлорелла (табл. 3.8, рис. 3.4). В шести из семи проб воды обнаружены токсические соединения, стимулирующие рост тест-культуры. Однако, высокие значения относительной токсичности обнаружены в точках 3, 4, 6, 7. Токсичность в этих пробах превышает допустимые значения в 5 – 10 раз. В пробах донных отложений также токсичны шесть из семи проб, но в одной из них токсичность относительно невелика. Содержание токсичных соединений в воде и донном грунте не позволяет предположить, что источником токсичных соединений в донном грунте является вода.

Таблица 3.8

Результаты определения токсичности проб поверхностных пресных вод реки Матыра по изменению оптической плотности культуры водоросли хлорелла

Точки отбора проб	Относительная токсичность , %	
	Вода	Донный грунт
1	-63	-174
2	-37	-132
3	-134	-308
4	-251	-20
5	-71	-242
6	-300	-54
7	-153	-120

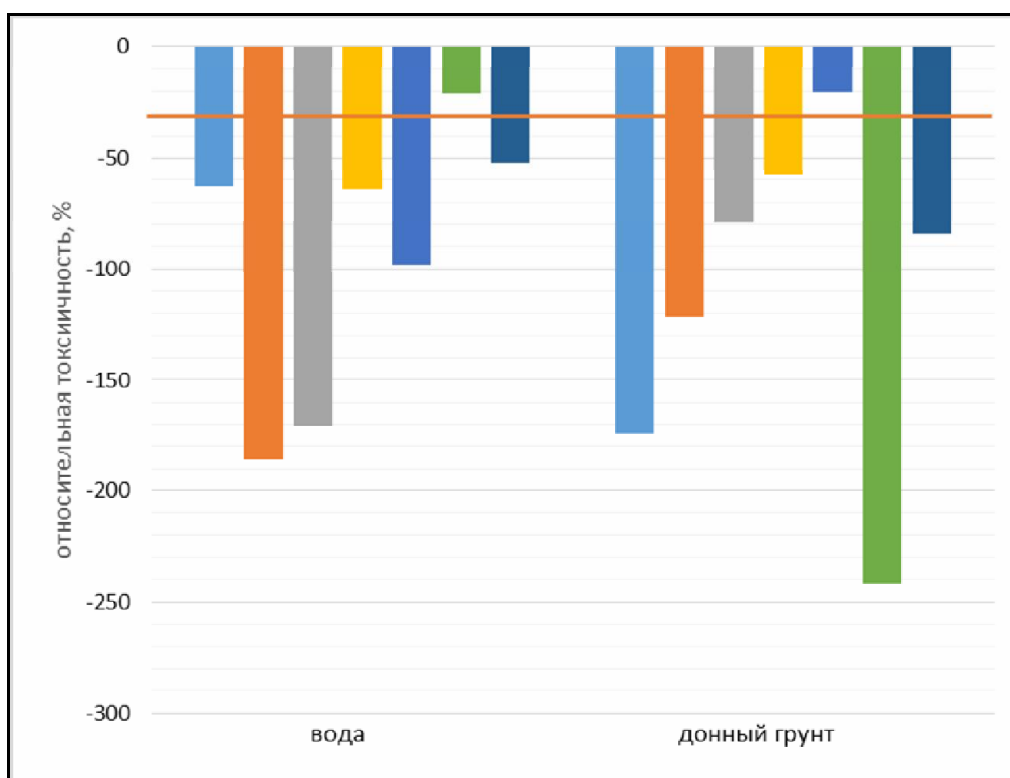


Рис. 3.4. Результаты биотестирования проб природной воды и донного грунта реки Матыра с использованием тест-культуры хлореллы

В трех точках токсичность воды выше, чем токсичность донных отложений, следовательно, в воде, могут содержаться легкоусвояемые органические и неорганические соединения, стимулирующие рост хлореллы, но не оседающие на дно.

Результаты измерения гамма – фона в точках отбора проб приведены в таблице 3.9.

Таблица 3.9

Результаты определения значений гамма-излучения
в точках отбора проб

Точки отбора проб	1	2	3	4	5	6	7
Гамма–фон, мкР/ч	17	12	18	12	16	15	18

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

1. Гамма-излучение во всех зонах проведения измерений не превышает природного естественного фона.

2. В ходе биотестирования в пробах природных вод и донного грунта выявлены соединения, стимулирующие рост тест-объекта водоросли хлорелла *Chlorella vulgaris* Beijer. В природных водоемах стимуляция роста хлореллы свидетельствует о том, что вода загрязнена низкомолекулярными органическими соединениями либо биогенами (нитраты, фосфаты). Это возможно в случаях разложения в воде большого количества органических остатков или смывания удобрений с полей и огородов, а также продуктов жизнедеятельности сельскохозяйственных животных.

3. Во всех исследованных реках подавляющее большинство проб как природных вод, так и донного грунта проявили токсические эффекты в биотестировании с использованием хлореллы.

4. Показатели относительной токсичности в пробах воды и донного грунта, отобранных в одних и тех же точках, не всегда демонстрируют связь между содержанием токсикантов в воде и донном грунте. Часто содержание ксенобиотиков в воде выше. При этом следует отметить, что токсичность проб воды является более информативным показателем, чем токсичность проб донного грунта. В донных грунтах изначально присутствует некоторое количество органических веществ, содержащихся в илистых компонентах и способствующих стимуляции роста водоросли, тогда как в природных водах содержание органических веществ и биогенов, как правило, минимально.

5. Проведенные химические анализы (результаты которых не изложены в данной главе) не выявили существенного загрязнения во всех исследованных зонах. Однако, биотестирование позволяет оценить воздействие всего комплекса загрязняющих веществ на гидробионтов. Методы биотестирования позволяют определить не

только содержание отдельных ксенобиотиков, но и синергические эффекты, а также результаты трансформации соединений под действием различных факторов среды [4]. Следовательно, определенные нами токсические эффекты свидетельствуют о потенциальном неблагополучии в экосистемах исследованных рек.

В целях предотвращения деградации экосистем рек можно рекомендовать следующие природоохранные мероприятия:

- 1) перевести предприятия-водопользователи на замкнутые циклы водопотребления;
- 2) вести жесткий контроль работы очистных сооружений тех предприятий, которые осуществляют сброс сточных вод;
- 3) создать проекты по берегоукреплению, провести противооползневые и противоэрозионные мероприятия;
- 4) в зонах развития водной эрозии обработку почвы и посев сельскохозяйственных культур следует проводить поперек склона, применять контурную и гребнистую вспашку, углубление пахотного слоя, щелевание и другие способы обработки, уменьшающие сток поверхностных вод;
- 5) ограничить подъезд автотранспорта к территориям, прилегающим к водоему;
- 6) создать условия отдыха у водоемов;
- 7) ликвидировать несанкционированные свалки и очистить берег от мусора;
- 8) контролировать соотношение экологических групп ихтиофауны и при необходимости проводить заселение водоемов необходимыми гидробионтами;
- 9) благоустроить прибрежные и рекреационные зоны и озеленить территорию.

Литература

1. Бакаева Е.Н. Определение токсичности водных сред. Методические рекомендации / Е.Н. Бакаева. – Ростов-на-Дону: Эверест, 1999. – 48 с.
2. Данилов-Данильян В.И. Экологический вызов и устойчивое развитие / В.И. Данилов-Данильян, К.С. Лосев. – Москва: Прогресс-Традиция, 2010. – 233 с.
3. Зинюков Ю.М. Характеристика речного стока и проблемы изменения гидрологического режима малых рек территории междуречья Воронеж - Матыра / Ю.М. Зинюков // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. – 2010. – №2. – С. 272.

4. Иванова Е.Ю. Мониторинг генотоксического загрязнения Воронежского водохранилища / Е.Ю. Иванова. – Германия: LAP, 2017. – 60 с.

5. Методы биотестирования качества водной среды / Под ред. О.Ф. Филенко. — Москва: Изд-во МГУ, 1989.

6. Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. Хопёрский государственный природный заповедник / Технический отчет по проекту в рамках малых грантов программы «Заповедники и Национальные парки России». - URL: <http://www.hoperzap.ru/activities/science/works/tekhnicheskiy-otchet-po-proektu-v-ramkakh-malykh-grantov-programmy-zapovedniki-i-natsiona-lnye-parki-.php>.

7. Орлов Д.С. Экология и охрана гидросферы при химическом загрязнении: Учеб. пособие / Д.С. Орлов, Л.К. Садовникова, И.Н. Лозановская. – Москва: Высшая школа, 2012. – 167 с.

8. Остапенко Е.С. Генеральная схема очистки территорий населенных пунктов Хохольского муниципального района / Е.С. Остапенко. – URL: <https://docviewer.yandex.ru> (дата обращения: 28.05.2019).

9. Руководство по определению методов биотестирования токсичности вод, донных отложений, загрязняющих веществ и буровых растворов. – Москва: РЭФИА, НИА-Природа, 2002. – 36 с.

10. Филатов Д.Г. Гидрологическая и геоэкологическая характеристика поверхностных вод на юго-востоке Воронежской области / Д.Г. Филатов // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. – 2012. – №1. – С. 127-132.

3.3. Оценка состояния городской среды биоиндикационными методами (на примере города Богучар Воронежской области)

Богучарский муниципальный район расположен на южной границе Воронежской области. Административным центром является г. Богучар, который занимает 13 место среди городов области по численности населения (11270 человек по состоянию на 01.01.2018). В состав Богучарского района входят 50 населенных пунктов, из которых 49 являются сельскими поселениями. На их базе сформировано 14 муниципальных образований: одно городское поселение город Богучар и 13 сельских (Филоновское,

Дьяченковское, Суходонецкое, Твердохлебовское, Первомайское, Подколодновское, Поповское, Радченское, Залиманское, Липчанское, Луговское, Медовское, Монастырщинское).

Промышленные предприятия района специализируются на выпуске продукции металлообрабатывающей, полиграфической и пищевой промышленности, а также производится добыча полезных ископаемых. Промышленность района представлена следующими организациями: ООО «Тихий Дон», ООО «Строймаш», ООО «Агро-Спутник», МКУП «Богучаркоммунсервис», ООО «Богучарский завод растительных масел», АО «Богучармолоко», ООО «Богучархлеб. Ведущими отраслями экономики при этом являются обрабатывающие производства и добыча полезных ископаемых. Стационарные источники представлены предприятиями с 1 по 4 класс опасности. Основными являются ООО «Тихий Дон» – 725,6 тонн/год (63,65%); ООО «Богучарский ЗРМ» – 199,2 тонн/год (17,48%).

По роду деятельности Богучарский район является аграрным, основное направление – это производство зерна, подсолнечника и сахарной свеклы. На рассматриваемой территории сельскохозяйственным производством занимаются 214 фермерских хозяйств, 6 тыс. личных подсобных хозяйств и 24 сельскохозяйственных предприятия.

В районе по состоянию на 01.01.2017 года насчитывалось 180 малых предприятий, из них: 55% занимаются сельскохозяйственным производством; 23% торговлей и общественным питанием, 15% малых предприятий осуществляют деятельность в сфере услуг; 4% занимаются строительной деятельностью; 3% - промышленным производством.

Территория Богучарского района богата полезными ископаемыми, что предопределяет развитие некоторых отраслей хозяйства:

- отложения песчано-каолиновой глины (широко используется в отрасли стройматериалов для производства облицовочной плитки);
- залежи гранита (в 2006 году начата разработка гранитного карьера в районе с. Тихий Дон);
- черепичные глины близ с. Перещепное (широко используются в отрасли стройматериалов для производства черепицы методом пластического формования);

- запасы песка и суглинков (сырье для производства кирпича);
- запасы графита (применяются для производства электроугольных изделий и смазочных материалов).

Тем не менее за последние десятилетия наблюдается спад производства (так, например, в 2019 г. прекратило работу предприятие ООО «Строительные материалы – Тихий Дон»). Это подтверждают и официальные данные о состоянии атмосферного воздуха филиала ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области в Павловском, Богучарском, Верхнемамонском районах» [3]. Из числа исследованных проб воздуха за 2016-2018 гг. превышений нормативов ПДК в воздухе не обнаружено.

Ведущую роль в загрязнении атмосферного воздуха в Богучарском районе продолжает играть автотранспорт, количество которого из года в год увеличивается. Приоритетные загрязнители – оксиды азота, углерода.

Еще одним важным стационарным источником загрязнения воздуха в населенных пунктах района является теплоснабжение. Это связано с тем, что действующие печи и котельные установки работают на твердом топливе, иногда на мазуте.

Значительные выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от теплоэнергетического комплекса обуславливаются рядом причин: несоблюдением режимов горения, отсутствием очистки отходящих газов, высокой степенью износа оборудования и необходимостью перехода на альтернативные источники топлива, например, природный газ.

Транспортная отрасль в районе представлена трубопроводным и автомобильным транспортом. Расположенные инженерные сооружения по своей специфике относятся к потенциально опасным объектам. По территории района проходят магистральный и межпоселковый газопроводы, автомобильные дороги, имеющие статус федерального, регионального и местного значения. Так, в непосредственной близости от г. Богучара расположен участок крупнейшей автомагистрали страны (рис. 3.5).

Увеличение количества автотранспорта, использование некачественного бензина, подержанный парк автомобилей и другие причины приводят к высокому уровню загрязнения воздушного бассейна именно выбросами автотранспорта.

Как уже было сказано выше, одним из источников загрязнения атмосферного воздуха в Богучарском районе является газопровод, на эксплуатационных участках которого в период монтажных и ремонтных работ или в результате аварийных (внештатных) ситуаций, происходит стравливание природного газа на компрессорных станциях. В результате большое количество газообразного метана поступает в атмосферу близлежащих населенных пунктов.

Таким образом, высокий уровень загрязнения воздуха в основном имеет локально-линейный характер [2].

В соответствии с картой экологического районирования Воронежской области экологическая обстановка на территории района относительно благоприятная.



Рис. 3.5. Местоположение г. Богучара относительно федеральной автодороги М4 «Дон» (по данным Google Карты, 2019)

Рассмотрим более подробно городское поселение – г. Богучар. Данная территория характеризуется умеренно-континентальным климатом (лето жаркое сухое, зима – умеренно-холодная, снежный покров устойчивый). Преобладающим направлением ветра в году является юго-западное (в июле – северо-западное и западное, в январе – юго-западное). Количество осадков - 476 мм, ГТК <0,9, что характеризуется как зона засушливая.

Рельеф территории представлен волнистой суглинистой равниной с глубоко врезанной в меловые породы овражно-балочной сетью. При этом глубина расчленения достигает 125 м, а густота – 0,5-1,0 км/км², следовательно, довольно выражены эрозионные процессы.

Зональным типом почв являются черноземы обыкновенные и аллювиальные (пойменные) дерновые почвы, встречающиеся в пойме р. Богучарка, которая пересекает территорию города в широтном направлении. При этом загрязнение почвенного покрова радиоактивными веществами, нефтепродуктами, тяжелыми металлами, пестицидами по официальным данным не зафиксировано.

Богучарский муниципальный район расположен в пределах степной Среднерусской провинции (Богучарский правобережный волнисто-балочный степной район). Так, естественные лесные массивы представлены на юге г. Богучара в пойме р. Богучарка в виде отдельных урочищ. Основной древесной породой является дуб черешчатый, а в самой пойме – ольха черная и ива ломкая. Часть территории городского поселения занята сельскохозяйственными угодьями и защитными противозэрозионными лесонасаждениями. Зональная растительность сохранилась только по склонам балок, оврагов [2]. В пределах же самой городской черты представлена следующими объектами озеленения: городским парком, приусадебным озеленением, насаждениями при общественных и административных зданиях и сооружениях, уличными посадками (табл. 3.10).

Таблица 3.10

Соотношение земель разного целевого назначения в пределах г. Богучара

№	Категория	га/%
	Общая площадь земель городского поселения,	1325
	в том числе территории:	
1	жилой зоны	290,0/21,9
2	общественно-деловой зоны	35,0/2,6
3	производственной зоны	88,0/6,6
4	рекреационной зоны – всего	147,0/11,2
	в том числе:	

№	Категория	га/%
4.1	зеленые насаждения общего пользования	10,0/0,8
4.2	зеленые насаждения специального назначения	61,0/4,6
4.3	лесные площади:	76,0/5,8
	из них:	
4.3.1	лесной фонд	10,0/0,8
4.3.2	лесные насаждения	66,0/5,0
5	под водой	17,0/1,3
6	зона транспортной инфраструктуры	97,0/7,3
7	зона специального назначения	4,0/0,3
8	прочие территории	647,0/48,8

Основными планировочными осями г. Богучара являются: автодорога М-4 «Дон», ул. 25 Октября, ул. Дзержинского, ул. Шолохова. Центральная улица Дзержинского, которая переходит затем в ул. Шолохова, соединяет селитебную зону с промышленной и далее соединяет с автомобильными дорогами М-4 и на г. Калач и Петропавловку.

Именно вдоль главной улицы фактически расположен общественно-деловой центр города. Площадь им. Ленина, городской парк и примыкающие к нему улицы составляют историческое ядро Богучара. В 200-400 м южнее находится зона отдыха с пляжем на берегу р. Богучарки.

Город имеет довольно плотную застройку. Это объясняется особенностями рельефа (на северо-западе – овражная сеть, на юге – пойма реки).

В селитебной зоне г. Богучара можно выделить четыре жилых массива: исторический центр (представлен в основном одно-двухэтажными жилыми домами); северная часть (четырёх-пятиэтажная застройка); восточная (территория индивидуальной застройки, а также небольшие кварталы двух-трехэтажной застройки с встроено-пристроенными нежилыми помещениями); южная часть.

Промышленная зона расположена преимущественно по границам города. На западе, вдоль автодороги М-4 находятся автотранспортные предприятия и объекты придорожного сервиса [2].

В 2018-2019 гг. на территории г. Богучара нами проведены биоиндикационные исследования. Объектом послужили насаждения тополя итальянского (*Populus italica* (Du Roi) Moench). Сбор растительного материала проводился в июне, когда уже заверши-

лись ростовые процессы. Точки отбора показаны на рисунке 3.6 с конкретизацией в таблице 3.11.

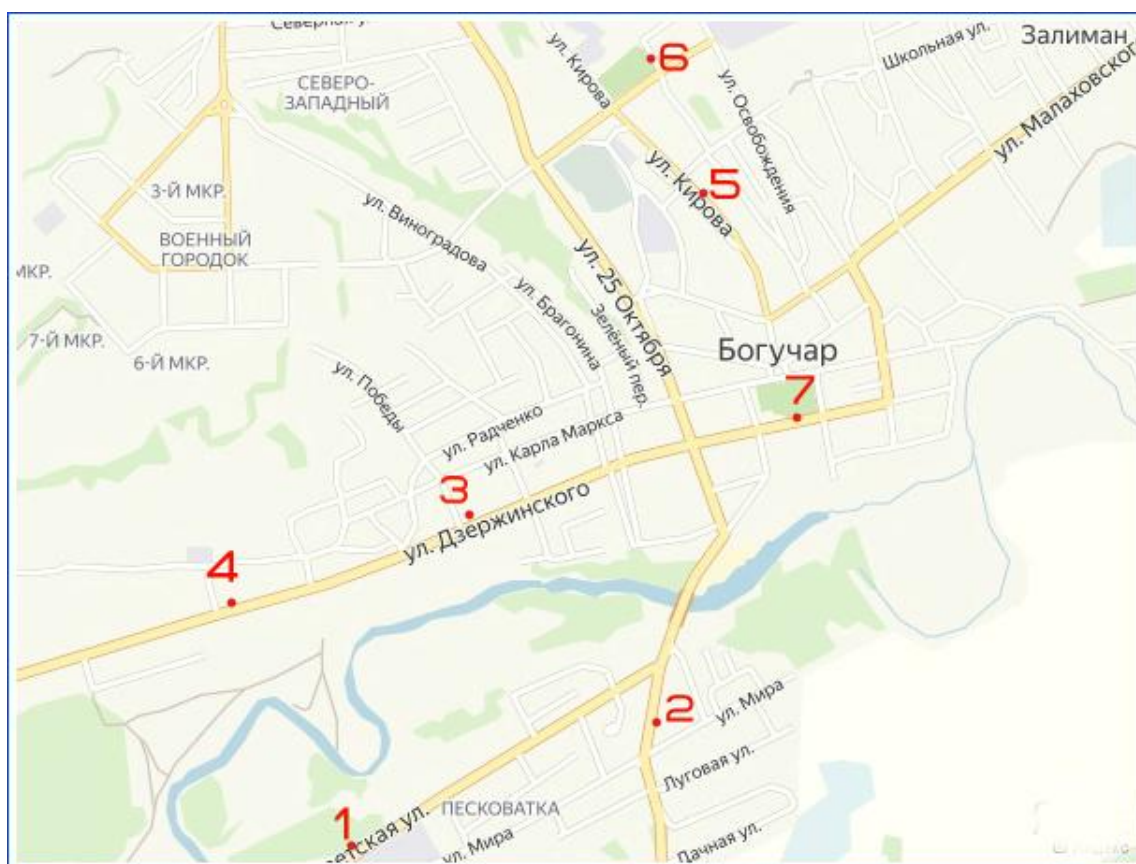


Рис. 3.6. Картограмма точек отбора листовых пластинок тополя итальянского на территории г. Богучара

Таблица 3.11

Точки отбора растительного материала

№ п/п	Местоположение	Примечание
1	ул. Советская	ООО «Богучархлеб»
2	ул. Октябрьская	Магазин «ЦентрСтрой»
3	ул. Дзержинского, 122	Двор жилого дома
4	ул. Дзержинского	Автостанция
5	ул. Кирова, 43	Двор жилого дома
6	пр-т 50-летия Победы	Гостиница «Славянка»
7	ул. Шолохова	Городской парк

В каждой точке было отобрано более 100 экземпляров листьев равномерно с нижней части кроны дерева (на высоте 1,5-2,0 м от уровня почвы), размер и генеративный возраст листьев примерно одинаковый. Поврежденные листовые пластинки, а также резко отличающиеся по размеру в выборку не включались.

Следует обратить внимание на возможности и особенности проведения биоиндикационных исследований.

Биоиндикация в общем виде представляет собой обнаружение и определение экологически значимых природных и антропогенных нагрузок на основе реакций на них живых организмов непосредственно в среде их обитания (рис. 3.7).

Биоиндикаторы – организмы, присутствие, количество или особенности развития которых служат показателями естественных процессов, условий или антропогенных изменений среды обитания.

Различают две формы биоиндикации: 1) специфическую (наблюдающиеся изменения в биосистеме связаны с действием одного какого-либо экологического фактора), 2) неспецифическую (в данном случае различные внешние воздействия вызывают одинаковые реакции).



Рис. 3.7. Сферы применения биоиндикационных исследований

В зависимости от типа ответной реакции биоиндикаторы подразделяют на чувствительные и кумулятивные. Чувствительные биоиндикаторы реагируют на стресс значительным отклонением от

жизненных норм, а кумулятивные накапливают антропогенное воздействие, без видимых изменений [7].

Биоиндикаторами могут быть самые разнообразные живые организмы, но следует отметить, что они должны удовлетворять ряду условий (рис. 3.8).

Таким образом при выборе индикатора необходимо учитывать особенности живого организма. Например, обязательно должны быть широко распространенные виды на исследуемой территории и не занесенные в «Красную книгу» [7].

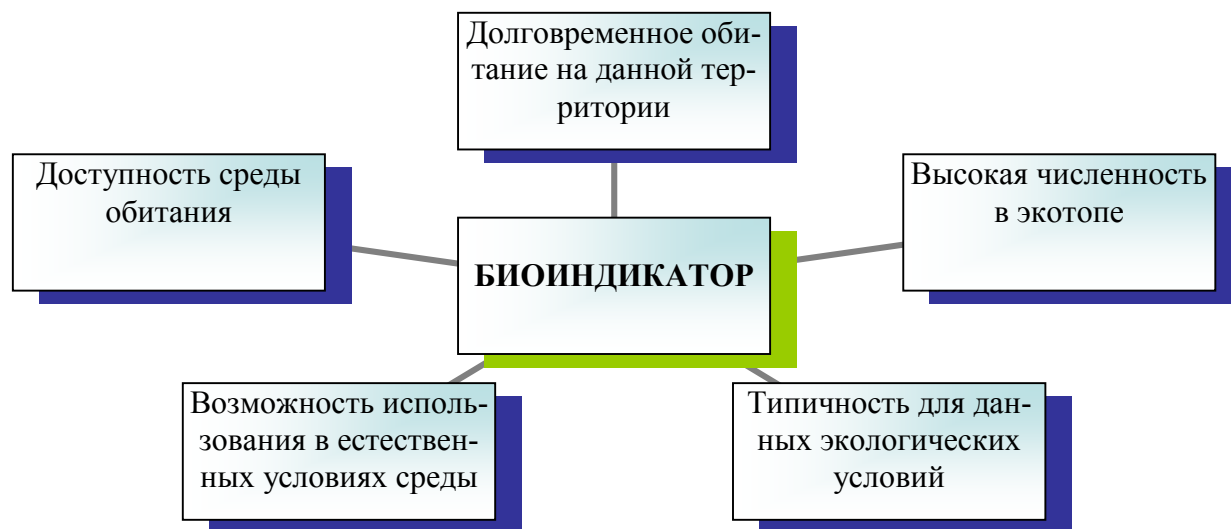


Рис. 3.8. Требования, предъявляемые к биоиндикатору

В качестве организмов-индикаторов, используют бактерии, водоросли, беспозвоночных (инфузории, ракообразные, моллюски). Так же хорошими индикаторами водоемов являются рыбки гуппи. Загрязненность воды ионами тяжелых металлов устанавливают по двигательной активности пиявок. В целом показателем служит общее количество видов и плодородия особей [9].

Различные виды бактерий, водоросли, грибы, растения и животные – все они могут быть биоиндикаторами, которые обладают хорошо выраженной реакцией на внешнее воздействие. Основным свойством считается чувствительность. К чувствительным относятся: мхи, лишайники, водоросли, бактерии, микроскопические грибы. Также используют пыльцу растений, хвою сосны обыкновенной. Среди животных биоиндикаторами служат: ракообразные, моллюски, личинки ручейников, веснянок. К чувствительным биоиндикаторам также могут относить отдельные процессы в клетках организма (изменения в пигментном комплексе), также ими могут быть

морфологические изменения (изменения формы и размера листовой пластинки, уменьшение продолжительности жизни хвои) [5].

Основным методом биоиндикации является метод эталонов. Суть метода в том, что сравнивается изучаемая экосистема с фоновой, которая выступает как образец в данном исследовании.

Хорошим биоиндикатором является тот организм, который при исследовании показывает линейную корреляцию, между уровнем загрязнения и реакцией организма.

Биоиндикация проводится на различных уровнях жизни, начиная с макромолекулы, клетки, организма, популяции, сообщества и заканчивая, экосистемой. С повышением уровня повышается и их сложность, так как усложняется связь с окружающей средой. На низших уровнях преобладает прямая биоиндикация, связанная с одним определенным возбудителем стресса, а на высших уровнях косвенная, так как низшая включена в высшую биоиндикацию. Например, на молекулярном уровне, организация биохимических процессов очень похожа, что позволяет разным организмам давать одинаковую реакцию на стрессор при токсическом воздействии. На клеточном уровне происходит накопление вредных веществ. Обычно большинство вредных веществ пригодны для использования организмом. (хлор, тяжелые металлы – свинец, кадмий, цинк). Их накопление в больших количествах может считаться индикационным признаком. Индикаторными показателями в клетке выступают: биомембрана (ее строение и состав), отложение кристаллических включений в хлоропластах, состояние лизосом, изменение размеров клетки, плазмолиз (отслаивание плазмы от клеточной стенки). Биоиндикация на первых двух уровнях необходима при низкой и средней загрязненности окружающей среды. На организменном уровне основными показателями служат: изменение окраски листьев, изменение размеров растения, снижение темпа роста. Популяционный уровень характеризуется показателями роста популяции и структуры (состав, возраст и т.д.) [7].

На основе вышесказанного нами было установлено, что выбранный для исследования вид – тополь итальянский – является стрессороустойчивым организмом к внешнему воздействию, широко распространен на рассматриваемой территории, и в, целом, удовлетворяет требованиям.

Актуальность темы обусловлена недостаточным количеством биоиндикационных исследований в малых городах. В последнее

время особое значение приобретает оценка воздействия факторов урбанизированной среды, основанная на состоянии биологических тест-объектов. Древесные растения представляют собой наиболее информативный объект для характеристики долговременных изменений качества локального участка городской среды, а также создания прогноза их будущего хода.

Принцип метода основан на выявлении нарушений симметрии развития листовой пластины древесных растений под действием комплекса экологических факторов. Применение морфогенетического подхода, когда состояние организма оценивается по показателям стабильности развития, позволяет получить объективную информацию, так как оценка стабильности развития по флуктуирующей асимметрии позволяет судить об условиях, в которых находились растения на ранних стадиях онтогенеза, когда происходило формирование изучаемых признаков, и является неспецифической реакцией организма на стрессирующее воздействие [4, 6].

Морфологические изменения у растительных организмов являются достоверными для определения стабильности их роста и степени изменения условий их среды обитания. Следовательно, актуальной является диагностика комфортности среды по реакции изменения биометрических показателей древесных растений. Это позволяет установить закономерности роста, выполнения экологических функций, оценить состояние экологического риска на городских территориях.

Флуктуирующая асимметрия (ФА) представляет собой незначительные ненаправленные отклонения от строгой билатеральной симметрии как следствие несовершенства онтогенетических процессов, т. е. является результатом неспособности организмов развиваться по точно определенным путям. Методика флуктуирующей асимметрии основана на теории «стабильности развития», разработанной В. М. Захаровым с коллегами. Было доказано, что воздействие стресса вызывает в живых организмах изменение гомеостаза или стабильности развития. Главными показателями этих изменений является флуктуирующая асимметрия. Такие различия обычно являются результатом ошибок в ходе развития организма. При нормальных условиях их уровень минимален, стрессовое воздействие приводит к увеличению асимметрии [10].

Оценка флуктуирующей асимметрии хорошо зарекомендовала себя при определении общего уровня антропогенного воздействия.

Известно, что растительность определяет эколого-биотическое состояние местности. Растения, как продуценты экосистемы, в течение всей своей жизни привязаны к локальной территории и подвержены влиянию почвенной и воздушной сред, наиболее полно отражающих весь комплекс стрессовых воздействий на экосистему. Исследования показывают, что уровень флуктуирующей асимметрии растительных объектов чувствителен к действию химического загрязнения и возрастает при увеличении антропогенного воздействия [1].

При формировании листовой пластины, по мере накопления токсичных веществ, происходит торможение ростовых процессов, и деформация листа. При окончательном формировании листовых пластин на деревьях, испытывающих высокую техногенную нагрузку, их площади меньше, чем на деревьях, произрастающих в более благоприятных экологических условиях. Чтобы оценить состояние объекта биоиндикации в последнее время широко используется метод флуктуирующей асимметрии.

Оценка качества среды г. Богучара проведена по показателям нарушения стабильности развития тополя итальянского, а в качестве основного критерия рассматривали интегральный показатель флуктуирующей асимметрии строения и жилкования листовой пластинки.

Методика основана на системе промеров листа: 1 – ширина половинки листа; 2 – длина второй жилки 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 жилками.

Сначала для каждой листовой пластинки вычисляются относительные величины асимметрии по признакам. Для этого модуль разности между промерами слева (L) и справа (R) делят на сумму этих же промеров: $L-R/L+R$. Затем вычисляют показатель асимметрии для каждого листа. Для этого суммируют значения относительных величин асимметрии по каждому признаку и делят на число признаков (табл. 3.12).

На последнем этапе вычисляется интегральный показатель стабильности развития – величина среднего относительного различия между сторонами на признак, т.е. средняя арифметическая всех величин асимметрии для каждого листа. Это значение округляется до третьего знака после запятой.

Таблица 3.12

Результаты определения флуктуирующей асимметрии

№ п/п	1 признак	2 признак	3 признак	4 признак	5 признак	Интегральный показатель
Точка №1						
1	0,041	0	0,176	0,143	0	0,072
2	0,014	0,059	0	0,143	0,1	0,063
3	0,014	0,091	0,333	0	0,048	0,097
4	0,039	0	0,143	0,154	0	0,067
5	0,014	0	0	0	0	0,003
6	0,039	0,056	0,143	0,029	0	0,053
7	0,013	0,099	0,143	0,143	0	0,08
8	0,028	0,011	0,212	0,111	0,059	0,084
9	0,028	0,059	0,278	0,048	0,053	0,093
10	0,094	0,039	0,143	0,091	0,053	0,084
Точка №2						
1	0,045	0,036	0,333	0	0,053	0,093
2	0	0,024	0,333	0	0	0,071
3	0,032	0,029	0,057	0,083	0	0,040
4	0,077	0,067	0,063	0,059	0	0,053
5	0	0,053	0,091	0,053	0	0,039
6	0,063	0	0	0,143	0,067	0,055
7	0,014	0	0,074	0,029	0,111	0,046
8	0,030	0,063	0,143	0,23	0	0,093
9	0,032	0,123	0,03	0,063	0,111	0,072
10	0,014	0,013	0,097	0,091	0,061	0,055
Точка №3						
1	0	0,041	0,03	0,032	0	0,021
2	0,019	0,012	0,111	0,143	0	0,057
3	0	0,012	0	0,077	0	0,018
4	0,02	0,024	0,167	0,059	0	0,054
5	0	0,039	0,091	0,2	0,067	0,079
6	0	0,053	0,167	0,13	0	0,07
7	0,023	0	0,091	0	0,053	0,033
8	0,045	0,045	0,077	0,032	0	0,04
9	0,024	0	0,13	0,071	0	0,045
10	0	0,053	0,043	0,071	0,067	0,047
Точка №4						
1	0,042	0,043	0,067	0,063	0,077	0,058
2	0,083	0,012	0,111	0,143	0	0,07
3	0	0,045	0,333	0,158	0,053	0,118
4	0,024	0,024	0,12	0,027	0,043	0,048

№ п/п	1 признак	2 признак	3 признак	4 признак	5 признак	Интегральный показатель
5	0,045	0,038	0,091	0,2	0,048	0,084
6	0,024	0,029	0,091	0	0	0,029
7	0,042	0,026	0,04	0	0,067	0,035
8	0,029	0,039	0,13	0,056	0,029	0,057
9	0,05	0,024	0,143	0,071	0,067	0,071
10	0,043	0,053	0,2	0,111	0,022	0,086
Точка №5						
1	0,018	0,039	0,073	0,032	0	0,032
2	0	0	0,063	0,111	0,091	0,053
3	0,091	0,034	0,111	0,071	0	0,061
4	0,019	0,014	0,135	0,071	0,053	0,058
5	0,038	0,067	0	0,043	0,063	0,042
6	0	0,048	0	0,071	0,059	0,036
7	0,032	0,014	0,069	0,043	0,063	0,044
8	0,083	0,011	0,2	0,071	0,1	0,093
9	0	0	0,083	0,25	0,048	0,076
10	0	0,053	0,056	0,154	0,053	0,063
Точка №6						
1	0,016	0,038	0,047	0,032	0	0,026
2	0,033	0,013	0,095	0,118	0	0,052
3	0,094	0,027	0,151	0	0	0,054
4	0	0,029	0,143	0,12	0,059	0,07
5	0	0,057	0	0	0,067	0,025
6	0	0,047	0	0,053	0,059	0,032
7	0,034	0,014	0,111	0,048	0	0,041
8	0,089	0,023	0,185	0,052	0	0,07
9	0	0	0,022	0,143	0	0,033
10	0	0,065	0,028	0,2	0,059	0,07
Точка №7						
1	0,043	0,22	0,073	0,032	0	0,074
2	0	0,08	0,067	0,111	0,091	0,07
3	0,018	0,028	0	0	0	0,009
4	0,095	0	0,135	0,071	0,053	0,071
5	0,111	0,048	0	0,091	0,067	0,063
6	0	0,028	0	0,018	0,059	0,021
7	0,048	0,08	0,083	0	0,067	0,056
8	0	0,091	0,2	0	0,1	0,078
9	0,083	0,045	0,022	0,176	0,048	0,075
10	0,111	0,069	0,056	0,111	0,053	0,08

На основе полученных данных построена диаграмма (рис. 3.9).

Из диаграммы видно, что наибольший уровень флуктуирующей асимметрии отмечается по третьему признаку (расстояние между основаниями первой и второй жилок), а наименьший – по первому (ширина половинок листа).

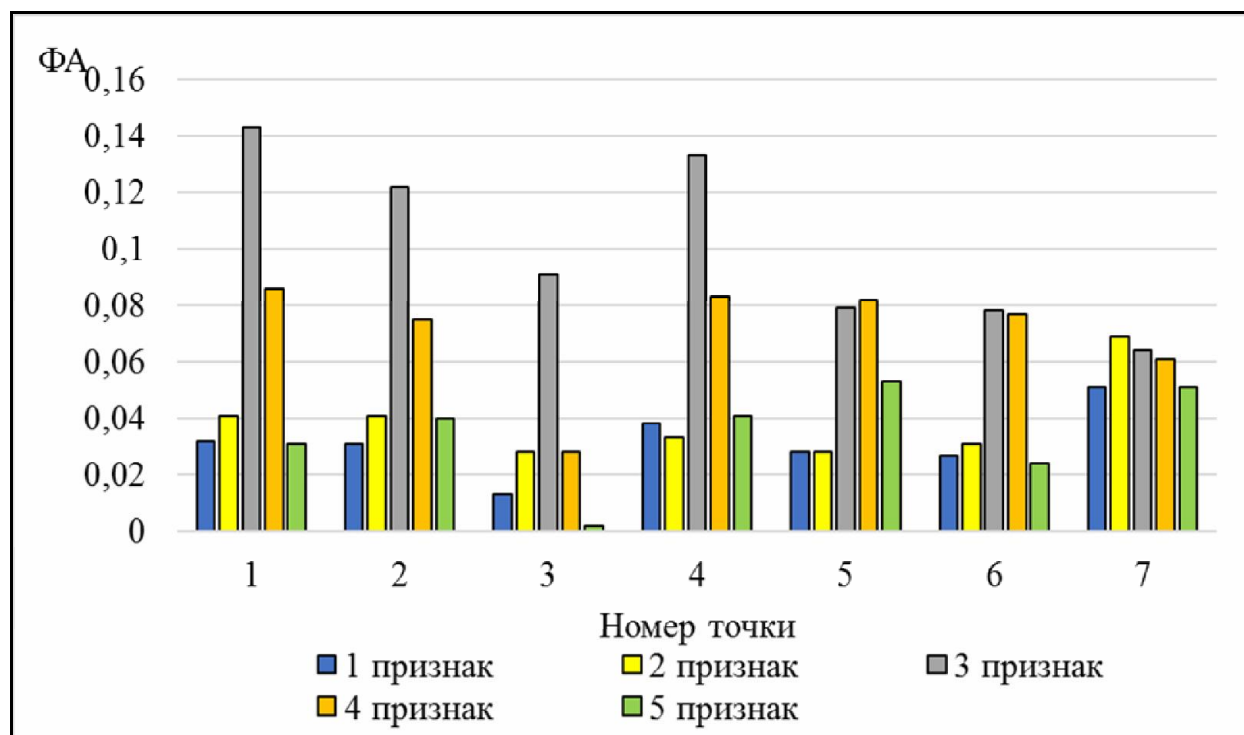


Рис. 3.9. Среднее значение флуктуирующей асимметрии листовых пластинок тополя итальянского

Для оценки степени выявленных отклонений от нормы, их места в общей выборке возможных изменений показателя применяется балльная шкала, разработанная нами в 2015 г. для тополя итальянского (табл. 3.13) [8]. Диапазон значений интегрального показателя асимметрии, соответствующий условно нормальному фоновому состоянию, принимается как первый балл (условная норма). Он соответствует данным, полученным в природных популяциях при отсутствии видимых неблагоприятных воздействий (например, на территории биосферных заповедников).

В этой связи надо иметь ввиду, что на практике при оценке качества среды в регионе с повышенной антропогенной нагрузкой фоновый уровень нарушений в выборке растений даже из точки условного контроля не всегда находится в диапазоне значений, соответствующих первому баллу. Диапазон значений, соответствующий критическому состоянию, принимается за пятый балл. Он соответствует тем популяциям, где есть явное неблагоприятное воздействие, и такие изменение состояния организма, которые приводят организм к

гибели. Весь диапазон между этими пороговыми уровнями ранжируется в порядке возрастания значений показателя [9].

Таблица 3.13

Балльная шкала оценки качества среды по величине флуктуирующей асимметрии листа

Балл	Качество среды	ФА
I	Условная норма	$<0,059$
II	Начальное отклонение от нормы	$0,060 \dots 0,069$
III	Средний уровень отклонений от нормы	$0,070 \dots 0,079$
IV	Существенные (значительные) отклонения от нормы	$0,080 \dots 0,089$
V	Критическое состояние	$>0,089$

На рисунке 3.10 показаны данные балльной оценки исследуемых точек по интегральному показателю флуктуирующей асимметрии.

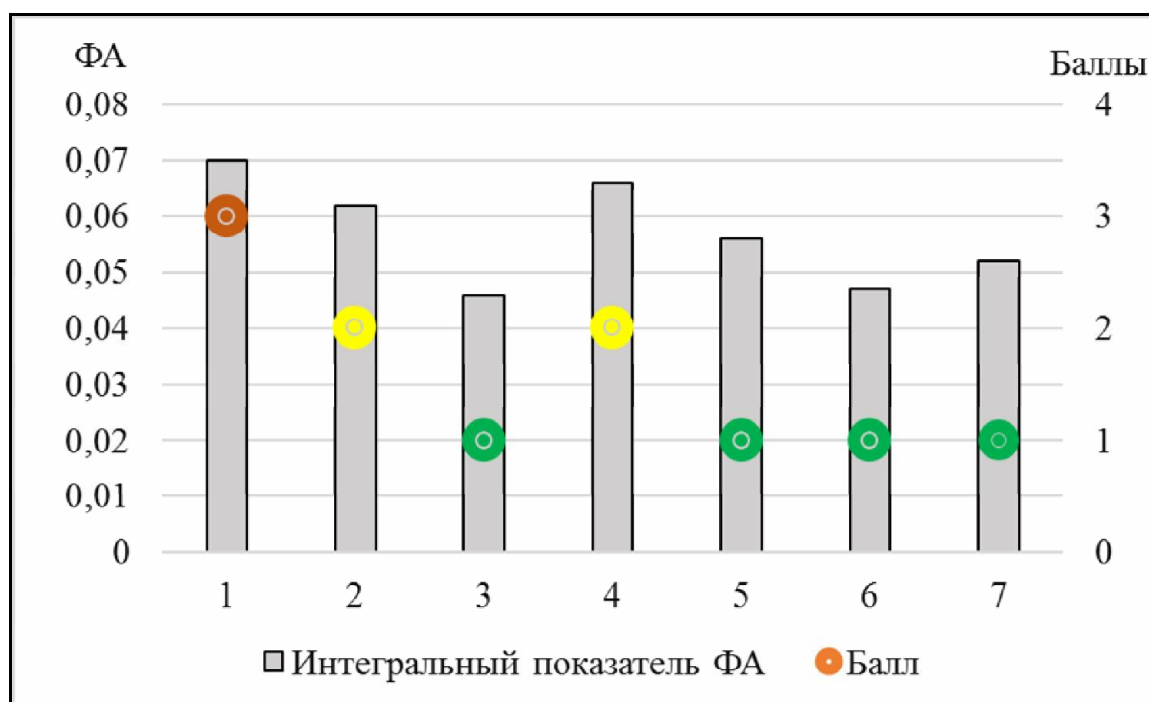


Рис. 3.10. Шкалирование показателя флуктуирующей асимметрии по точкам отбора

На обследованной территории фиксируется уровень флуктуирующей асимметрии листьев тополя итальянского, не превышающий критических значений. Наиболее высокие показатели зафиксированы в точках № 1, № 2, № 4, что соответствует II и III баллу по шкале оценки качества среды по величине ФА и характеризуется как начальное и среднее отклонение от нормы.

Самый низкий показатель асимметрии отмечен в точках № 3 и №6 (0,047 коэффициент ФА), что соответствует I баллу – условная норма.

Существует определенная взаимосвязь показателей значений ФА на рекреационных объектах с удаленностью этих объектов от источников загрязнения. Так, например, высокие значения показателей ФА листьев тополя итальянского в точке №1 связаны с непосредственной близостью этого места к основным источникам загрязнения – таким промышленным предприятиям, как ОАО «Богучармолоко», ООО «Богучархлеб». Кроме промышленных выбросов на состояние зеленых насаждений негативно воздействуют выхлопы автотранспорта (рис. 3.11). Влиянию данного источника загрязнения подвергаются все древесные растения на исследуемой территории, в особенности точка №4, расположенная вблизи автостанции.



Рис. 3.11. Тополь итальянский (слева – точка № 1 ООО «Богучархлеб», справа – точка № 7 городской парк)

Таким образом, оценка флуктуирующей асимметрии хорошо зарекомендовала себя при определении общего уровня антропогенного воздействия. Известно, что растительность определяет эколого-биотическое состояние местности. Растения, как продуценты экосистемы, в течение всей своей жизни привязаны к локальной территории и подвержены влиянию

почвенной и воздушной сред, наиболее полно отражающих весь комплекс стрессовых воздействий на экосистему. Исследования показывают, что уровень флуктуирующей асимметрии растительных объектов чувствителен к действию химического загрязнения и возрастает при увеличении антропогенного воздействия. В результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

Во-первых, ведущую роль в загрязнении атмосферного воздуха в Богучарском районе играет автотранспорт. Кроме того, по территории района проходят магистральный и межпоселковый газопроводы, являющиеся также источником загрязнения. Среди промышленных предприятий максимальные выбросы приходятся на ООО «Богучарский ЗРМ» и ООО «Тихий Дон».

На количество выбросов загрязняющих веществ /азота диоксид, серы диоксид, углерода оксид, формальдегид, свинец, фенол и взвешенные вещества (пыль)/ от предприятий существенно влияет наличие или полное отсутствие газо- и пылеулавливающих установок, а также их низкая фактическая эффективность по очистке газов.

Метеорологические условия в равной степени способствуют как накоплению примесей в атмосфере, так и их рассеиванию, что обуславливает умеренный потенциал загрязнения атмосферы.

В районе большая часть предприятий не имеют разработанных проектов санитарно-защитных зон, а состояние атмосферного воздуха в населенных пунктах района характеризуется как удовлетворительное.

Во-вторых, самыми распространенными деградационными процессами в Богучарском районе являются: загрязнение химическими веществами, водная и ветровая эрозия, дегумификация и др. Эти процессы приводят к снижению почвенного плодородия. Однако согласно официальным данным из 42 исследованных проб на тяжелые металлы не отвечает гигиеническим нормативам только 1 проба в 2016 г. (МОУ Радченская школа – сад с. Радченское), где обнаружено превышение по цинку на 2,3%. При этом необходимо проведение работ по борьбе с эрозией почв (например, организация поверхностного стока, лесомелиоративные работы, снегозадержание и т.п.).

В-третьих, оценка флуктуирующей асимметрии листовых пластинок тополя итальянского на территории г. Богучара показала,

что в большинстве точек отбора качество среды характеризуется как начальное или среднее отклонение от нормы ($ФА \leq 0,079$), в точках № 3 и №5-7 – условная норма. Основными источниками загрязнения являются близлежащие предприятия, такие как ОАО «Богучармолоко», ООО «Богучархлеб». Кроме промышленных выбросов на состояние зеленых насаждений негативно воздействуют отработанные газы автотранспорта.

В-четвертых, для оптимизации состояния городской среды требуется проведение природоохранных мероприятий:

- организация санитарно-защитных зон промышленных предприятий;
- перевод автотранспорта на газовое топливо;
- озеленение магистральных улиц и санитарно-защитных зон с двухъярусной посадкой зеленых насаждений;
- систематическое осуществление мониторинга за состоянием атмосферного воздуха;
- укрепление оврагов и склонов, а также береговой зоны р. Богучарки;
- увеличение площади зеленых насаждений общего пользования городского поселения (например, создание полноценного парка в зоне центрального пляжа);
- сохранение и увеличение участков защитных лесонасаждений.

Таким образом, в результате проведенной оценки установили, что для Богучарского района проблема загрязнения окружающей среды выражается в загрязнении атмосферы, и, в частности, наиболее значима для г. Богучара. В целом же экологическая обстановка на территории поселения относительно благоприятная.

Общеизвестно, что город нельзя рассматривать как однородную в экологическом отношении территорию. На основании дальнейшего мониторинга возможно будет зонирование городского пространства, а в дальнейшем и разработка оптимизационных мер по озеленению городского ландшафта, совершенствованию технологии производства, проектированию элементов санитарного благоустройства.

Литература

1. Алексеев В.А. Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение / В.А. Алексеев. – Ленинград: Наука, 1990. – 220 с.

2. Генеральный план городского поселения – город Богучар Богучарского муниципального района Воронежской области / Т.1 «Положения о территориальном планировании»; Т.2 «Обоснование проекта генерального плана»; Воронеж, 2010. – ОАО «Воронежпроект». – Т. 1- 27 с., Т.2 – 67 с.

3. Доклад «О состоянии окружающей среды на территории Воронежской области в 2014 году»/ Департамент природных ресурсов и экологии Воронежской области. – Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2015. – 232 с.

4. Здоровье среды: методика оценки / В.М. Захаров [и др.]. – Москва: Центр экологической политики, 2000. – 66 с.

5. Ибрагимова Э.Э. Флуктуирующая асимметрия листьев *Morus alba* L. как биоиндикатор аэротехногенного загрязнения урбоэкосистем / Э.Э.Ибрагимова, И.В. Бандак, А.С. Дрозд // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2011. – Т. 24(63), № 2. – С. 129-135.

6. Кавеленова Л.М. Экологические основы и принципы построения системы фитомониторинга урбосреды в лесостепи / Л.М. Кавеленова // Вестник СамГУ. Естественнонаучная серия. – 2003. – Второй спец. вып. – С. 182-191.

7. Каплин В. Г. Биоиндикация состояния экосистем: учеб. пособие / В. Г. Каплин. – Самара: Самар. гос. акад., 2001. – 143 с.

8. Клевцова М.А. Геоэкологическая оценка состояния урбанизированных территорий биоиндикационными методами (на примере г. Воронежа) / М.А. Клевцова, П. М. Виноградов // Экологические системы и приборы. – Москва, 2015. – №4. – С. 3-13.

9. Методические рекомендации по выполнению оценки качества среды по состоянию живых существ (оценка стабильности развития живых организмов по уровню асимметрии морфологических структур) [Электронный ресурс] / Центр экологической политики России. – Москва, 2003. – URL: <http://www.ecopolicy.ru/upload/MetRecom.doc> (дата обращения 10.06.2018).

10. Hodar J.A. Leaf fluctuating asymmetry of Holm oak in response to drought under contrasting climatic conditions. / J.A. Hodar // Journal of Arid Environments. – 2002. – № 52. – P. 233-243.

ГЛАВА 4. РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА ВОРОНЕЖА

Обеспечение радиационной безопасности населения всегда являлось и является одной из приоритетных составляющих национальной безопасности Российской Федерации и важнейшим элементом санитарно-эпидемиологического благополучия населения страны [5]. Данные радиационно-гигиенической паспортизации и ЕСКИД, функционирующей на базе Санкт-Петербургского НИИ радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева, убедительно свидетельствуют о ведущем вкладе в структуру коллективной дозы населения природных источников ионизирующих излучений [6, 7]. Техногенные изменения городской среды обитания, применение различных природных материалов в строительстве и благоустройстве территорий городов могут влиять на мощность эквивалентной дозы гамма-излучения на открытой местности. Как показали инициативные исследования в различных регионах, уровень облучения населения за счет природных источников ионизирующего излучения на открытой местности в силу различных факторов и причин может варьировать в несколько раз [2, 8].

В этой связи исследования по оценке мощности эквивалентной дозы гамма-излучения на открытой местности территории городов, в которых проживает значительная доля населения России, являются актуальными.

Целью исследования являлось выявление закономерностей распределения величины мощности эквивалентной дозы гамма-излучения на открытой местности городского пространства в зависимости от функционального назначения внутригородской территории и типа её искусственного покрытия.

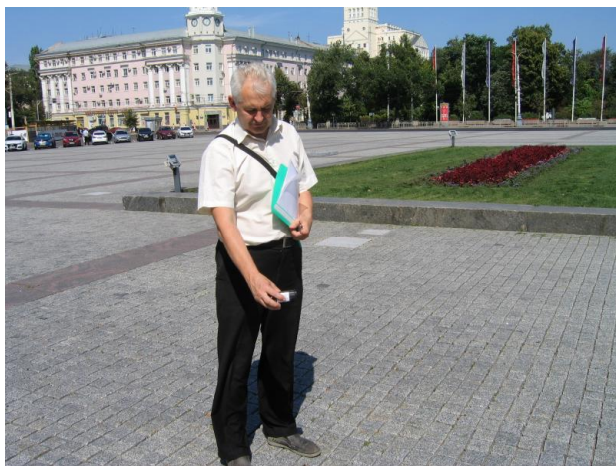
Материалы и методы исследования. Совместно с учеными кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды Воронежского государственного университета специалистами радиологической лаборатории ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области» (Аттестат аккредитации испытательного лабораторного центра № RA.RU.510125 от 13.12.2016 г., бессрочный) было выполнено обоснование 70 точек отбора проб атмосферного воздуха и почвы на внутригородской территории города Воронежа (отдельное направление исследований геохимического фона) [4].

В этих же точках в 2019 году (летний период, с 24 по 28 июня) проведены 143 измерения эквивалентной дозы гамма-излучения на открытой местности (не менее 2-х измерений в каждой точке). Выбор мест исследования изначально был определен по пяти видам функциональных внутригородских 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 преимущественно 50-х - 70-х гг. XX века; (жилая СП) – кварталы с современной многоэтажной застройкой преимущественно от 9 этажей и выше; (жилая ЧС) – «частный сектор», преимущественно одноэтажная и коттеджная жилая застройка – 15 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 (акватория внутригородского Воронежского водохранилища) – 1 точка. Фоновой точкой служило место измерения мощности эквивалентной дозы гамма-излучения в акватории внутригородского Воронежского водохранилища у дамбы Чернавского моста. Для проведения измерений использовалась надувная лодка. Измерения проводились в дневное время в течение пяти дней. Глубина водохранилища в месте измерения составляла 2,5-3,2 метра. Выбор фоновой точки измерения основан на теоретических сведениях о том, что толща воды ослабляет ионизирующее излучение, обусловленное присутствием природных радионуклидов на твердой земной поверхности.

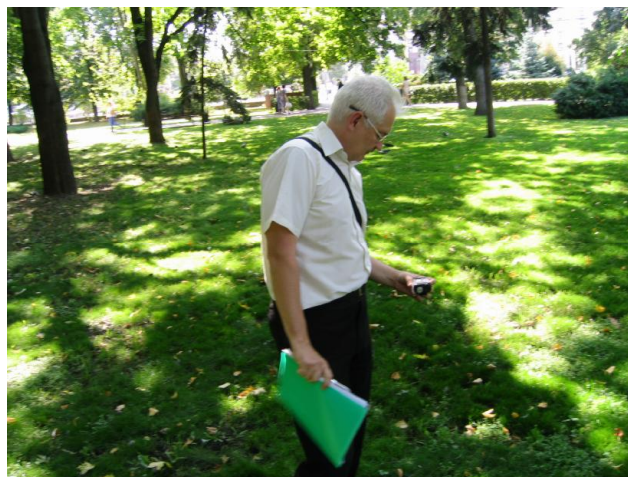
В остальных точках внутригородской территории проведены однократные измерения. Для исключения влияния на результаты измерений строений они проводились на расстоянии не менее 50 м от стен зданий.

Для проведения радиационного контроля территории города Воронежа использовался высокочувствительный компактный поисковый прибор - измеритель-сигнализатор поисковый микропроцессорный ИСП-РМ1401МА, предназначенный для обнаружения и локализации радиоактивных материалов (Свидетельство о поверке №13/8282 от 9.10.2018 г.) – рис. 4.6.

В приборе предусмотрены два режима работы: поиск радиоактивных источников по их внешнему гамма-излучению и оценка уровня излучения в мкЗв/ч (по линии Cs^{137} в коллимированном излучении).



Площадь Ленина,
покрытие - гранитный камень



Кольцовский сквер, зона рекреации,
открытый грунт



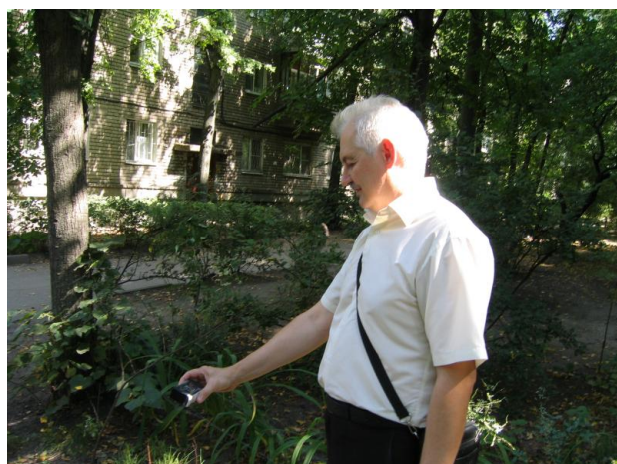
Проспект Революции,
покрытие - тротуарная плитка



Улица Космонавтов,
покрытие - грунт



Улица Плехановская (покрытие –
свежеуложенный асфальт)



Бульвар Пионеров, селитебная зона,
покрытие - грунт

*Рис. 4.5. Радиационные измерения
/фото - профессор Клепиков О.В. и к.м.н. Кузмичев М.К. проводят
измерения эквивалентной дозы гамма-излучения на открытой
местности городского пространства/*



Рис. 4.6. Общий вид измерителя-сигнализатора поискового микропроцессорного ИСП-PM1401MA

Для оценки достоверности различий средних величин показателя по функциональным внутригородским зонам рассчитывалось среднее значение и ошибка среднего ($M \pm m$), где $m = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$, n – число измерений). Параметрические методы статистики по сравнению с непараметрическими методами позволяют статистически однозначно интерпретировать полученные результаты. В этой связи нет необходимости использовать другие статистические инструменты.

Результаты исследования. В целом, радиационная обстановка на территории городского округа город Воронеж на протяжении многолетнего периода существенно не изменялась и оставалась удовлетворительной. По итогам радиационно-гигиенической паспортизации 2018 года основными дозообразующими факторами для населения остаются природные и медицинские источники ионизирующих излучений, а коллективная годовая эффективная доза облучения населения за счет всех источников ионизирующего излучения составила 8630,82 чел.–Зв (по РФ – 558857 чел. – Зв). В структуре коллективной дозы населения доза от природных источников ионизирующих излучений составляет 84,32% (в среднем, по РФ – 85,58%), от медицинских – 15,4% (по РФ – 14,13%), от техногенно измененного радиационного фона, включая глобальные выпадения и аварию на ЧАЭС – 0,16% (по РФ – 0,24%); от деятельности предприятий, использующих источники ионизирующих излучений – 0,12% (по РФ – 0,05%).

Вместе с тем систематический мониторинг радиационной обстановки, проводимый специалистами радиологической лаборатории ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области», осуществляется в одной контрольной точке по адресу рас-

положения учреждения - Воронеж, ул. Космонавтов, 21. В период проведения исследования показатель мощности эквивалентной дозы гамма-излучения не имел существенных колебаний и составлял 0,11-0,12 мкЗв/ч.

В соответствии п. 5.1.6 СП 2.6.1.2612-10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ 99/2010)» уровень радиоактивного загрязнения, основанный на измерении мощности эквивалентной дозы гамма-излучения на открытой местности селитебной территории, должен быть не более 0,3 мкЗв/ч.

В рамках нашего исследования, в дополнение имеющихся систематических данных о радиационной обстановке, выполнены измерения в 70 контрольных точках. При оценке результатов измерений (табл. 4.9 и 4.10), проведенных на твердой земной поверхности, так называемый «нулевой» фон вычитался из полученных значений мощности эквивалентной дозы гамма-излучения в соответствии с рекомендациями радиологов [1]. Это связано с тем, что при измерении мощности дозы на открытой местности неучёт или переучет так называемого «нулевого» фона дозиметров может существенно исказить оценки доз внешнего гамма-излучения. Как известно, «нулевой» фон – это сумма собственного фона прибора и его отклика на космическое излучение. Разумеется, для ряда исследований эта проблема неактуальна – например, нет необходимости точно знать нулевой фон дозиметра при отдельном обследовании типового земельного участка с однородным покрытием или без него. Но для получения единой картины, характеризующей радиационную обстановку в большом регионе (таком, как Воронеж) при измерениях на разных типах поверхностей, эта проблема чрезвычайно актуальна. В этой связи, методически более правильно проводить вычитания собственного фона дозиметров, или так называемого «нулевого» фона из прямого показания прибора.

Установлено, что показатель мощности эквивалентной дозы гамма-излучения составлял от 0,06 (фоновая точка) до 0,14 мкЗв/ч (с учетом фона) /селитебная территория центральной исторической части города/. На этой же территории наибольшее значение среднего показателя составляет $0,073 \pm 0,012$ мкЗв/час; далее следует транспортная функциональная зона (измерения на краю проезжей части, прилегающих к проезжей части тротуарах) - $0,058 \pm 0,004$ мкЗв/час (табл. 4.9).

Таблица 4.9

Мощность эквивалентной дозы гамма-излучения в зависимости
от функциональной городской зоны, мкЗв/ч

Показатель	Функциональные зоны						Фон, водная поверх- ность (1 точ- ка)
	Про- мыш- ленная (18 то- чек)	Транс- порт-ная (17 то- чек)	Жилая СЗ (6 то- чек)	Жилая ЦИ (7 то- чек)	Жилая ЧС (7 то- чек)	Рекреа- цион- ная (14 то- чек)	
Число изме- рений	36	34	12	14	14	28	5
Минималь- ный показа- тель	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,03	0,06
Максималь- ный показа- тель	0,07	0,09	0,08	0,14	0,07	0,07	0,08
Средний по- казатель ($M \pm m$)	$0,049 \pm 0,002$	$0,058 \pm 0,004$	$0,053 \pm 0,004$	$0,073 \pm 0,012$	$0,053 \pm 0,004$	$0,048 \pm 0,002$	$0,072 \pm 0,004$
Расчетный критерий Стьюдента (по отноше- нию к фону), $t_{1расч.}$	8,11	8,53	6,40	3,88	6,98	8,11	-
Расчетный критерий Стьюдента (по отноше- нию к зонам рекреации), $t_{2расч.}$	0,44	2,13	0,95	1,62	0,98	-	-8,11

По отношению к фоновой точке (0,06 – 0,08 мкЗв/ч) на твердой земной поверхности во всех функциональных зонах выявлены достоверные отличия средних величин показателя мощности эквивалентной дозы гамма-излучения ($t_{1расч.} = 6,40 \div 8,53 > t_{табл.} = 2,78$, при вероятности статистической ошибки менее 5% и минимальном количестве измерений в одной зоне $n=5$).

Вместе с тем, оценка достоверности различий средних величин показателей по отношению к рекреационным внутригородским зонам (парки, скверы, пляж на водохранилище, измерения прово-

дились в местах отсутствия искусственного покрытия) не подтвердила гипотезу различий величин мощности эквивалентной дозы гамма-излучения техногенно нагруженных (промышленной, транспортной) и жилой зон ($t_{2\text{расч.}} < t_{\text{табл.}}$). Вместе с тем, такие различия по уровню загрязнения атмосферного воздуха и почвы на внутригородских территориях были выявлены ранее [3]. Это, по нашему мнению, свидетельствует о том, что в условиях города Воронежа отсутствует связь мощности эквивалентной дозы гамма-излучения с уровнем химического загрязнения окружающей среды.

Нами проведена группировка выполненных измерений в зависимости от вида твердой поверхности (гранитная брусчатка, асфальтовое покрытие, тротуарная плитка, открытый грунт). Более детально дифференцировать покрытие на текущем этапе исследования не представлялось возможным из-за большого числа рецептуры применяемых асфальтобетонных смесей, а также их различной зернистости – мелкозернистой, среднезернистой, крупнозернистой и различных рецептур и видов тротуарной плитки (табл. 4.10).

Таблица 4.10

Мощность эквивалентной дозы гамма-излучения в зависимости от типа покрытия на открытой местности, мкЗв/ч

Показатель	Искусственные покрытия			Открытый грунт
	гранитная брусчатка	асфальтовое покрытие	тротуарная плитка	
Число измерений	5	24	26	14
Минимальный показатель	0,09	0,06	0,04	0,03
Максимальный показатель	0,14	0,08	0,07	0,07
Средний показатель ($M \pm m$)	$0,104 \pm 0,013$	$0,072 \pm 0,005$	$0,057 \pm 0,005$	$0,048 \pm 0,006$
Расчетный критерий Стьюдента (по отношению к открытому грунту), $t_{3\text{расч.}}$	3,50	2,84	1,09	-

Это позволило установить закономерность величин показателя мощности эквивалентной дозы гамма-излучения на открытой местности внутригородского пространства от типа покрытия.

Максимальные уровни гамма-фона (0,09-0,14 мкЗв/ч) на территории города Воронежа отмечались в тех местах, где для благоустройства территории использовались обработанные природные камни (гранит) – площадь Ленина, участок территории перед Воронежским механическим заводом, Адмиралтейская площадь. Среднее значение показателя составляет $0,104 \pm 0,013$ мкЗв/ч, что достоверно отличается от открытого грунта внутригородской территории ($t_{3\text{расч.}} = 3,50$, при $p < 0,05$).

Заключение. Результаты оценки радиационного фона показывают, что мощность эквивалентной дозы гамма-излучения (гамма-фона) на территории города Воронежа не превышает допустимых значений. Достоверных различий средних значений показателей в промышленной, транспортной, жилой функциональных зонах по отношению к рекреационной не выявлено ($t_{\text{расч.}} < t_{\text{табл.}}$, $p < 0,05$). Максимальные уровни гамма-фона (0,09-0,14 мкЗв/ч) на территории города Воронежа отмечались в тех местах, где для благоустройства территории использовались обработанные природные камни (гранит). При решении задачи выявления зависимости показателя мощности эквивалентной дозы гамма-излучения на открытой местности внутригородского пространства от типа покрытия, для снижения неопределенностей, в перспективе необходимо учитывать рецептуру материалов, особенно долю гранитной крошки.

Благодарности. Авторы благодарят главного врача ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области», доктора медицинских наук, профессора Стёпкина Юрия Ивановича за оказанную возможность использования инструментальной базы радиологической лаборатории для проведения исследования.

Литература

1. Григорьев А.И. Проблемы вычитания фона при индивидуальном дозиметрическом контроле и радиационном контроле на открытой местности / А.И. Григорьев, Л.В. Панкратов // Радиационная гигиена. – 2011. – №4(4). – С. 42-48.
2. Историк О.А. Облучение населения Ленинградской области за счет природных источников ионизирующего излучения / О.А. Историк, Л.А. Еремина, А.Н. Барковский и др. // Радиационная гигиена. – 2018. – Т.11. – №2. – С. 91-97.
3. Клепиков О.В. Комплексная оценка состояния окружающей среды промышленного города / О.В. Клепиков, А.С. Самойлов,

И.Б. Ушаков и др. // Гигиена и санитария. – 2018. – Т.97. – №8. – С. 686-692.

4. Медико-экологический атлас города Воронежа [электронный ресурс]: / С.А. Куролап, Т.И. Прожорина, М.А. Клевцова, П.М. Виноградов, Н.В. Каверина, С.А. Епринцев, О.В. Клепиков и др. – Воронеж: Воронежский государственный университет, 2019. (Создан при финансовой поддержке Русского географического общества). — URL:<http://www.geogr.vsu.ru/atlas.htm>.

5. Онищенко Г.Г. Деятельность Роспотребнадзора по обеспечению радиационной безопасности населения России / Г.Г. Онищенко, И.К. Романович // Здравоохранение Российской Федерации. – 2013. – №2. – С. 35-40.

6. Онищенко Г.Г. Радиационно-гигиеническая паспортизация и ЕСКИД - информационная основа принятия управленческих решений по обеспечению радиационной безопасности населения Российской Федерации сообщение 2. Характеристика источников и доз облучения населения Российской Федерации / Г.Г. Онищенко, А.Ю. Попова, И.К. Романович и др. // Радиационная гигиена. – 2017. – Т. 10. – №3. – С. 18-35.

7. Романович И.К. Природные источники ионизирующего излучения: дозы облучения, радиационные риски, профилактические мероприятия / И.К. Романович, И.П. Стамат, Т.А. Кормановская и др.; Под редакцией академика РАН Г.Г. Онищенко и профессора А.Ю. Поповой. – Санкт-Петербург: ФБУН НИИРГ им. П.В. Рамзаева, 2018. – 432 с.

8. Степанов Е.Г. Обеспечение радиационной безопасности населения при воздействии природных источников ионизирующего излучения / Е.Г. Степанов, А.С. Жеребцов, Ш.З. Гильманов и др. // Радиационная гигиена. – 2015. – Т.8. – №1. – С. 73-75.

ГЛАВА 5. ЭКОГЕОХИМИЯ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

5.1. Геохимия территорий интенсивного промышленно-транспортного освоения

В настоящей главе монографии изложены на примере города Воронежа закономерности формирования техногенных геохимических аномалий, а также затронуты вопросы трансформации городских почв в условиях интенсивного техногенного.

Современная городская территория представляет собой особую среду обитания человека, важнейшим элементом которой являются природные ландшафты и их компоненты, в той или иной степени преобразованные человеком в процессе жизнедеятельности и исторического развития. В идеальном мироустройстве любые преобразования городской среды должны быть направлены на формирование комфортной и безопасной жизни горожан.

Однако по мере роста в городах формируются негативные изменения окружающей среды, влияющие на условия проживания населения. На современном этапе развития городов именно эти тенденции определяют не только внешний облик городских ландшафтов, но их внутреннее наполнение.

Создание качественной городской среды – это общенациональная, сложная и материально затратная задача, решение которой невозможно дольше откладывать [3, 4]. Глобальный процесс урбанизации и рост загрязнения городских ландшафтов вызывает необходимость проведения эколого-геохимических исследований их территорий, которые предполагают комплексную оценку городской среды путем изучения не только отдельных компонентов, но и всех составляющих городских ландшафтов. Одной из составляющих этого направления является ландшафтно-геохимическое картографирование городов. Его теоретическую и методическую основу составляют геохимия ландшафтов и прикладная геохимия окружающей среды [6, 10]. Основополагающее значение при этом приобретает составление карт ландшафтно-функционального зонирования города, которое опирается на результаты исследования городских земель и природной структуры территории.

Истоки проблем городов кроются в концентрации производственных мощностей, неуклонном росте населения и, как следствие, ко-

личества транспорта. Это сочетание неизбежно порождает комплекс вопросов социального и экономического характера. Финансовые кризисы ухудшают благосостояние городов, что, в свою очередь, влияет на их инфраструктуру, качество жизни и здоровье населения [3, 6].

Промышленные города за счет производств концентрируют вещества природного и техногенного происхождения, которые на местах могут формировать локальные и даже региональные геохимические аномалии в различных компонентах ландшафта. По отношению к окружающей среде выделенные аномалии можно характеризовать как полезные, нейтральные или вредные.

По количественным признакам обычно выделяют положительные и реже отрицательные аномалии. При этом избыточное или недостаточное содержание исследуемых элементов и соединений недопустимо трактовать как исключительно отрицательный или положительный критерий для оценки качества городской среды. Для характеристики необходимо использовать комплексные показатели качества различных природных сред, учитывающие особенности рельефа, структуры застройки и метеорологические факторы, контролирующие рассеивающую и накапливающую способности атмосферы [4].

Объекты и методы исследования

В качестве объекта исследования выбрана территория города Воронежа, а предметом определен приповерхностный слой почвы различных функциональных зон. Среди всех взаимосвязанных природных сред почва только является депонирующей средой, способной накапливать многолетнее техногенное влияние.

Воронеж - крупный индустриальный город Центрально-Черноземного района с развитой транспортной инфраструктурой и площадью более 596 км². Городской округ г. Воронеж является центром Воронежской городской агломерации с численностью населения более 1 миллиона человек [1].

С начала промышленного кризиса 1998 года экологическая ситуация в городе Воронеже развивается под доминирующим влиянием выбросов транспорта. На фоне сокращения промышленных площадок на внутригородских территориях, трансформации функциональных зон вклад транспорта в загрязнение окружающей среды неуклонно возрастает.

При фактической ликвидации экологически «чистых» видов транспорта (трамвай, троллейбус), количество грузовых и легковых автомобилей в Воронеже увеличилось и составляет 347 штук на 1 тысячу жителей. По этому показателю среди всех регионов России Воронежская область уверенно занимает 15 место, в то время как в 2007 году это была только 25 позиция.

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

Увеличение числа автомобилей в Воронеже совпадает с общероссийским трендом. По сравнению с 2012 годом общее количество грузовых машин выросло на 38 %, легковых на 22 %, автобусов на 125 %. Согласно данным Управления экологии и администрации городского округа город Воронеж общее количество автомобилей в городе составляет 330 тысяч штук [8].

Транспортную нагрузку в городе дополняют три крупных железнодорожных вокзала, один гражданский аэропорт, взлетно-посадочные полосы авиастроительного предприятия и военный аэродром «Балтимор». Кроме того, через территорию города проходит автомагистраль общероссийского назначения М4 «Дон».

Среди других актуальных проблем города Воронежа можно выделить отставание в развитии дорожной сети, которая неизбежно влечет образование дорожных заторов, ограничивает «привлекательность» для развития целых микрорайонов из-за неразвитой системы общественного транспорта (табл. 5.1).

В соответствии с индексом качества городской среды, рассчитанным Минстроем России, Воронеж занимает двенадцатое место среди пятнадцати городов миллионников России по качеству озеленения и развитию улично-дорожной сети [2]. Оценка произведена с целью выявления и устранения объективно существующих факторов, сдерживающих развитие городов в соответствии с Указом Президента РФ от 7 мая 2018 года № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» и национального проекта «Жилье и городская среда».

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

Таблица 5.1

Протяженность автодорог и улиц общего пользования местного значения, находящихся в собственности г. Воронежа
на конец 2018 года

№ п/п	Показатели	Протяженность, км
1	Протяженность автодорог общего пользования местного значения, находящихся в собственности муниципальных образований, в том числе	1454,4
	- с твердым покрытием	1088,4
	- с усовершенствованным покрытием (цементобетонные, асфальтобетонные и типа асфальтобетона, из щебня и гравия, обработанных вяжущими материалами)	938,6
2	Общая протяженность улиц, проездов, набережных	1454,4
3	Общая протяженность освещенных частей улиц, проездов, набережных	1451,4

При оценке качества почвенного покрова нами выполнено актуальное исследование и использованы данные геохимического опробования, проведенного за период с июля 2018 г. по август 2019 г. на территории транспортных функциональных зон города (табл. 5.2).

В настоящее время транспортные функциональные зоны г. Воронежа активно модернизируются в соответствии с современными требованиями. Наиболее сложные и загруженные участки дорожной сети реконструируются и обустриваются развязками [8].

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

Внедрение современных подходов к организации движения в городе позволило сократить, но не исключить вредное воздействие транспорта. Существенный вклад в загрязнение городской среды вносят предприятия теплоэнергетики, машиностроения и химиче-

ской промышленности. Крупные производства Воронежа расположены в промышленных функциональных зонах Левобережного, Коминтерновского и Советского районов.

Таблица 5.2

Точки отбора проб почв в различных функциональных зонах
города Воронежа

№ п/п	Функциональная зона (ФЗ)	Количество точек
1	Промышленная (П)	
	всего, в том числе	27
	сооружения внешнего транспорта (взлетно-посадочные полосы авиапредприятия)	3
2	Транспортная (Т)	
	всего, в том числе	45
	пути внутригородского сообщения	17
	пути внешнего транспорта	
	всего, в том числе	28
	автомобильные пути	12
	железнодорожные пути	12
	границы полос воздушных подходов к аэродромам (аэропортам)	4
3	Селитебная (С)	
	всего, в том числе	10
	жилая малоэтажная застройка до 3 этажей	6
	жилая среднеэтажная застройка до 8 этажей	2
	жилая многоэтажная застройка 9 этажей и выше	2
4	Рекреационная (Р)	
	всего, в том числе	22
	зона лесных насаждений	8
	зона зеленых насаждений общего пользования	9
	зона особо охраняемых территорий	5

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

Воронеж – сложный для изучения объект, в современной ландшафтной и функциональной структуре которого преобладают

антропогенные (техногенные) составляющие, сочетающиеся с природными комплексами.

Территория города представляет собой слабо организованный набор функциональных зон, формировавшийся длительный исторический период (рис. 5.1 а, 5.1 б).

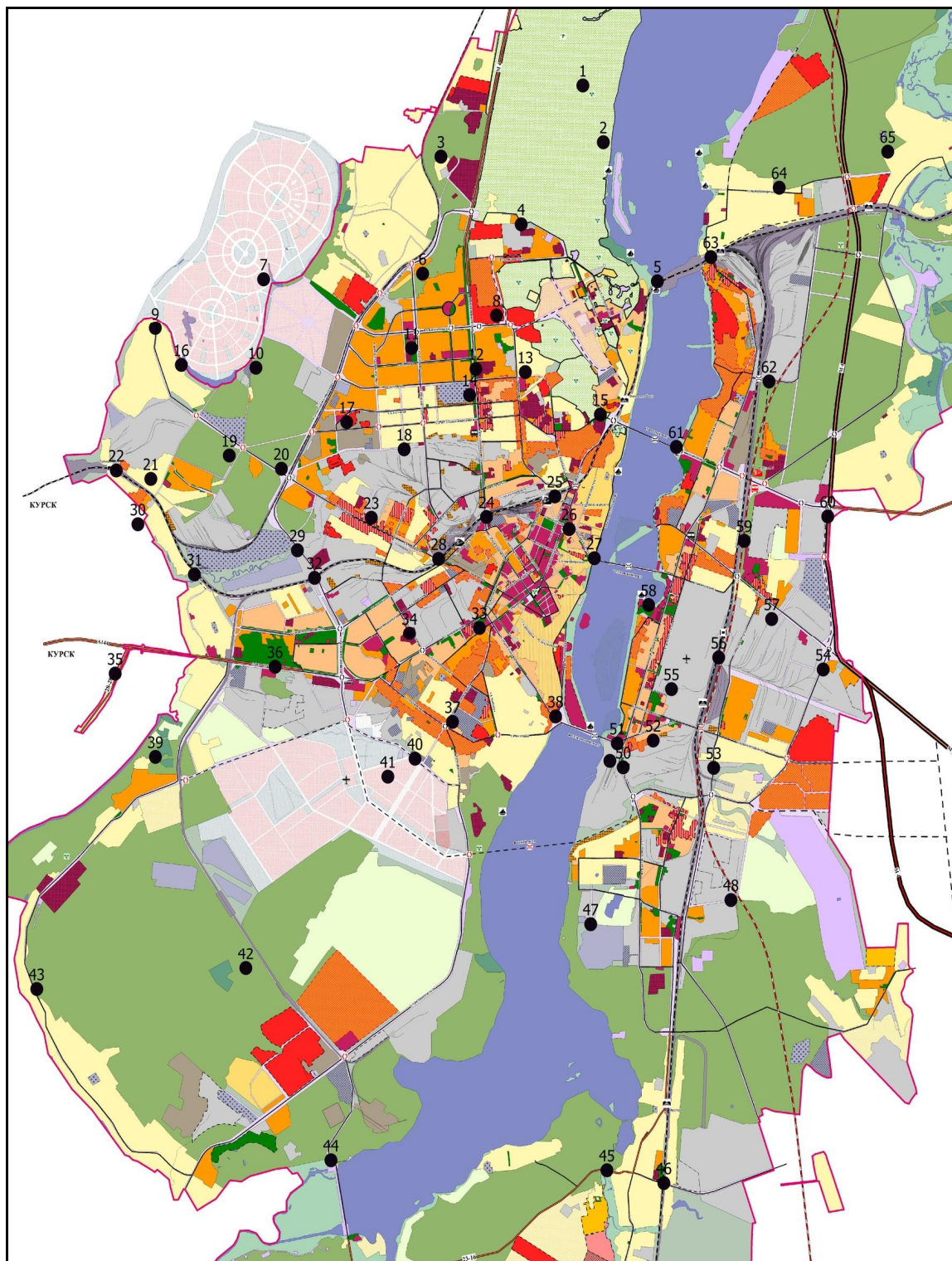


Рис. 5.1 а. Карта функционального зонирования г. Воронежа с точками отбора проб



Рис. 5.1 б. Обозначения для карты функционального зонирования г. Воронежа с точками отбора проб

Для города характерен контрастный рельеф: правобережная часть располагается на холмистом плато, а левобережная – в пониженной плоскоравнинной местности, которая постепенно переходит в речную террасу. На территории города сформировались разные типы почв: левобережная часть в основном представлена дерново-лесными песчаными и супесчаными почвами, а на правобережье преобладают черноземы суглинистые различной мощности. В процессе урбанизации почвенный покров города претерпел существенные изменения и представлен антропогенно преобразованными почвами – урбаноземами [10].

В национальной классификации почв России отсутствуют единые критерии диагностики почв урбанизированных ландшафтов, в связи с чем мы руководствовались классификацией антропогенно преобразованных почв и предложенной на ее основе почвенной карты Воронежа [6].

Для организации наблюдений в функциональных зонах г. Воронежа были выбраны ключевые участки, равномерно-разряжено распределённые по городской территории (рис. 5.1 а, 5.1 б). При выборе территории для исследования учитывались: интенсивность движения по основным и дублирующим магистралям, «зрелости» внутрисистемных связей природной составляющей и перспективы трансформации функциональных зон, а также материалы предыдущих исследований.

Почвы ключевых участков отбирались методом конверта из поверхностного (0-20 см) слоя почвы. Отбор проб почвы производился в теплое время года в 2018 и 2019 г в соответствии с ГОСТ «17.4.3.01-2017. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб».

Химико-аналитические работы включали анализ основных физико-химических свойств и определение поллютантов городских почв. В программу исследования были включены оценки состояния почв территорий населенных мест в зависимости от их функционального назначения (табл. 5.3).

Таблица 5.3

Основные показатели оценки состояния почв г. Воронежа в зависимости от их функционального назначения

№ п/п	Наименование показателя, единицы измерения	Функциональные зоны города / Методика исследования			
		ПФЗ	ТФЗ	СФЗ	РФЗ
1	Аммонийный азот, мг/кг	ГОСТ 26489-85 Почвы. Определение обменного аммония по методу ЦИНАО.			
2	Нитратный азот, мг/кг	ГОСТ 26488-85 Почвы. Определение нитратов по методу ЦИНАО.			
3	Хлориды, мг/кг	ГОСТ 26425-85 Почвы. Методы определения ионов хлорида в водной вытяжке			
4	рН вод, ед. рН	ГОСТ 26423-85 Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки.			
5	рН сол, ед. рН	ГОСТ 26483-85 Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее рН по методу ЦИНАО			

Продолжение таблицы 5.3

№ п/п	Наименование показателя, единицы измерения	Функциональные зоны города / Методика исследования			
		ПФЗ	ТФЗ	СФЗ	РФЗ
6	Нефтепродукты, мг/кг	ПНД Ф 16.1:2.2.2.3.3.64-10 Количественный химический анализ почв. Методика измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почв, грунтов, донных отложений, илов, осадков сточных вод, отходов производства и потребления гравиметрическим методом			
7	Сернистые соединения (сера), мг/кг	ГОСТ 26490-85 Почвы. Определение подвижной серы по методу ЦИНАО			
8	Сернистые соединения (сульфат-ион), мг/кг	ГОСТ 26426-85 Почвы. Методы определения иона сульфата в водной вытяжке			
9	Тяжелые металлы (свинец, кадмий, медь, цинк, никель), мышьяк, мг/кг	ПНД Ф 16.1:2.2.2.3.48-06 Методика выполнения измерений массовой концентрации цинка, кадмия, свинца, меди, марганца, мышьяка и ртути в почвах, тепличных грунтах, сапропелях, илах, донных отложениях, твердых отходах методом инверсионной вольтамперометрии на анализаторах типа ТА			
10	Бенз(а)пирен, мг/кг	ПНД Ф 16.1:2.2.2.3.39-03 Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений массовой доли бенз(а)пирена в пробах почв, грунтов, твердых отходов, донных отложений методом высокоэффективной, жидкостной хроматографии с использованием жидкостного хроматографа "Люмахром"			

В перечень исследуемых показателей включены химические вещества различных классов опасности из стандартного перечня показателей СанПиН 2.1.7.1287-03:

- тяжелые металлы (ТМ): свинец, кадмий, цинк, медь, никель, мышьяк;
- 3,4-бенз(а)пирен и нефтепродукты;
- рН (водной и соляной вытяжки);
- суммарный показатель загрязнения.

Валовое содержание ТМ и мышьяка определялось на атомно-абсорбционном (АА) спектрометре «Спектр-5-4» с атомизацией в пламени (в аккредитованной лаборатории Филиала «ЦЛАТИ по Воронежской области» ФГБУ «ЦЛАТИ по ЦФО») и методом ИВА на вольтамперометрическом анализаторе ТА-4 (на базе аттестованной эколого-аналитической лаборатории факультета географии, геоэкологии и туризма ВГУ).

Определение содержаний бенз(а)пирена выполнено в лаборатории Филиала ЦЛАТИ по Воронежской области и в испытательном лабораторном центре ФГБУ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области»

В эколого-аналитической лаборатории факультета географии, геоэкологии и туризма ВГУ определены следующие физико-химические свойства почв: рН, содержание аммонийного и нитратного азота, хлориды, подвижная сера и сульфат-ион, нефтепродукты, плотный остаток водной вытяжки.

При статистической обработке материала использована программа Stadia. Картографирование выполнено с применением лицензионной программы MapInfo Pro на базе факультета географии, геоэкологии и туризма Воронежского государственного университета.

Результаты и обсуждение

В последние годы исследователями получены многочисленные результаты исследований по проблемам изменениям кислотности почвенного покрова города [5].

В соответствии и требованиями экологических изысканий оценка кислотно-основных свойств почв производится при любых работах по исследованию состояния окружающей среды. Для оценки кислотности почв используют две группы показателей: рН водной и солевой вытяжек. По ГОСТ 17.5.4.01-84 производится измерение актуальной кислотности почв (рН водной вытяжки). Обменную кислотность определяют по ГОСТ 26489–85 и выражают в единицах рН солевой вытяжки (1М KCl).

В настоящее время под обменной почвенной кислотностью понимают общее число кислотных компонентов, которое удерживается на поверхности коллоидных частиц преимущественно электростатическими силами (рис. 5.2). По мнению ряда авторов, об-

менная кислотность является более вредной для растений формой почвенной кислотности [5, 9].

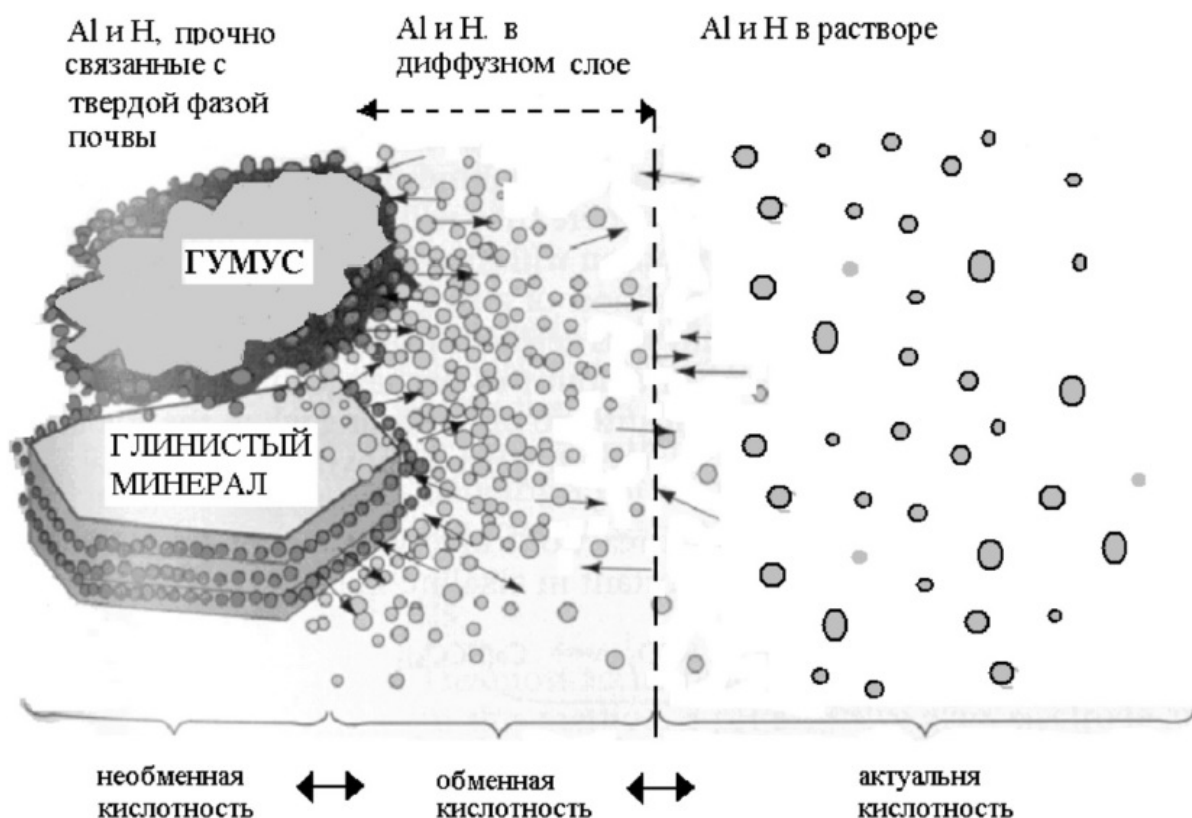


Рис. 5.2. Взаимосвязь между обменными и необменными кислотными компонентами в почвенном растворе [9]

Изменения актуальной кислотности связаны не только с типом почв, но и уровнями техногенной нагрузки на территорию (рис. 5.3, 5.4).

По реакции рН почвы города можно отнести к слабокислым, нейтральным и слабощелочным. Значения изменяются в широком диапазоне, который существенно различается по функциональным зонам.

На правобережье города почвы промышленных территорий сохранили слабощелочные значения рН, которые демонстрируют тенденцию к снижению до нейтральных показателей. Кислотность почв левобережья уменьшилась и достигла щелочной реакции среды.

В результате антропогенной деятельности химические свойства почв города Воронежа трансформировались и характеризуются значительной неоднородностью (табл. 5.4, рис. 5.5, 5.6, 5.7).

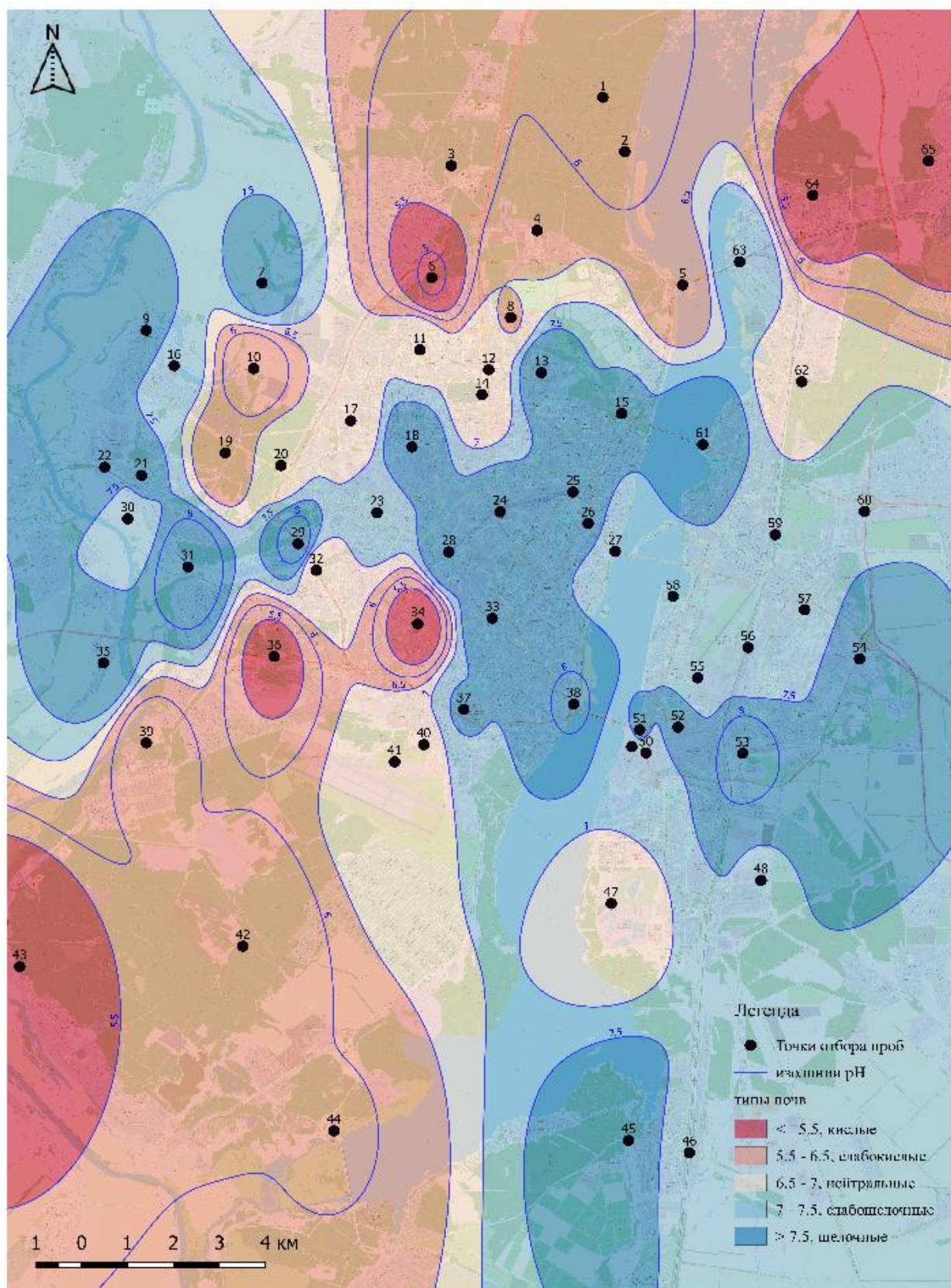


Рис. 5.3. Распределение значений pH водной вытяжки в поверхностных горизонтах почв г. Воронежа

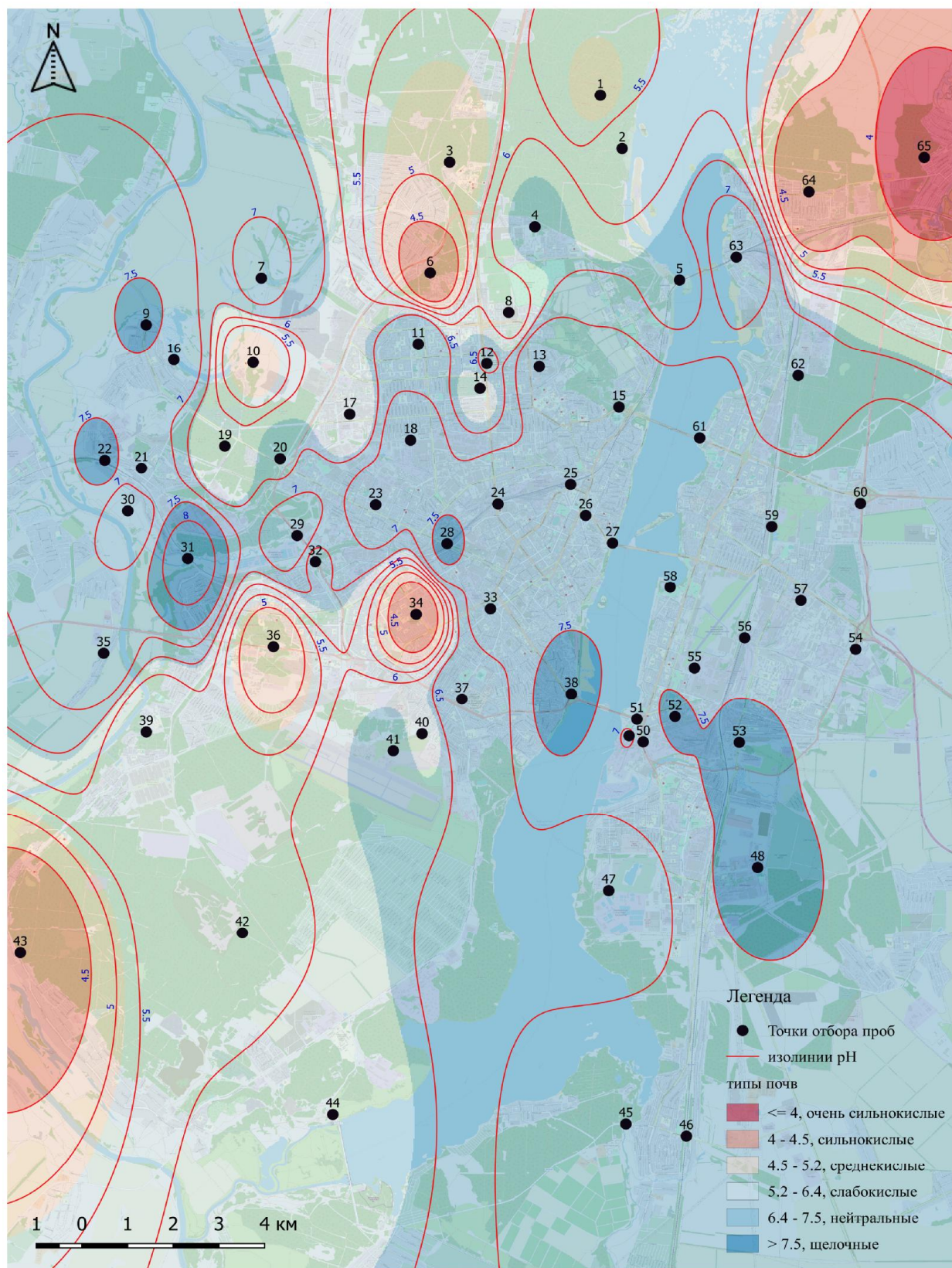


Рис. 5.4. Распределение значений рН соляной вытяжки в поверхностных горизонтах почв г Воронежа

Таблица 5.4

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

Показатель	$pH_{\text{вод}}$	Cl-	SO_4^{2-}	NO_3^-	Плотный остаток, %
Фоновые (ключевые) городские участки					
Среднее	5,85	79,06	26,42	5,16	0,27
Промышленные функциональные зоны					
Среднее	7,49	92,75	28,35	9,78	0,18
min	6,65	67,45	2,00	2,50	0,02
max	8,15	118,04	53,60	23,66	0,34
Kc*	-	1,17	1,07	1,90	0,68
Транспортные функциональные зоны					
Среднее	7,39	95,87	31,82	9,59	0,28
min	6,12	67,55	14,81	2,50	0,09
max	8,33	181,32	54,47	27,86	0,51
Kc	-	1,21	1,20	1,86	1,03

* Kc – коэффициент концентрации.

В особых условиях сформирован почвенный покров промышленной и транспортной зон. Здесь значение кислотности находится под влиянием мощных техногенных факторов. В результате значения показателя $pH_{\text{вод}}$ в этих зонах самые высокие ($pH_{\text{вод}} > 7$). Полученные результаты совпадают с данными других авторов о повышенной щелочности почв Воронежа [9]. Смещение реакции среды обусловлено воздействием на почвенный покров техногенных выбросов, содержащих в своём составе большое количество щелочных компонентов.

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

Для транспортных функциональных зон среднее значение величины $pH_{\text{вод}}$ установлено равным 7,39, что способствует накоплению легкорастворимых солей.

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

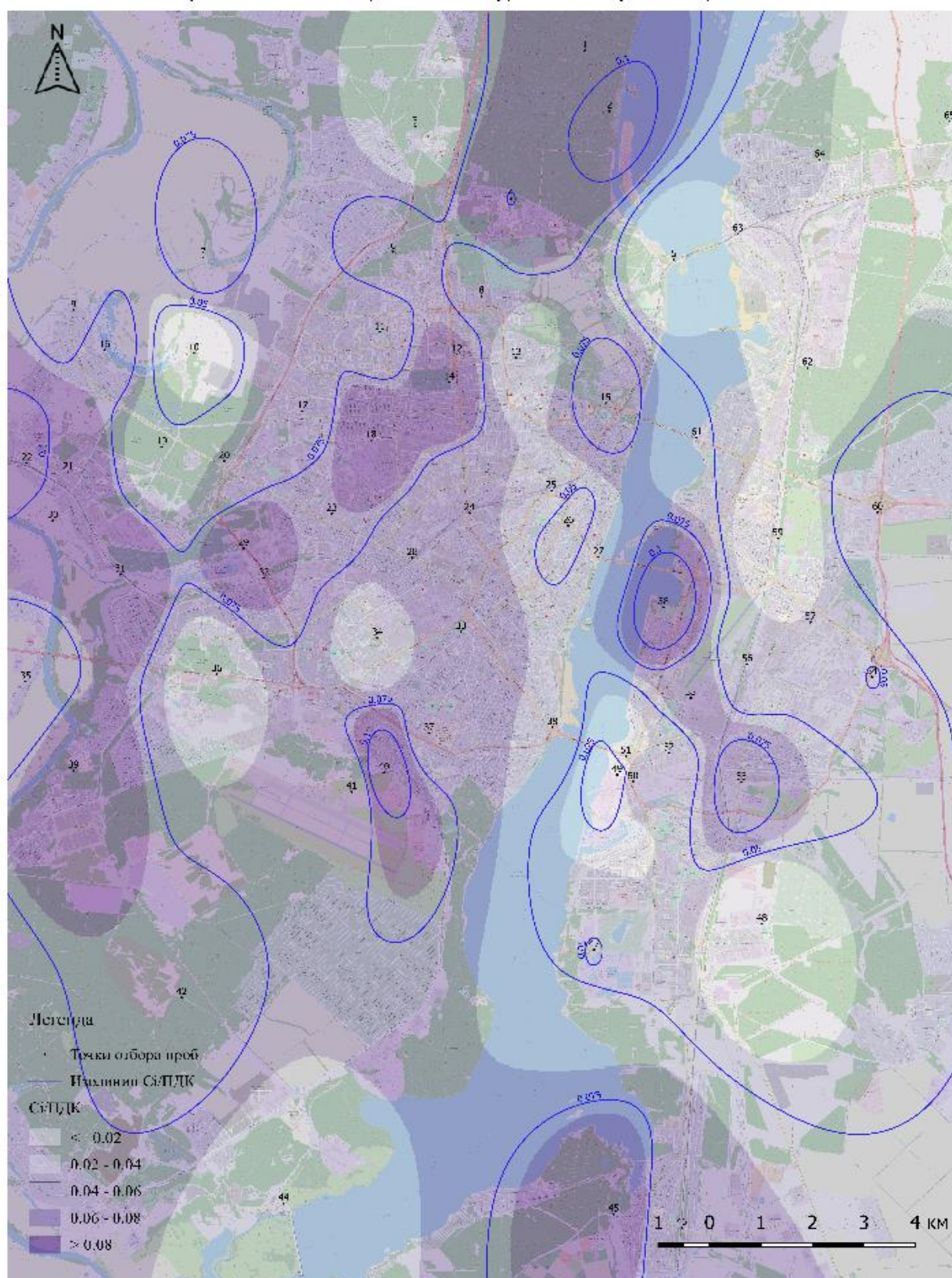


Рис. 5.5. Содержание сульфат-иона (мг/кг) в почвах г. Воронежа

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

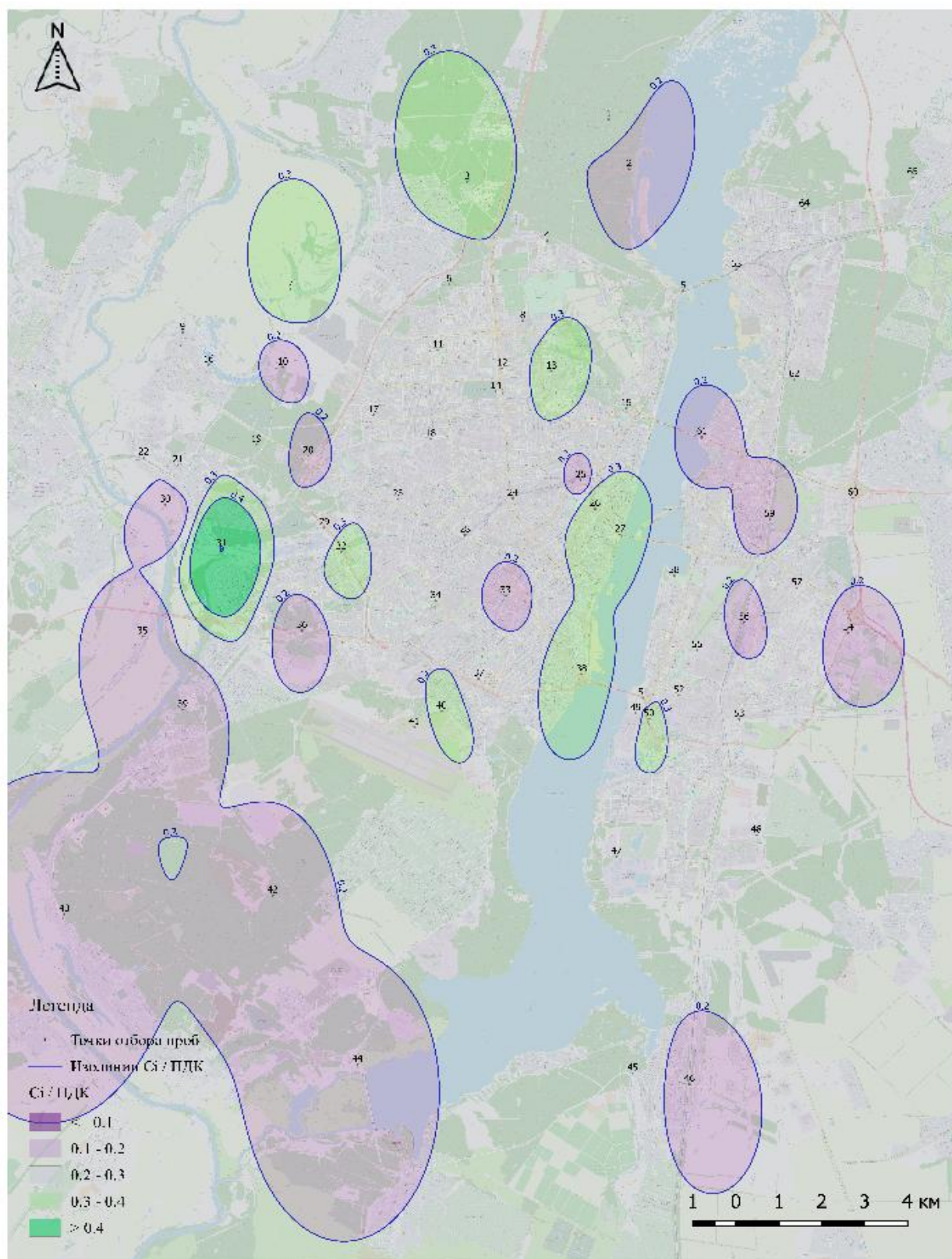


Рис. 5.6. Содержание хлорид-иона (мг/кг) в почвах г. Воронежа

Наибольшие концентрации хлоридов характерны для транспортных функциональных зон. Содержания максимальны в почвах вблизи Чернавского моста, Вогрессовского моста, Адмиралтейской площади, железнодорожного вокзала «Воронеж – Курский», же-

лезнодорожного вокзала «Придача», ул. 45 Стрелковой дивизии, ул. Матросова.

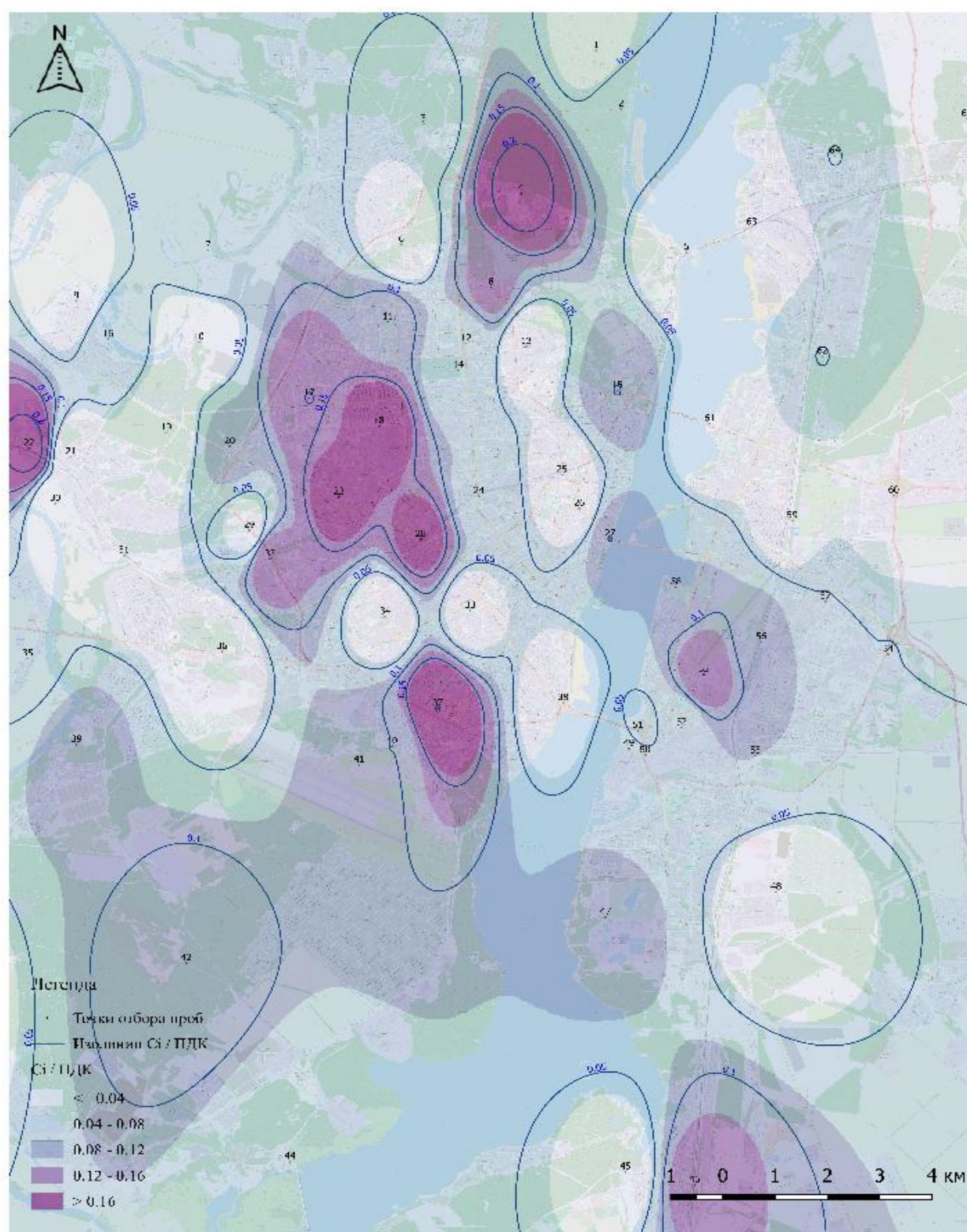


Рис. 5.7. Содержание нитратов (мг/кг) в почвах г. Воронежа

Городские техногенные аномалии нитратов в почве связаны с промышленными функциональными зонами: «ТЭЦ-1», «ТЭЦ-2», очистными сооружениями «РВК-Воронеж» и «ЛОС», заводом «ТМП», районом нефтебазы «Терминал», «Стальмост», «ВАСО».

Определение значений плотного остатка позволяет определять степень деградации почв (табл. 5.5).

Таблица 5.5

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

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

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

По сравнению с фоновыми территориями городские почвы богаты элементами питания растений. Оптимальное содержание элементов питания в почвах определяется потребностями растений, которые угнетаются при крайних значениях. Признаками критических параметров почвенных показателей является угнетение растительных ассоциаций по каждому ключевому объекту.

Относительным показателем, характеризующим плодородие почвенного покрова, является содержание обменного аммония (рис. 5.8). Его содержание в различных функциональных зонах города приведено в таблице 5.6.

Наличие доступных аммонийных соединений косвенно характеризует плодородие почвенного покрова. Для растений доступным является обменный аммоний, а также аммоний водорастворимых солей, содержащихся в небольших количествах. Эти две формы извлекают из почвы 2%-м раствором KCl. Поскольку аммоний водорастворимых солей составляет лишь небольшую часть азота, то ГОСТ 26489-85 считают методом определения обменного аммония.

Недостаток внимания или просто отсутствие контроля над плодородием городских почв не позволяет своевременно реагиро-

вать на неблагоприятные уровни содержания элементов питания. В долгосрочной перспективе это приведет к угнетению растительной составляющей городского ландшафта.

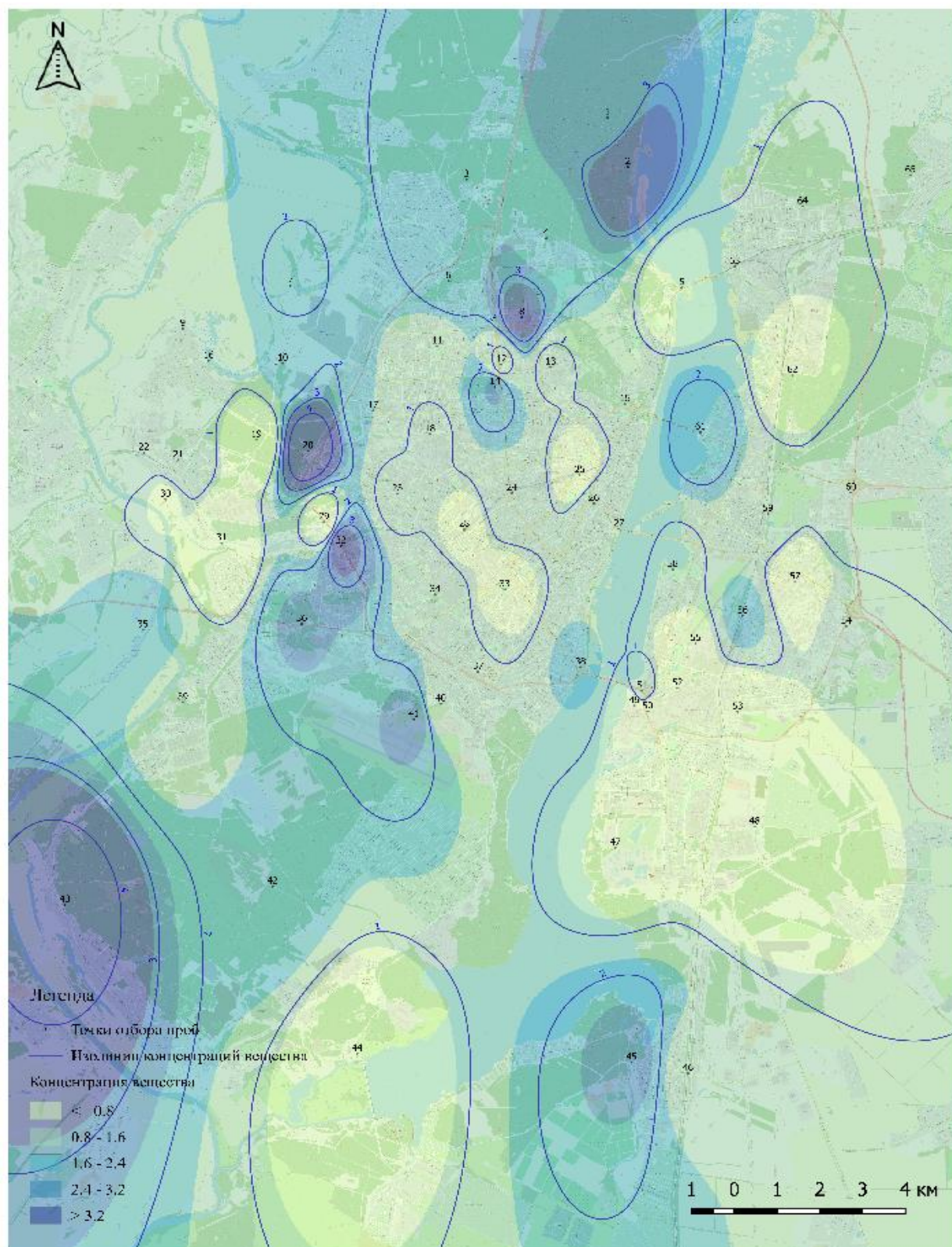


Рис. 5.8. Содержание обменного аммония (мг/кг) в почвах г. Воронежа

Таблица 5.6

Содержание обменного аммония (мг/кг) в поверхностном (0-20 см) слое почв города Воронежа

Показатель	ПФЗ*	ТФЗ	СФЗ	РФЗ	фон
Среднее	0,55	1,44	1,10	1,60	2,08
min	0,18	0,23	0,13	1,24	0,28
max	0,93	3,41	3,97	2,44	4,56

* ПФЗ – промышленные функциональные зоны, ТФЗ – транспортные, СФЗ – селитебные, РФЗ – рекреационные.

В условиях сильного техногенного воздействия, депонирующие среды накапливают загрязнители, что приводит к формированию положительных аномалий с избыточными содержаниями загрязнителей. Ярким примером в этом смысле являются аномалии содержания в почве нефтепродуктов. В результате антропогенной деятельности различные по составу и свойствам нефтепродукты проникают в почву из поверхностных водотоков, из атмосферных осадков, а также в результате утечек и аварий.

Легколетучие «светлые» нефтепродукты быстро проникают с почвенные горизонты или испаряются с твердой поверхности асфальта. Тяжелые фракции формируют «корку нефтепродуктов», способную менять свою вязкость при высоких температурах окружающей среды, практически не проницаемую для воды и питательных веществ.

По результатам исследований 2018 – 2019 гг. установлено, что содержание нефтепродуктов в городских почвах меняется от 60 до 3447 мг/кг почвы при средней фоновой концентрации 30 (рис. 5.9).

Большинство исследуемых ключевых участков на территории города загрязнены нефтепродуктами. Максимальные значения характерны для автотрасс с высокой интенсивностью движения, перекрестков, остановок общественного транспорта, территорий предприятий автомобильного транспорта и АЗС.

Причем, при удалении от крупных магистралей вглубь селитебных функциональных зон концентрации нефтепродуктов снижаются в десятки раз.

В отличие от «стабильно» загрязненных почв транспортных функциональных зон, в промышленных зонах города Воронежа последнее десятилетие наблюдается снижение содержаний нефтепродуктов (рис. 5.10).

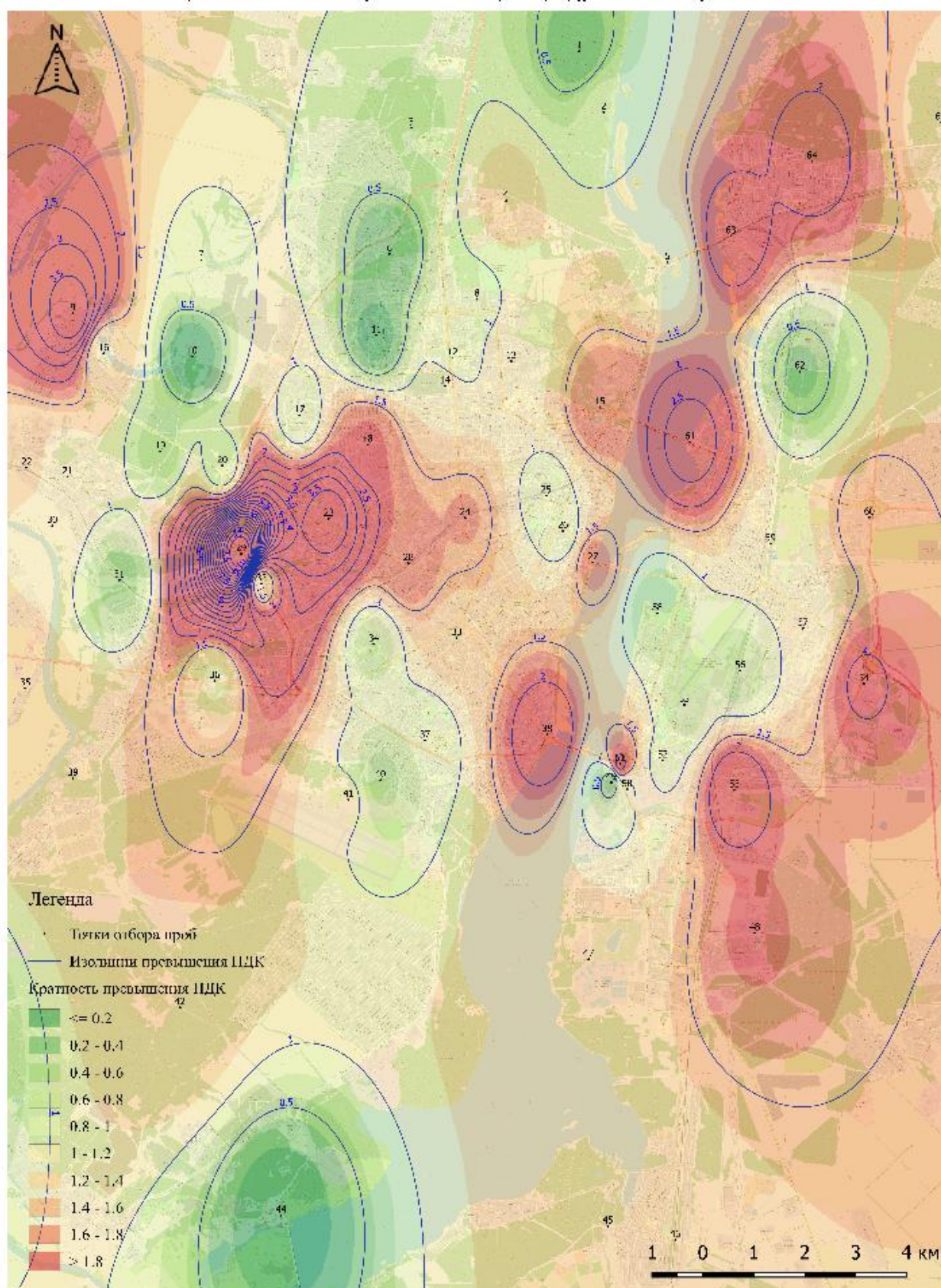


Рис. 5.9. Содержание нефтепродуктов (мг/кг) в почвах г. Воронежа

Снижение обусловлено модернизацией и сокращением производственных мощностей, оказывающих воздействие на почвы, однако остается выше фоновых значений.

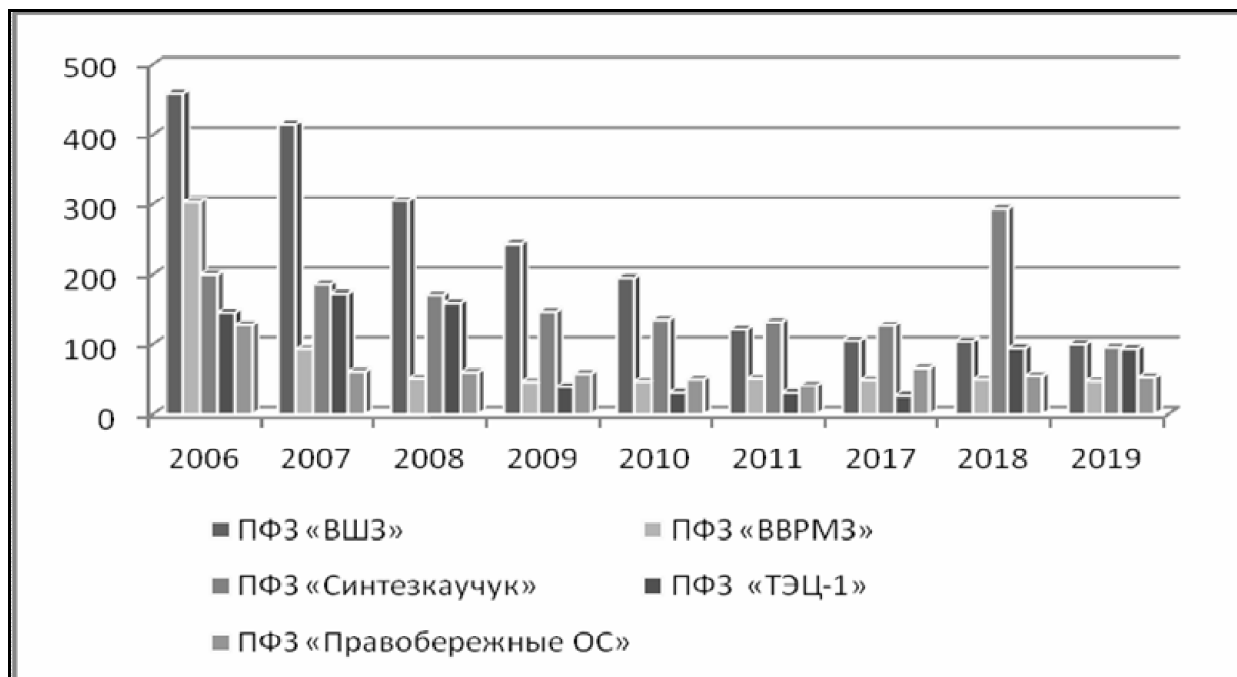


Рис. 5.10. Среднегодовые концентраций нефтепродуктов (мг/кг) в почвах промышленных функциональных зон

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

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

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

На основе полученных данных о содержании бенз(а)пирена была построена карта содержаний (рис. 5.11).

Расчет коэффициентов опасности показал, что в 27 % почвенных проб наблюдается превышение ПДК: 10 % проб характеризуется как слабо загрязненные, 10 % – сильно загрязненные и 3 % – очень

сильно загрязненные. Наиболее загрязнены почвы, расположенные в непосредственной близости от крупных улиц и автомагистралей (табл. 5.7).

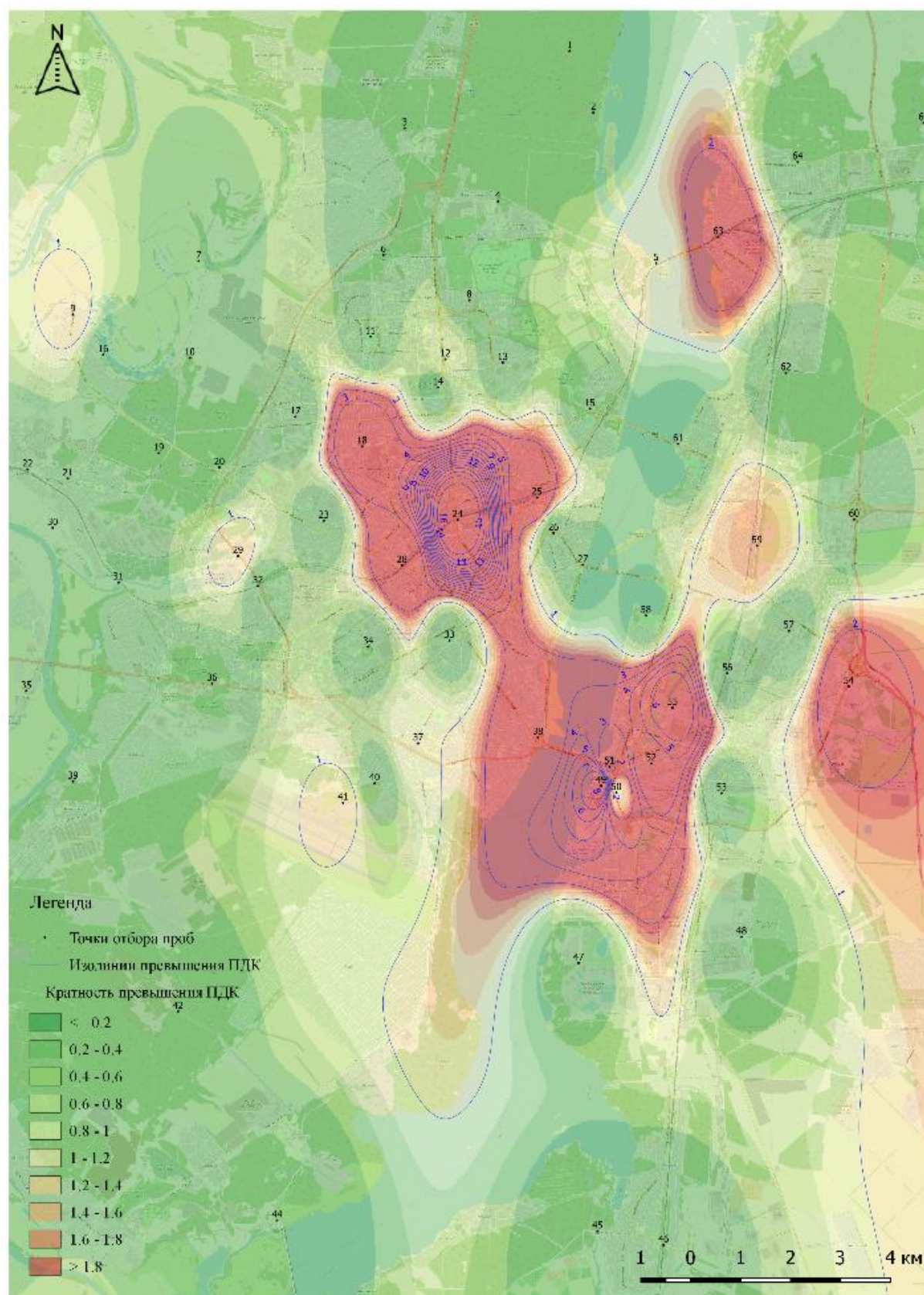


Рис. 5.11. Содержания бенз(а)пирена в почвах г. Воронеж

Таблица 5.7

Содержание бенз(а)пирена (мг/кг) в почвах функциональных зон города Воронежа

Показатели	Функциональные зоны (число проб)			
	ПФЗ* (27)	ТФЗ (45)	СФЗ (10)	РФЗ (22)
Среднее	0,05	0,068	0,005	Менее 0,005
Min	0,005	0,005	Менее 0,005	Менее 0,005
Max	0,36	0,36	0,009	0,005

* ПФЗ – промышленные функциональные зоны, ТФЗ – транспортные, СФЗ – селитебные, РФЗ – рекреационные.

Максимальные значения ПАУ обнаружены в квартале, ограниченном улицей Ереемеева, Московским проспектом и переулком Мельничный. Таким образом, выявленный в 2018 году эпицентр загрязнения на пересечении улиц «Плехановская - Донбасская» сместился вдоль Московского проспекта в сторону источников выделения бенз(а)пирена: ПФЗ «Янтарь» и стоянки маневровых локомотивов железной дороги.

Вероятно, что максимальное значение ПАУ связано с многолетним сжиганием органических видов топлива: дизельного топлива для маневровых локомотивов и древесины для копчения сыров, подогрева воды в водонагревательных узлах («Титан») пассажирских вагонов.

Повышенные концентрации бенз(а)пирена обнаруживаются вблизи пересечения улично-дорожной сети: ул. Лебедева и Кулибина, ул. Полины Осипенко и Раисы Беляевой, ул. Димитрова и Илюшина, ул. Матросова и Краснойзнаменной, ул. Беговая и Московского проспекта.

В некоторых районах наблюдается воздействие железнодорожного транспорта и его инфраструктуры на концентрации ПАУ. Так, в районе железнодорожного моста и локомотивного депо «Отрожка» установлено превышение ПДК по бенз(а)пирену в 3,1 раза.

Некоторые аномалии формируются под воздействием промышленных предприятий. Например, в районе переулочка Ясный в зоне воздействия «ТЭЦ-2» установлены концентрации, превышающие ПДК в 4 раза.

Оценивая общий вклад углеводородов в загрязнение почв Воронежа в каждой из точек отбора проб, можно констатировать что пиковые вклады в загрязнение Воронежа бенз(а)пирена приходятся

на центр города, железнодорожные объекты и окрестность Воронежской ТЭЦ-1.

Под влиянием подщелачивания городские почвы трансформируются, а способность к миграции ряда тяжелых металлов снижается (табл. 5.8). Это, в свою очередь, приводит к накоплению ТМ в различных формах.

Таблица 5.8

Содержание тяжелых металлов (мг/кг) в поверхностном (0-20 см) слое почв города Воронежа

Показатель	Свинец	Кадмий	Медь	Цинк	Никель
Промышленные функциональные зоны					
Среднее	69,3	1,27	23,83	14,37	7,42
min	3,04	0,12	2,96	0,38	0,2
max	453	8,02	93,02	123,80	14,22
Транспортные функциональные зоны					
Среднее	17,73	0,17	17,00	70,60	9,68
min	0,79	0,03	4,13	0,61	1,17
max	48,6	0,72	45,71	210,3	16,6

Исследованные элементы по-разному выделяются в городских почвах. Наибольшее концентрирование характерно для свинца. Его концентрации в почвах промышленных территорий были наибольшими по сравнению с остальными. В транспортных функциональных зонах его концентрации ожидаемо были максимальными на центральных улицах с интенсивным движением.

Для почв Воронежской области характерен дефицит микроэлементов – меди и цинка. В этой связи обнаружение высоких концентраций в почвах транспортных и промышленных зон позволяет говорить о техногенных источниках их образования. Источником выделения меди и цинка в промышленных зонах могут быть химические и механические процессы обработки металлов, а загрязнение придорожных почв связано с влиянием техники.

Промышленные территории города «богаты» кадмием: средние концентрации в почвах функциональных зон превышают ПДК.

На основе полученных данных о содержании загрязнителей была построена карта суммарных показателей загрязнения почв города Воронеж (рис. 5.12). Расчет суммарных показателей загрязнения (Z_c) относительно предельно допустимых концентраций позволяет сравнить степени загрязнения почв различных городов.

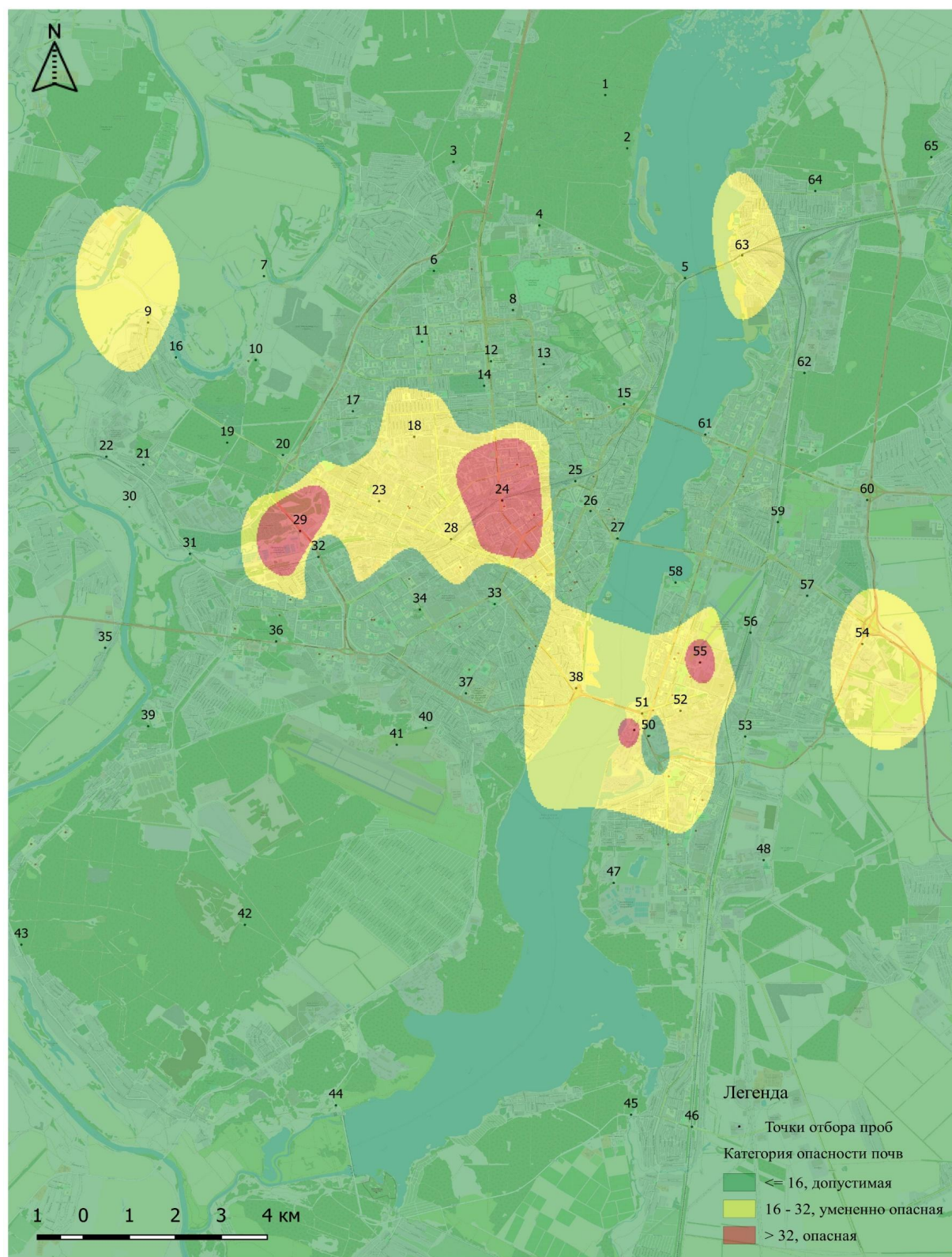


Рис. 5.12. Суммарное загрязнение почв г. Воронежа (по Zc)

Как и во множестве других промышленно развитых городов, почвенный покров в Воронеже содержит избыточные концентрации металлов, что позволяет выделять контрастные участки, которые тяготеют к техногенным источникам. Например, ТЭЦ влияют на окружающую среду, формируя поля концентрации в радиусе 5 – 10 км.

Распределение элементов во многом определяется ландшафтно-геохимическими условиями. Аномалии содержания металлов наиболее очевидны с наветренной стороны источников выделения загрязняющих веществ. Они активно накапливаются во временных пересыхающих водотоках и в ложбинах стока неочищенных дождевых и талых вод.

Погрешность измерения при доверительной вероятности $P = 0,95$ составила от 15 до 30% по всем диапазонам измерений. Степень загрязнения ТМ оценивалась по коэффициенту концентрации (K_c), рассчитанному как превышение содержаний над ПДК. Выделение аномалий выполнено по расчетам суммарных показателей загрязнения (Z_c).

Проблемы ландшафтно-геохимической организации территории города Воронежа кроются в его сложном историческом прошлом. В годы Великой Отечественной войны на территории города шли ожесточенные бои. С июля 1942 по январь 1943 года правобережье Воронежа было оккупировано противником, который его активно грабил и уничтожал. К моменту освобождения от города осталось не более пяти процентов зданий.

До настоящего времени в Воронеже звучит эхо войны. Послевоенные постройки из шлакоблоков – это значительная часть ветхого жилого фонда города. При реконструкции старых районов строители регулярно находят мины, снаряды и бутылки с зажигательной смесью, состоящей из белого фосфора и сероуглерода.

Городской ландшафт правого берега фактически сформирован на руинах и остатках зданий. Так, при строительстве ЖК «Финист» на улице Революции 1905 года, при сносе производственных корпусов мыловаренного завода обнаружены остатки фундамента и часть здания трубчатого завода товарищества «В.Г.Столль и К» существовавшего на этом месте ранее.

Озеленение Воронежа и его пригородов быстро растущими и пылящими тополями тоже результат послевоенного периода. Замена зеленых насаждений новыми устойчивыми и неприхотливыми видами – это длительный процесс, требующий тщательно проработанных решений [11].

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

1. Исследованием была дана оценка сформированности аномалий. Антропогенное воздействие на почвы города привело к их

деградации и формированию локальных геохимических аномалий. Отдельные геохимические аномалии, выделенные на карте города, формируют пеструю картину, которая часто не отражает реальную оценку состояния среды.

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

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

4. В поверхностных горизонтах почв Воронежа изменяется величина показателя pH. Происходит подщелачивание почвенного покрова, что, в свою очередь, влияет на растворимость тяжелых металлов, концентрирует их.

5. Высокие уровни загрязнения тяжелыми металлами тяготеют к центрам геохимических аномалий в промышленной и транспортной функциональных зонах.

6. Недостаток элементов питания на фоне избыточного техногенного воздействия на почву неизбежно приводит к деградации растительных ассоциаций на территории города.

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

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

Литература

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

2. Индекс качества городской среды [Электронный ресурс] – URL: индекс-городов.рф/#/ (дата обращения 01.11.2019).

3. Касимов Н.С. Экогеохимия городских ландшафтов / Под ред. Н.С. Касимова. – Москва: ИП Филимонов М.В., 2013. – 208 с.
4. Касимов Н.С. Геохимия ландшафтов Восточной Москвы / Н.С. Касимов, Д.В. Власов, Н.Е. Кошелева, Е.М. Никифорова. – Москва: АПР, 2016. – 276 с.
5. Клевцова М.А. Оценка экологического состояния почвенного покрова под зелеными насаждениями правобережья г. Воронежа / М.А. Клевцова, В.В. Сиваченко, Ю.Н. Давыдова и др. // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. – 2013. – № 1. – С. 150-156.
6. Медико-экологический атлас города Воронежа [электронный ресурс]: / С.А. Куролап, Т.И. Прожорина, М.А. Клевцова, П.М. Виноградов, Н.В. Каверина, С.А. Епринцев, О.В. Клепиков и др. - Воронеж: Воронежский государственный университет, 2019. (Создан при финансовой поддержке Русского географического общества). — URL:<http://www.geogr.vsu.ru/atlas.htm>.
7. Методы экологических исследований: учеб. пособие для вузов / Каверина Н.В., Прожорина Т.И., Иванова Е.Ю. и др. – Воронеж: Изд-во «Научная книга», 2019. – 355 с.
8. Постановление Правительства Воронежской области от 31 декабря 2013 года № 1188 «Об утверждении государственной программы Воронежской области "Развитие транспортной системы" (с изменениями на 13 августа 2019 года)».
9. Почвенная кислотность. Кислотно-основная буферность почв. Соединения алюминия в твердой фазе почвы и в почвенном растворе: учеб. пособие для вузов / Т.А. Соколова, И.И. Толпешта, С.Я. Трофимов. – Тула: «Гриф и К», 2012. – 124 с.
10. Серeda Л.О. Мониторинг эколого-геохимического состояния почвенного покрова города Воронежа / Л.О. Серeda, Л.А. Яблонских, С.А. Куролап // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия: Естественные науки. – 2015. – № 2. – С. 66-72.
11. Федорова А.И. Древесные насаждения городских улиц, их устойчивость и биоиндикационная роль / А.И. Федорова // Лесные экосистемы зеленой зоны г. Воронежа. – Воронеж, 1999. – С. 82-86.

5.2. Экогеохимические исследования почвенного покрова на территории города Воронежа

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

В результате процесса урбанизации возрастает количество нарушенных земель. Основной причиной изменения почвенного покрова города является многочисленные строительные работы и промышленная нагрузка. Во время архитектурно-планировочных и хозяйственных работ почвенный покров слабо исследуется. Проблема экогеохимического исследования почв урбанизированных территорий, подвергшихся негативному антропогенному воздействию, особенно остра, так как тенденция увеличения их площадей сопровождается коренным преобразованием почвенного профиля в виде механического нарушения его строения, несвойственного естественному генезису зональных почв, а также изменением эколого-геохимического состояния почв за счет влияния функционально-планировочных условий города.

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

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

Фоновыми компонентами функционирующего почвенного покрова правобережной и левобережной частей города являются черно-

земы выщелоченные, серые лесостепные и дерново-лесные почвы, различающиеся по своему генезису, строению, составу и свойствам. В их число входят естественные ненарушенные почвы городских лесов и пригородных зон, парков, садов (Ботанический сад ВГУ). Основу техногенного покрова составляют антропогенные глубокопреобразованные городские почвы – урбаноземы. Ареалы распространения городских почв показаны на обзорной почвенной карте города Воронежа (рис. 5.13). При ее составлении нами использована классификация городских почв, предложенная Г.В. Добровольским [7, 8].

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

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

Антропогенные глубокопреобразованные почвы составляют группу городских почв урбаноземов, в которых горизонт «урбик» имеет мощность более 50 см. Их формирование происходит за счет процессов урбанизации на культурном слое или на насыпных, намывных и перемешанных грунтах мощностью более 50 см. Культуроземы данной классификации – это почвы городских фруктовых и ботанических садов, огородов. Для них характерны большая мощность гумусового горизонта, наличие перегнойно-торфо-компостных слоев мощностью более 50 см.

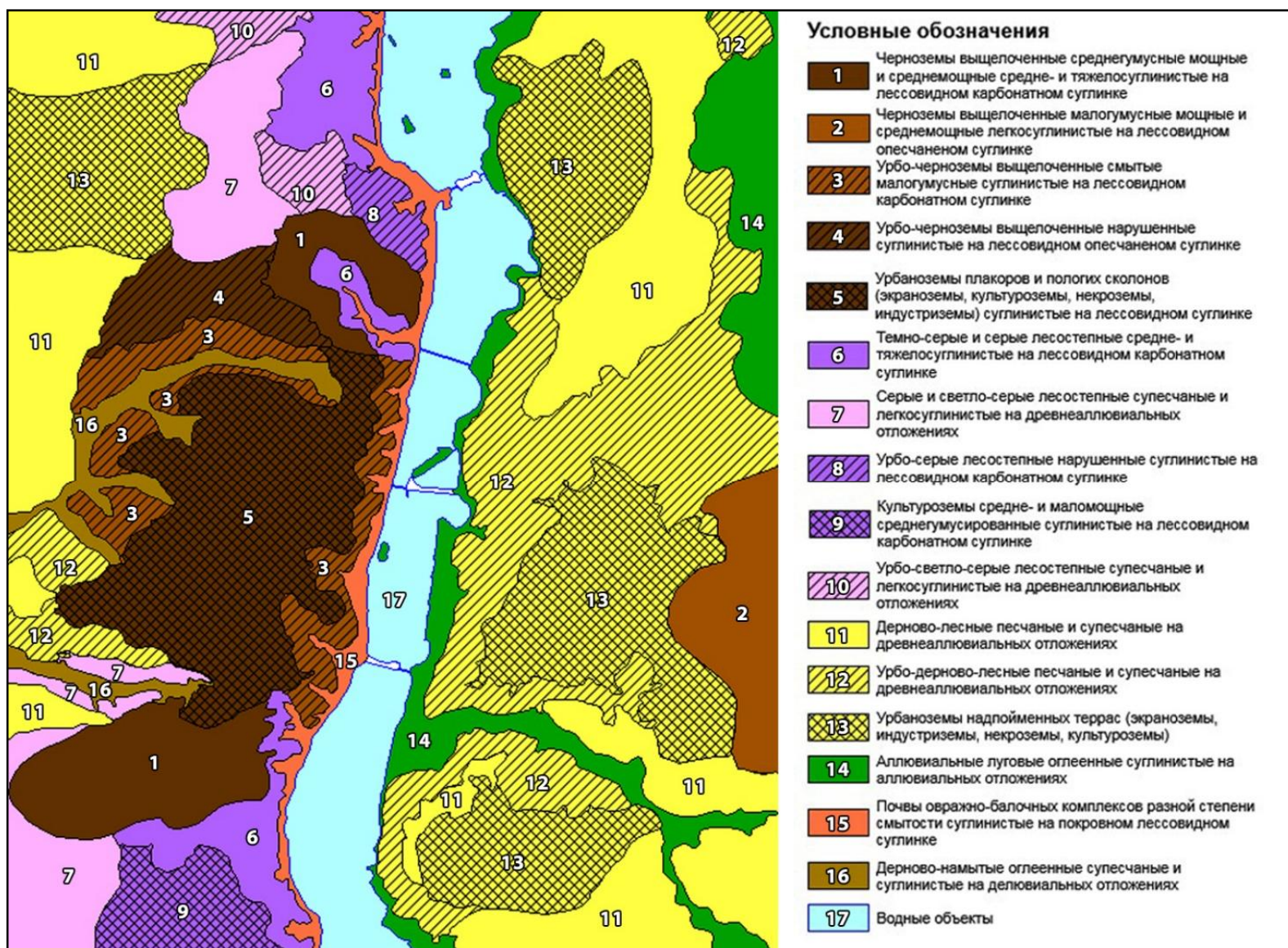


Рис. 5.13. Обзорная почвенная карта города Воронежа (составлена Л.О. Середой, Л.А. Яблонских) [8]

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

Правобережная, более возвышенная часть города Воронежа, находится на холмистом плато, в то время как левобережная часть, наоборот, расположена в более пониженной равнинной местности, переходящей в речную террасу. Такой контрастный рельеф предполагает формирование разнообразных типов почв, которые испытывают и разный уровень техногенной нагрузки. Гранулометрический состав почв также неоднороден: от тяжелых суглинистых почв (в основном в правобережной части города) до песчаных и супесчаных (особенно на левом берегу).

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

Почвы городских садов и парков составляют культуроземы, почвы городских кладбищ – некроземы, экраноземы располагаются под городскими дорогами, тротуарами («запечатанные почвы»), а индустриеземы – под промышленно-коммунальными объектами (рис.5.14 и 5.15).

Кроме того, для городских почв свойственно формирование темноокрашенного горизонта, называемого «урбик», который состоит из примесей антропогенных включений (пыль, строительного-бытового мусора, промышленные отходы) (рис. 5.14). Формирование этого горизонта происходит на почвах различного генезиса [8].

В почвенном покрове города Воронежа преобладают урбаноземы. Для правобережной части города с высоким уровнем техногенной нагрузки характерны урбанозёмы плакоров и пологих склонов суглинистые.

Среди них распространены следующие виды: а) индустриеземы – почвы промышленно – коммунальных зон (территории заводов ОАО «Электросигнал», ОАО «Завод по выпуску тяжелых механических прессов» и др.); б) культурозёмы – почвы лесопарковых зон города (Кольцовский сквер, парк «Орлёнок» и др.); в) экранозёмы – запечатанные дорожными покрытиями (интенсивные по грузопотокам ули-

цы города: Московский проспект, ул. Плехановская, проспект Труда, Кольцовская и др.); г) интрузёмы (территории заправочных станций и автомобильных стоянок); д) реплантозёмы – почвы селитебных территорий (рис. 5.15).



Рис. 5.14. Горизонт «урбик» в почвенном покрове города (2016 год, фото Л.Середа)



а) экраноземы



б) культуроземы

Рис. 5.15. Почвенный покров города (2016 год, фото Л.Середа)

Почвы овражно-балочных комплексов разной степени смытости и намытости суглинистого гранулометрического состава залегают в основном на территории прибрежной склоновой зоны водохранилища правого берега. Напротив, аллювиальные луговые оглеенные суглинистые почвы на аллювиальных отложениях распространены в прибрежной зоне левого берега (поймы рек Воронеж, Песчанка, Усманка и Тавровка).

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

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

Исследования содержания гумуса в образцах почв, отобранных за период исследования, показали, что значительная часть городских почв относится к малогумусным (рис. 5.16).

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

сокие значения содержания гумуса (6-10 %). Значения фоновых точек остались на прежнем уровне [8, 9].

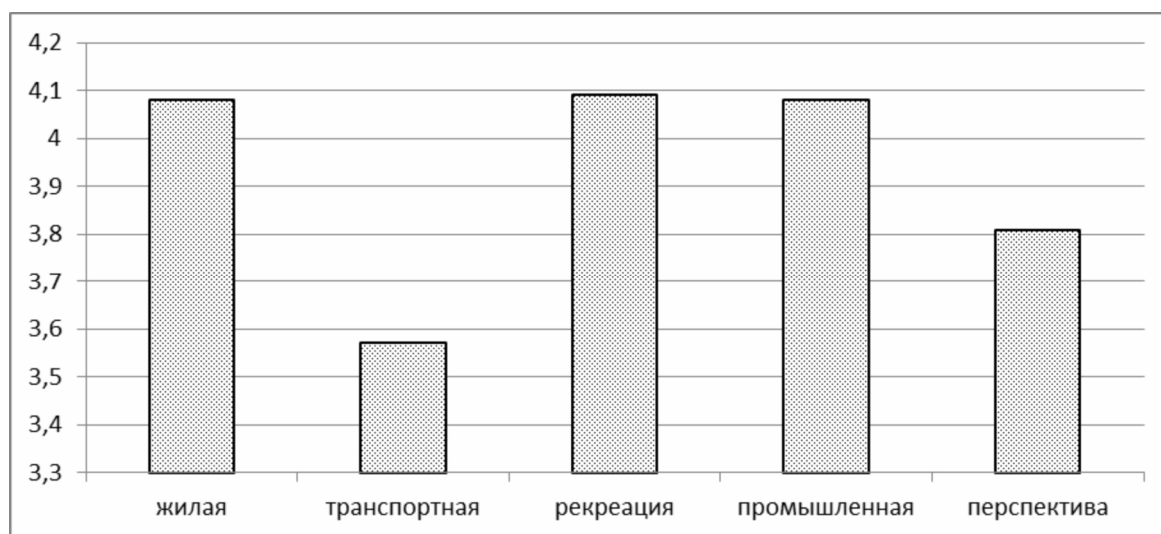


Рис. 5.16. Среднее содержание гумуса (%) по функциональным зонам г. Воронежа

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

Результаты исследования актуальной кислотности (pH_{H_2O}) показали изменение реакции среды от слабокислой до слабощелочной. Для почв, залегающих в рекреационной и жилой зонах, характерны более низкие показатели актуальной кислотности, чем для почв в промышленной и транспортной зонах (рис. 5.17).

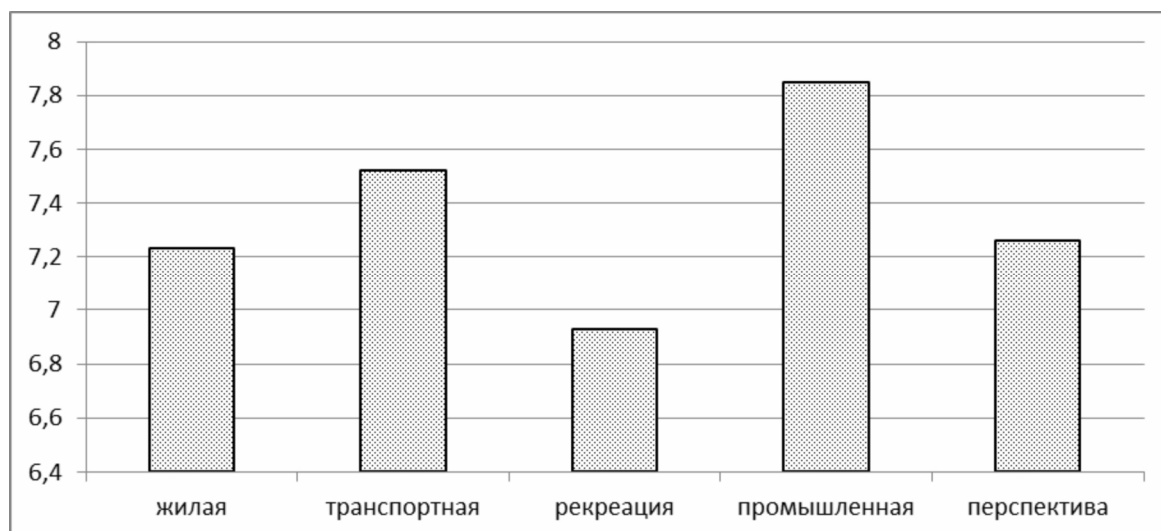


Рис. 5.17. Среднее значение pH_{H_2O} по функциональным зонам г. Воронежа

Таким образом, урбанозёмы и сильнонарушенные естественные почвы (ул. Ильюшина, 12б (8,4), ул. Холмистая, 41 (8,8) и др.) более щелочные по сравнению с культурозёмами лесопарковых зон со слабокислой или кислой реакцией среды (парк «Орлёнок» (6,84), парк «Дельфин» (6,00) и др.).

Высокий уровень щелочности почвенного покрова во многом обусловлен большим количеством поступающей пыли с автомагистралей, которая содержит карбонаты Са и Mg, а также из-за использования извести в строительном растворе, который легко выветривается с территорийстроек и оседает в почву.

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

Данные исследований почвенных образцов на содержание гумуса и актуальной кислотности отражены в таблице 5.9. Так, нами отмечено, что в промышленной и транспортной зонах города залегают более щелочные почвы, чем в зоне рекреации и жилой зоне.

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

Эта тенденция подтверждает тот факт, что для культурозёмов городских почв свойственна кислая реакция среды.

Проанализировав загрязнение почвенного покрова г. Воронежа нефтепродуктами, мы отметили, что наибольшие концентрации наблюдаются вблизи наиболее интенсивных по грузопотокам перекрестков города и зонах промышленного влияния. Эта тенденция отмечается на протяжении всего периода мониторинга (рис. 5.18). Так, высокие концентрации нефтепродуктов в почве были обнаружены в рай-

оне 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 [6].

Таблица 5.9

Содержание гумуса и значение актуальной кислотности в почвенных образцах (2014-2019 гг.)

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

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 [8].

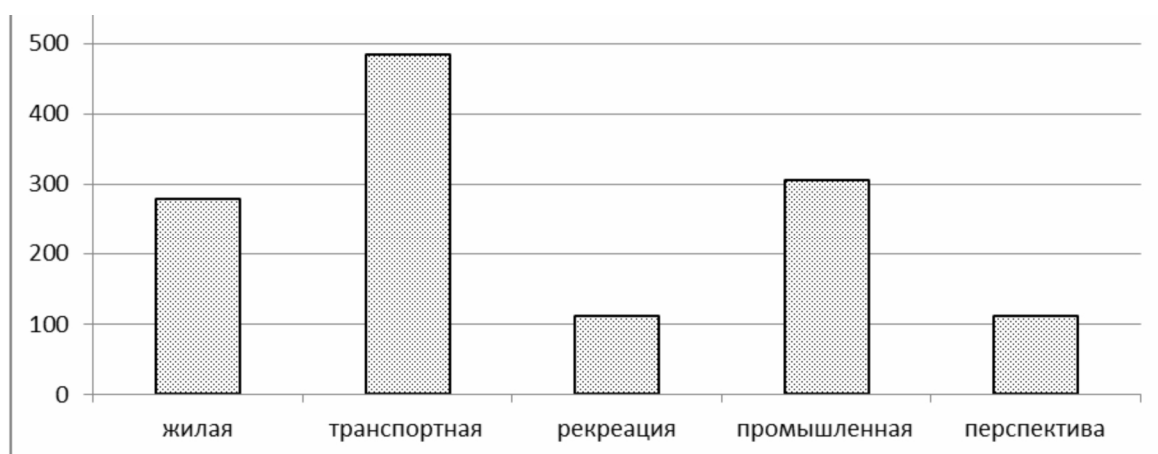


Рис. 5.18. Среднее содержание нефтепродуктов по функциональным зонам г. Воронежа

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 300 мг/кг.

Результаты картографирования по уровню загрязнения нефтепродуктами почвенного покрова города показаны на рисунке 5.19.

Нами подтверждено, что загрязнение почвы нефтепродуктами в целом прямо пропорционально транспортной загруженности автодорог, интенсивности и средней скорости движения автомоби-

лей. Так, очаги наиболее активного загрязнения сформировались на примагистральных участках пересечений улиц Димитрова – Волгоградская, в районе ВАИ, Центрального автовокзала на Московском проспекте [10].

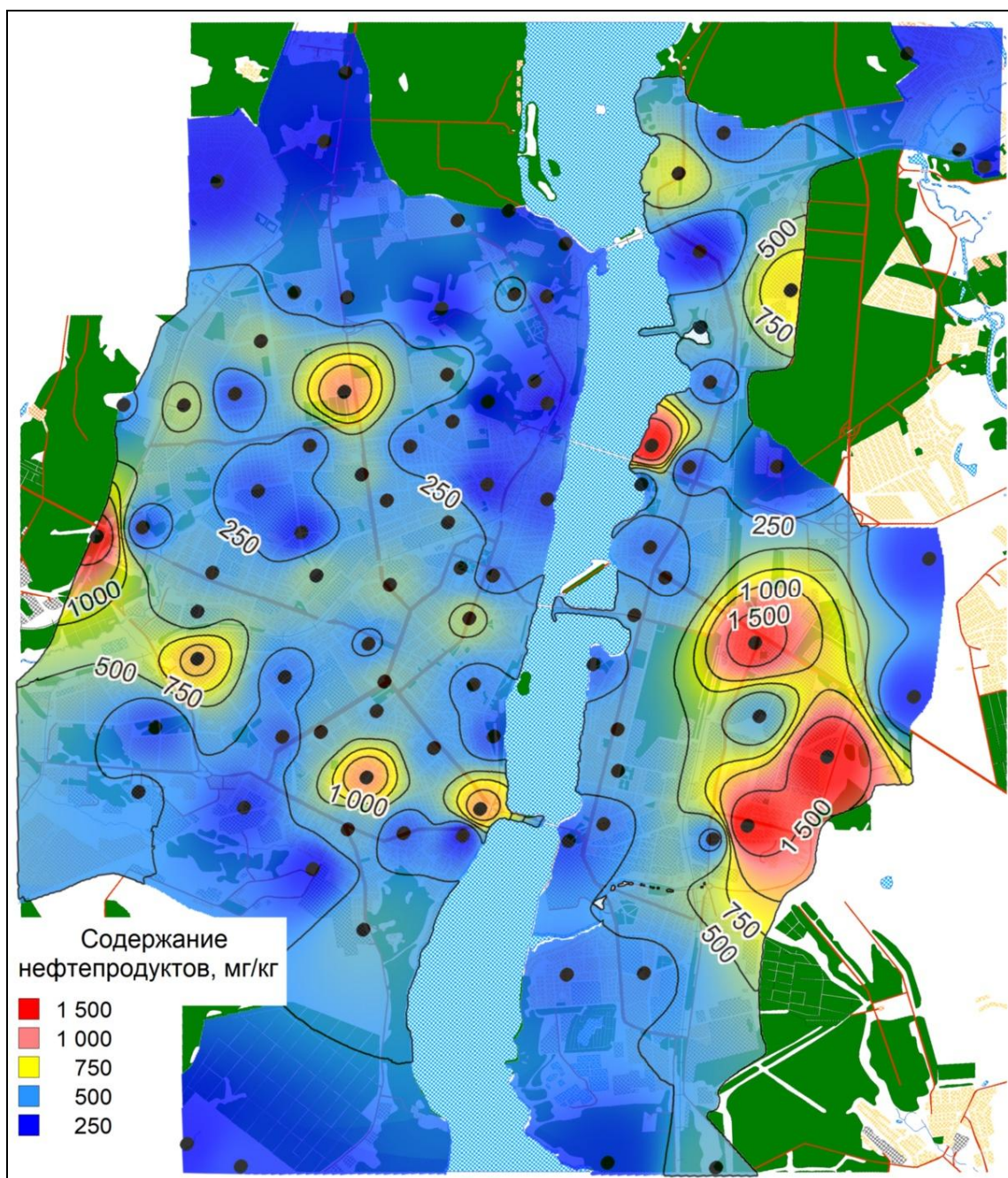


Рис. 5.19. Содержание нефтепродуктов в почвах города

Для выяснения индикационной роли тяжелых металлов в загрязнении городской среды проведен мониторинг валовых концентраций и подвижных форм свинца, кадмия, меди, цинка, марганца в поверхностном слое городских почв.

Опасность высокого загрязнения транспортных зон города Воронежа свинцом и кадмием (по подвижным формам) ранее уже отме-

чена Н.Н. Назаренко с соавт. [6]. Результаты наших аналитических исследований представлены на рисунке 5.20.

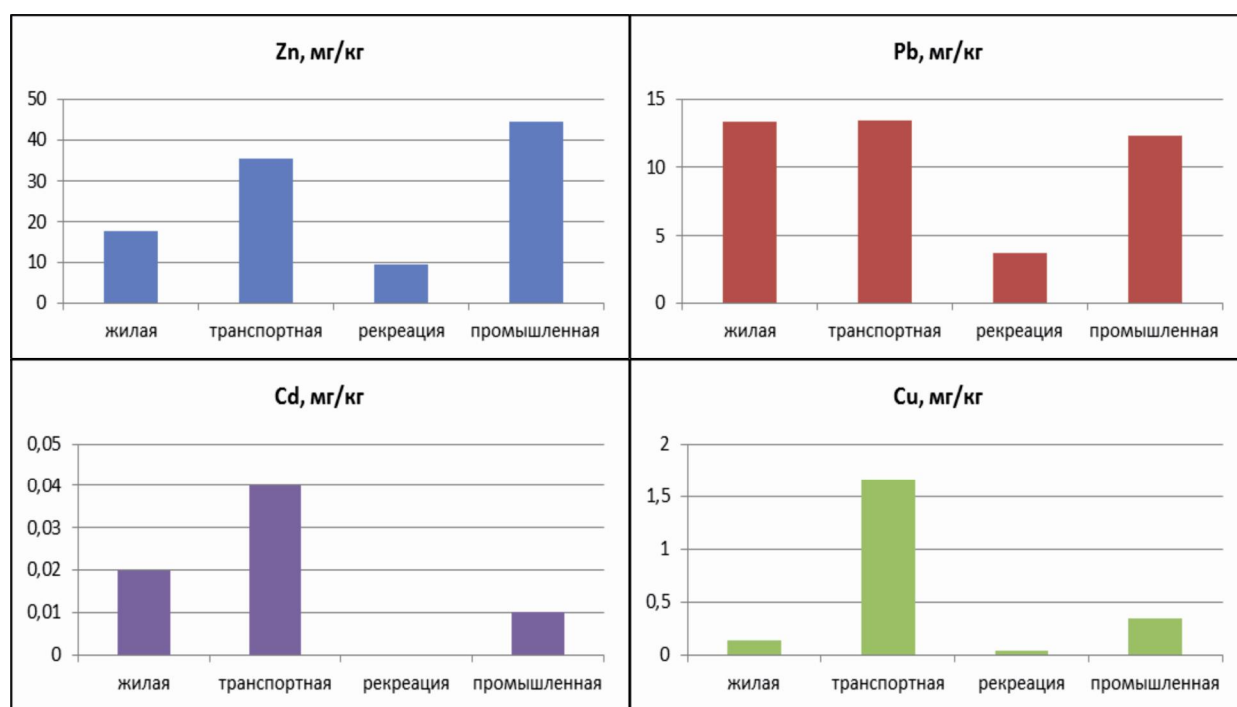


Рис. 5.20. Загрязнение подвижными формами ТМ различных функциональных зон города

Основным приоритетным загрязнителем почв г. Воронежа является свинец. Повышенное загрязнение свинцом воздушного бассейна и почв обычно связано с автотранспортной нагрузкой, постепенно нарастающей в современных городах. Причем ионы свинца малоподвижны даже при низких значениях рН, что усиливает загрязнение свинцом поверхностных горизонтов почвы обычно до глубины 10-15 см [9].

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

На рисунке 5.21 показаны результаты геоинформационного картографирования по содержанию свинца (подвижной формы).

Можно отметить геохимические аномалии по результатам исследований в юго-восточной части города на левом берегу в районе крупного промышленного сектора, а также интенсивных магистралей с большим скоплением машин в часы пик. Также отмечено

превышение над фоновым уровнем в районе перспективной застройки – п.Отрадное.

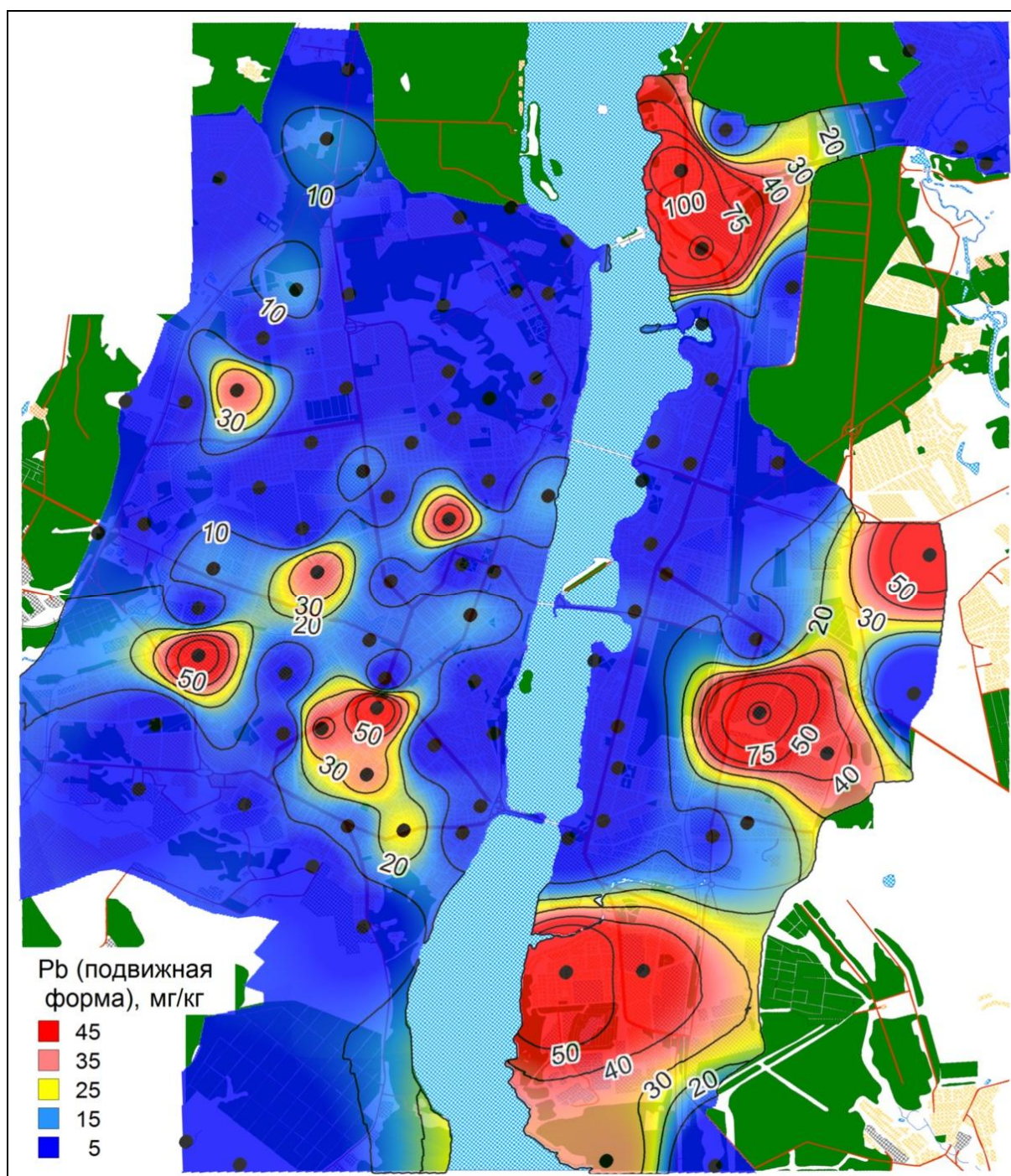


Рис. 5.21. Распространение подвижной формы Рb в почвах города

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

При анализе загрязнения почвы города Воронежа медью, обнаружены участки с превышением ПДК: точка 42 - ул. Ворошилова, точка 30 – в зоне влияния Воронежского механического завода (филиал ФГУП «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева»), точка 14-ул. Б.Хмельницкого, 35 – в зоне влияния ОАО ХК «Мебель Черноземья» и Воронежского вагоноремонтного завода (филиал АО "Вагонреммаш") и точка 15 - ул. Куйбышева – ул. Панфилова – в транспортной зоне города, что свидетельствует о том, что данные промышленные объекты могут быть источником загрязнения городской среды медью.

Также стоит отметить, что высокие концентрации меди, близкие к величине ПДК, наблюдаются в зонах интенсивной транспортной нагрузки города (ул. Димитрова - ул. Волгоградская, Московский проспект - ул. Хользунова и др.).

К сравнительно подвижным элементам в почве также относят цинк. В ряде участков города наблюдается значительное превышение ПДК содержания в почве цинка; в основном это транспортные участки города (ул. Брусилова – Ленинский проспект, Московский проспект) и промышленная зона (ул. Пирогова, 79, ул. Богдана Хмельницкого, 35, ул. Кривошеина, 11) (рис. 5.22). Отмечается несколько геохимических аномалий на территории города: ул. Волгоградская, 48 (превышение ПДК в 14 раз), ул. 9 Января, 262/1 (превышение ПДК в 23 раза), ул. 9 Января – ул. Антонова-Овсеенко (превышение ПДК в 14 раз) и ул. Депутатская, 12 (в 6 раз), также отмечено превышение над фоновым уровнем и уровнем ПДК в районе перспективной застройки – Отрадное (превышение над уровнем ПДК в 2-3 раза).

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

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.

Исследование валового химического (элементного) состава почвенных образцов было проведено с применением рентгенофлуоресцентного метода анализа в аккредитованной лаборатории Комплексных исследований Геологии ВГУ совместно с Центром Коллективного пользования ВГУ на спектрометре S8 Tiger, Bruker AXS GmbH, Германия. Данные на исследование тяжелых металлов и других эле-

ментов по почвенным образцам за разные периоды исследования показаны в таблице 5.10.

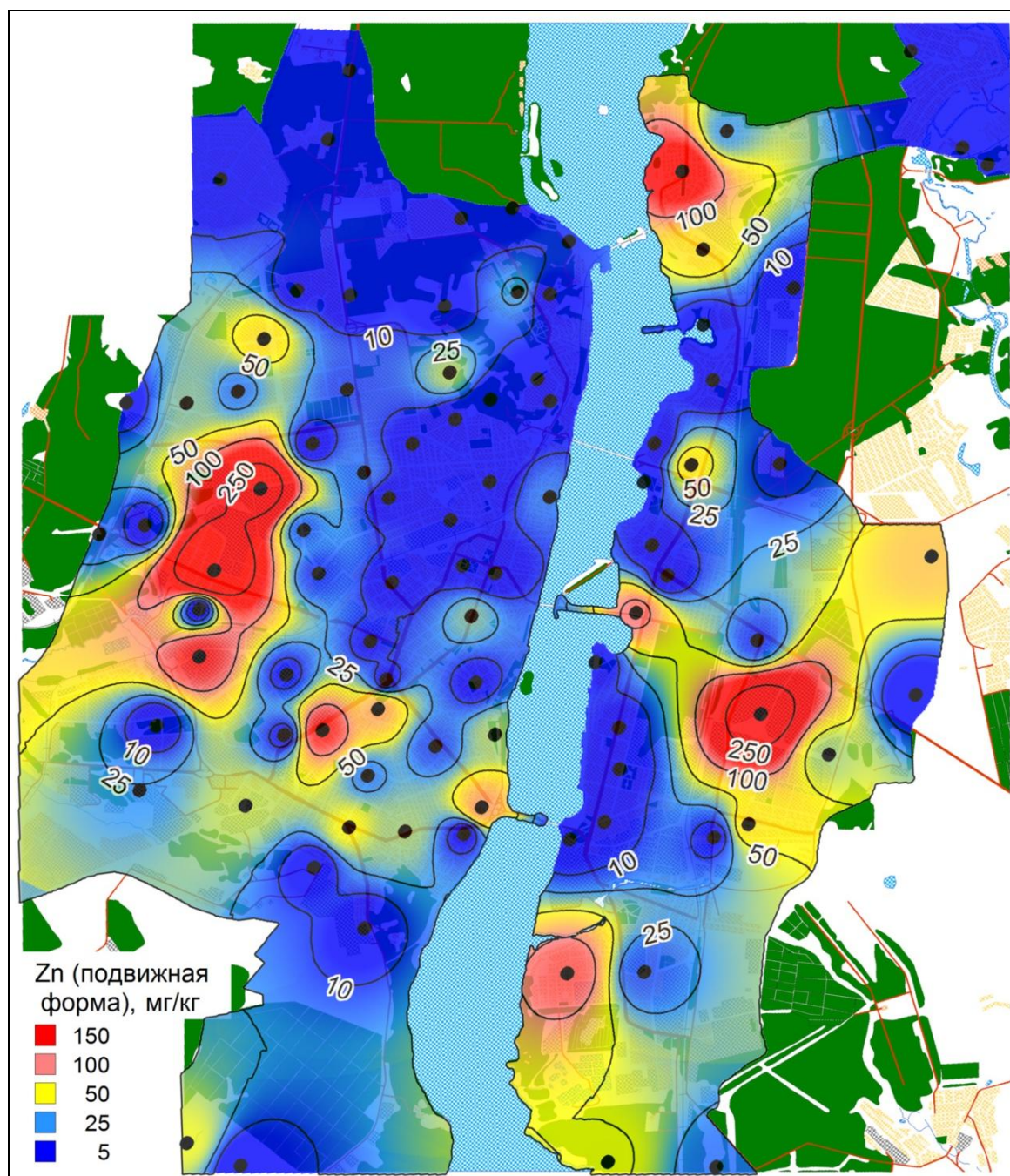


Рис. 5.22. Распространение подвижной формы Zn в почвах города

Наиболее высокое % содержание Zn было обнаружено в почвенных образцах № 50 - 0,215% (ул. Волгоградская, 48), №65 - 0,126 % (ул. 9 Января, 180), № 48 - 0,14% (ул. Ленинградская, 98а), №45: 0,128% (ул. Матросова, 6). Данный анализ подтвердил результаты исследований на тяжелые металлы вольтамперометрическим методом. Высокие концентрации цинка были отмечены в транспортной и промышленной зонах города, где наблюдается подщелачивание почвенного покрова.

Таблица 5.10

Валовой химический состав почвенного покрова

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

**Р- зона рекреации, ТЗ – транспортная зона, ПЗ – промышленная зона, ЖЗ СП –жилая зона современной многоэтажной постройки, ЖЗ ЧС – частный сектор жилой зоны, ЖЗ ЦИ – центральная историческая часть города жилой зоны, Персп – зона перспективной застройки.*

Повышенное содержание Ni было отмечено в пунктах мониторинга, находящихся в промышленной зоне города: № 29 - 0,077% (Ясный проезд, 13), № 30 - 0,054 % (ул. 9 Января – ул. Антонова-Овсеенко), №38 – 0,09% (ул. Пирогова, 79). В 2014 году превышение над фоновым значением (точки № 71) в ряде образцов находилось в пределах 2-40 раз. Так, превышение содержание Cr в некоторых точках составило порядка 4 раз, Ni и Cu в 6 раз, Ba – в 2 раза. Стоит отметить, что загрязнение хромом достаточно сильно влияет на биологическую активность почвы. Распространение Cr в почвенном покрове неблагоприятно сказывается на здоровье человека и животных. Высокое содержание Cr отмечается в поверхностном слое городских почв со щелочной реакцией среды.

По результатам исследований почвенных образцов высокая концентрация меди обнаружена в пункте № 42: 0,023% (ул. Ворошилова, 30), никеля - также в пункте мониторинга №45: 0,015% (ул. Матросова, 6), хрома - в пункте №2: 0,036 % (ул. Лебедева, 2). Повышенные

концентрации свинца отмечены в пунктах №42: 0,017% (ул. Ворошилова, 30) и №80 - 0,0115% (ул. Острогжская, 148 /аэродром/). Полученные результаты в целом согласуются с ранее проведенными исследованиями с применением вольтамперометрического метода.

Среди представленных элементов ванадий является опасным тяжелым металлом. В городских условиях, где почвам свойственно подщелачивание, опасность загрязнения ванадием возрастает. В почвенном покрове города Воронежа в ряде точек отмечается превышение V над фоновым значением в 10-11 раз.

Превышение над фоновым значением отмечалось по следующим элементам: V – в 1,5 раза, Cu – в 4 раза и Ba – в 1,2 раза в ряде точек отбора проб. Ba можно отнести к умеренно опасным элементам. Но избыток бария может привести к нарушению кальциевого обмена в почвенном покрове.

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.

Также нами рассчитаны коэффициенты концентрации K_с и коэффициенты опасности K_о. Коэффициенты были рассчитаны для 2 подвижных форм тяжелых металлов – Pb и Zn (табл. 5.11). Так, в транспортной зоне по цинку отмечается превышение над фоновым значением в 20 раз, а в промышленной в почти в 26 раз.

Таблица 5.11

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

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

*УЗ – уровень загрязнения.

По Pb коэффициент концентрации выше всего в промышленной зоне и транспортной зонах города (превышение над фоном 13-14 раз). Стоит отметить, высокое значение коэффициента по Zn зоне современной многоэтажной застройки (превышение над фоном до 9 раз).

Анализируя коэффициенты опасности в разных ФЗ города, можно отметить, что минимальный уровень загрязнения Zn отмечается в зонах рекреации, жилой современной многоэтажной постройки, частного сектора и перспективной застройки. Слабое загрязнение установлено в зоне жилой зоне ЦИ, сильное загрязнение отмечено в транспортной и промышленной зонах. Сильное загрязнение Pb установлено по коэффициентам опасности также в транспортной и промышленной зонах города. Средний уровень загрязнения отмечен в жилой зоне СП.

Проведенное экогеохимическое исследование позволяет сделать следующие основные **выводы**.

1. Приоритетными загрязняющими веществами в почвенном покрове являются тяжелые металлы /цинк, свинец, кадмий, медь/ и нефтепродукты. Наибольшие концентрации нефтепродуктов отмечены вблизи наиболее интенсивных про грузопотокам перекрестках города и зонах промышленного влияния (превышение ОДК в 3 и более раз). 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.

2. По среднему значению показателя содержания подвижной формы элемента в почве тяжелые металлы образуют следующий ряд: $Mn > Zn > Pb > Cu > Cd$. Результаты анализа валового содержания с помощью рентгенфлюоресцентного метода позволили расположить элементы в почвенном покрове города в следующий ряд: $Ba > Zr > Zn > Cr > Sr > Nb > La > Rb > Pb > Ni > V > Cu > As > Ga$.

3. 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.

4. Почвенный покров города Воронежа подвергается 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 воз-

действия промышленных объектов и крупных автотранспортных магистралей, а также в зоне современной многоэтажной застройки.

Литература

1. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв / Е.В. Аринушкина. – Москва: Изд-во МГУ. 1970. – 488 с.
2. Берлянт А.М. Геоинформационное картографирование / А.М. Берлянт. – Москва : Астрей, 1997. – 64 с.
3. Биологический контроль окружающей среды (биоиндикация и биотестирование) : Учеб. пос. / под ред. О. П. Мелеховой, Е. И. Егоровой. - Москва: Академия, 2007. - 288 с.
4. Интегральная экологическая оценка состояния городской среды: монография / под общ. ред. С. А. Куролапа и О. В. Клепикова. – Воронеж: Изд-во «Научная книга», 2015. – 232 с.
5. Касимов Н.С. Геохимическая систематика городских ландшафтов / Н.С. Касимов, А.И. Перельман // Вестник МГУ: Серия: География. – 1994. – №4. – С. 36-42.
6. Назаренко Н.Н. Биодинамика и загрязнение тяжелыми металлами и нефтепродуктами почв г. Воронежа / Н.Н. Назаренко, И.Д. Свистова // Экология и биология почв: матер. межд. науч. конф. – Ростов-на-Дону, 2014. – С. 557-560.
7. Почва, город, экология / под общ. ред. Г.В. Добровольский. – Москва : Фонд «За экономическую грамотность», 1997. – 320 с.
8. Середа Л.О. Мониторинг эколого-геохимического состояния почвенного покрова города Воронежа / Л.О. Середа, Л.А. Яблонских, С. А. Куролап // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 11: Естественные науки. – 2015. – №2 (12). – С.66-73.
9. Середа Л.О. Оценка эколого-геохимического состояния почвенного покрова городского округа город Воронеж / Л.О. Середа, Л.А. Яблонских, С.А. Куролап // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. – 2015. - № 4. – С. 59-65.
10. Середа Л.О. Локальные техногенные аномалии тяжелых металлов и нефтепродукты в почвенном покрове города Воронежа / Л.О. Середа, С.А. Куролап // Экогеохимия и биоиндикация техногенных рисков территорий интенсивного антропогенного освоения. – Воронеж, 2018. – С. 134-150.

ГЛАВА 6. ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ СЕЛИТЕБНО-ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ: ОПЫТ ПРАКТИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ

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

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

Опираясь на общесистемные подходы, в ГИС MapInfo Professional нами был разработан геоинформационно-аналитический комплекс для обеспечения медико-экологического мониторинга крупного города («ЭКОГИС г. Воронежа»), включающий подсистемы хранения эколого-геохимических и медико-географических данных, а также программно-алгоритмическое

обеспечение оценки экологических рисков [3]. В качестве операционных территориальных единиц (ОТЕ) взяты три уровня генерализации информации: 1) функционально-планировочные зоны города; 2) районы обслуживания детских и взрослых поликлиник города; 3) специальные пункты мониторинга состояния городской среды (включая стационарные и передвижные посты контроля воздуха системы гидрометслужбы, санитарно-эпидемиологической службы, а также дополнительно выбранные пункты для равномерного охвата территории города системой экологического контроля).

Исходные данные для создания «ЭКОГИС г. Воронежа» получены в ходе натурных экспериментальных исследований авторов, а также предоставлены региональными природоохранными и мониторинговыми ведомствами города.

Исходная картографическая основа – топографическая карта г. Воронежа – разбита на шесть основных тематических слоев:

- «лесопарковая зона» (внутригородские и пригородные растительные массивы, парки, скверы, формирующие «зеленый каркас» городской агломерации);
- «гидрографические объекты» (Воронежское водохранилище, постоянные и временные водотоки);
- «жилые кварталы» (селитебная зона): кварталы жилой городской застройки;
- «промышленная зона» (площади, занятые промышленными предприятиями, и территориями их санитарно-защитных зон);
- «основные автомагистрали» (наиболее крупные и «загруженные» транспортом улицы);
- прочие транспортные коммуникации (железные дороги, мосты, подъездные пути), выделенные в отдельный слой.

Созданная «ЭКОГИС г. Воронежа» и её картографическая основа является полноценной цифровой картой и позволяет осуществлять пространственную «привязку» любой тематической информации. Стандартный функционал ГИС MapInfo Professional предоставляет возможность производить анализ имеющейся информации на основе её графического представления. Наглядно показать это могут, например, тематические карты любых пространственно варьирующих параметров на основе опорных точек (узлов) мониторинга с использованием метода интерполяции. Для отображения пространственно варьирующих явлений особенно удобен метод количественного фона, дополненный методом изолиний (для ха-

рактеристики различных состояний загрязнения окружающей среды, а также анализа заболеваемости населения и дифференциации комфортности его проживания).

Карты представляют собой поверхность, созданную путем пространственной интерполяции, с наложенными на нее изолиниями. Суть метода создания пространственной интерполяции заключается в использовании известных значений различных величин, определенных в точках отбора, для определения и оценки неизвестных значений в неизвестных точках. В MapInfo Professional создание подобного рода поверхностей, по умолчанию, осуществляется при помощи стандартного приложения «Поверхность». В данном приложении используются два основных метода интерполяции – метод обратных взвешенных расстояний (*Inverse Distance Weighting – IDW*) и нерегулярной сети треугольников (*Triangulated Irregular Network – TIN*) [3].

Интерполяция методом TIN также известна, как триангуляция. Метод сводится к созданию сети различных по размеру треугольников с вершинами в точках с известными данными (пунктах отбора проб). Треугольники примыкают друг к другу вплотную без разрывов и наложений. Каждые два соседних треугольника имеют одну общую грань и две общих вершины. Таким образом, формируется непрерывная поверхность (рис. 6.1). Метод имеет широкое распространение, однако, для получения наиболее достоверных результатов, требуются данные, отобранные по определенной (регулярной) сетке с максимально возможной частотой пунктов отбора проб.

Метод интерполяции IDW заключается в том, что известным данным в точках присваивается определенный вес, таким образом, что влияние известного значения точки уменьшается с увеличением расстояния до неизвестной точки, значение в которой надо определить. Вес присваивается точкам сбора данных на основе коэффициента взвешивания, который контролирует, как воздействие точки будет уменьшаться с увеличением расстояния до этой точки. Чем ниже коэффициент взвешивания, тем меньше будет эффект, оказываемый точкой, если она будет далеко от неизвестной точки, значение которой определяется в ходе интерполяции. По мере возрастания коэффициента значение неизвестной точки будет приближаться к значению ближайшей точки сбора данных. В каждой точке будущей поверхности определяется свое уникальное значе-

ние, рассчитываемое в зависимости от степени влияния точек с известными данными. В соответствии с полученными значениями точкам присваивается тот или иной цвет (рис. 6.1).

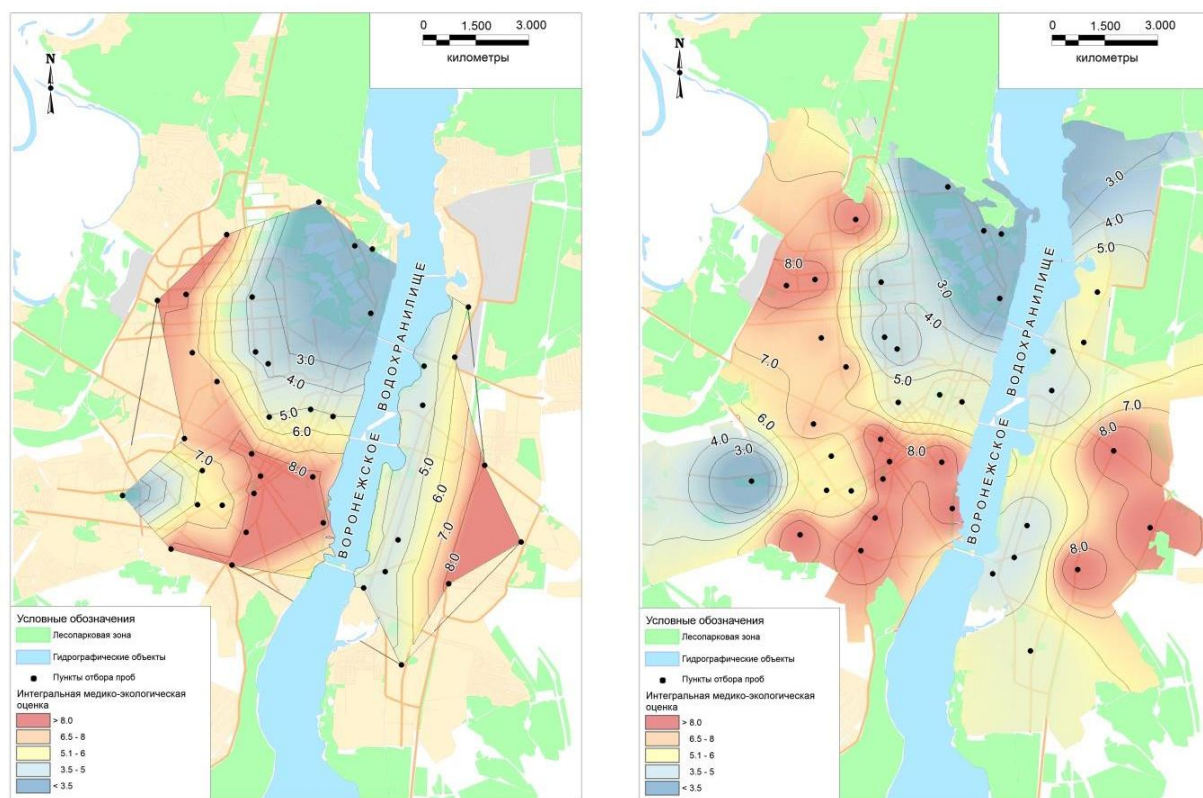


Рис. 6.1. Пример пространственной интерполяции методами TIN (слева) и IDW (справа)

Проанализировав опыт создания подобной пространственной интерполяции, можно прийти к выводу, что для карт, основывающихся на дискретных данных по точкам, независимым и не влияющим друг на друга (какими являются, например, данные загрязнения воздушного бассейна), к тому же, находящихся на значительном удалении друг от друга, более приемлемым является метод *IDW*. Этот способ позволяет получать вполне репрезентативную информацию с любой точки уже готовой поверхности, что весьма удобно при экспериментальном и выборочно-статистическом обследовании города.

Существует возможность расчета интегральных показателей, с внесением рассчитанных величин в таблицу. За эту функцию отвечает инструмент «Обновить колонку». Примером его использования может служить расчет индекса загрязнения атмосферного воздуха по первичным экспериментальным данным загрязнения атмосферы. Также важной функцией является построение буфер-

ных зон (например, санитарно-защитных зон промышленных предприятий) [3].

В вопросе оценки комфортности проживания населения на основе данных акустической нагрузки, активно применялась утилита *«Калькулятор дальностей»*. Данная утилита позволила рассчитать кратчайшее расстояние от основных источников шума до пунктов замера его уровней, что, в свою очередь, позволяет сделать выводы о влиянии удаленности источника шума на степень ослабления шума и предложить, в соответствии с этим, наиболее эффективные мероприятия, направленные на снижение негативного эффекта от повышенной акустической нагрузки.

Описанные «штатные» инструменты и функции ГИС MapInfo предоставляют богатый выбор возможностей для анализа разнородной географически привязанной информации. Некоторые же задачи требуют расширения стандартного функционала ГИС. В частности, в процессе работ по созданию цифровой картографической основы в за частую в MapInfo Professional возникает вопрос о неудобстве постоянного переключения между инструментами *«Сдвиг»* и *«Выбор»* (отвечающие за функции перемещения по карте и выбора тех или иных объектов) путем нажатия на соответствующие кнопки на панели инструментов. Так, при оцифровке растрового изображения часто необходимо перемещаться по карте и многократно выбирать определенные объекты. Во многих программах (Toruscad, AutoCAD, EasyTrace) это неудобство устранено путем задания этим командам «горячих клавиш». При создании «ЭКОГИС г. Воронежа» было решено пойти тем же путем. В пункт горизонтального меню *«Правка»* были добавлены соответствующие команды, позволяющие переключать инструменты *«Сдвиг»* и *«Выбор»* нажатием специальных клавиш на клавиатуре компьютера, что позволило существенно оптимизировать и ускорить процесс работы с объектами баз данных, характеризующими состояние городской среды обитания [3].

«ЭКОГИС г. Воронежа» включает в себя подсистемы хранения эколого-геохимических и медико-географических данных, позволяющие решать многие задачи, служащие целям экологического мониторинга. Многие из поставленных задач требуют значительно-го расширения стандартного функционала ГИС, соответственно, существует целый ряд программных технологий, созданных для разработки решений специализированных задач в среде MapInfo.

Для увеличения инструментария ГИС, необходимого при решении задач с использованием большого объема однотипных операций, производимых «вручную», целесообразно применять специальные языки программирования. В среде MapInfo таким инструментом является MapBasic.

Среда разработки MapBasic – язык программирования для MapInfo Professional. Он может использоваться для широкого круга задач, от простых, таких как скрыть или переупорядочить отдельные пункты меню, до создания полноценных картографических приложений. Синтаксис и структура языка MapBasic совпадают с обычным BASIC, а список возможностей дополнен пространственными (географическими) функциями и операторами.

MapBasic может использоваться для автоматизации повторяющихся задач, добавления в MapInfo Professional новых возможностей или даже для создания сложных специализированных картографических решений для определённых пользователей или отрасли.

Несложной, но весьма распространенной задачей в геоэкологии является создание классификаций. Процесс создания классификаций вручную требует немалых временных затрат, а с классификациями можно встретиться практически в каждой прикладной области использования ГИС.

В течение 2017-2019 г.г. на территории г. Воронежа, были произведены исследования, заключающиеся в оценке акустической нагрузки и последующего зонирования территории города по уровню риска и комфортности проживания. Произведенные натурные измерения в зонах влияния автомобильных дорог с различной интенсивностью транспортного потока позволили получить данные по 96 фактическим замерам уровней шума на 32 улицах в различных районах города. Для зонирования территории г. Воронежа необходимо было оценить полученные данные с точки зрения комфортности проживания, для чего требовалось составление классификации.

На языке программирования MapBasic был разработан модуль, содержащий оригинальную процедуру классификации и позволяющий задавать различные параметры цветовых решений для площадных объектов (в соответствии с созданной классификацией) (рис. 6.2).

Замеры уровней шума производились в различные сезоны года (осень, зима, весна), рассчитывался средний годовой показатель. Запуск модуля вызывает процедуру создания классификации, позволяющую оценить средний годовой показатель в соответствии с количественной шкалой (от 1 до 3). Каждому параметру соответствует определенный качественный показатель: безопасная зона проживания (1), зона проживания, вызывающая опасения (2), опасная зона проживания (3). После чего каждому классифицированному объекту автоматически присваивается определенный цвет (зеленый, желтый, красный).

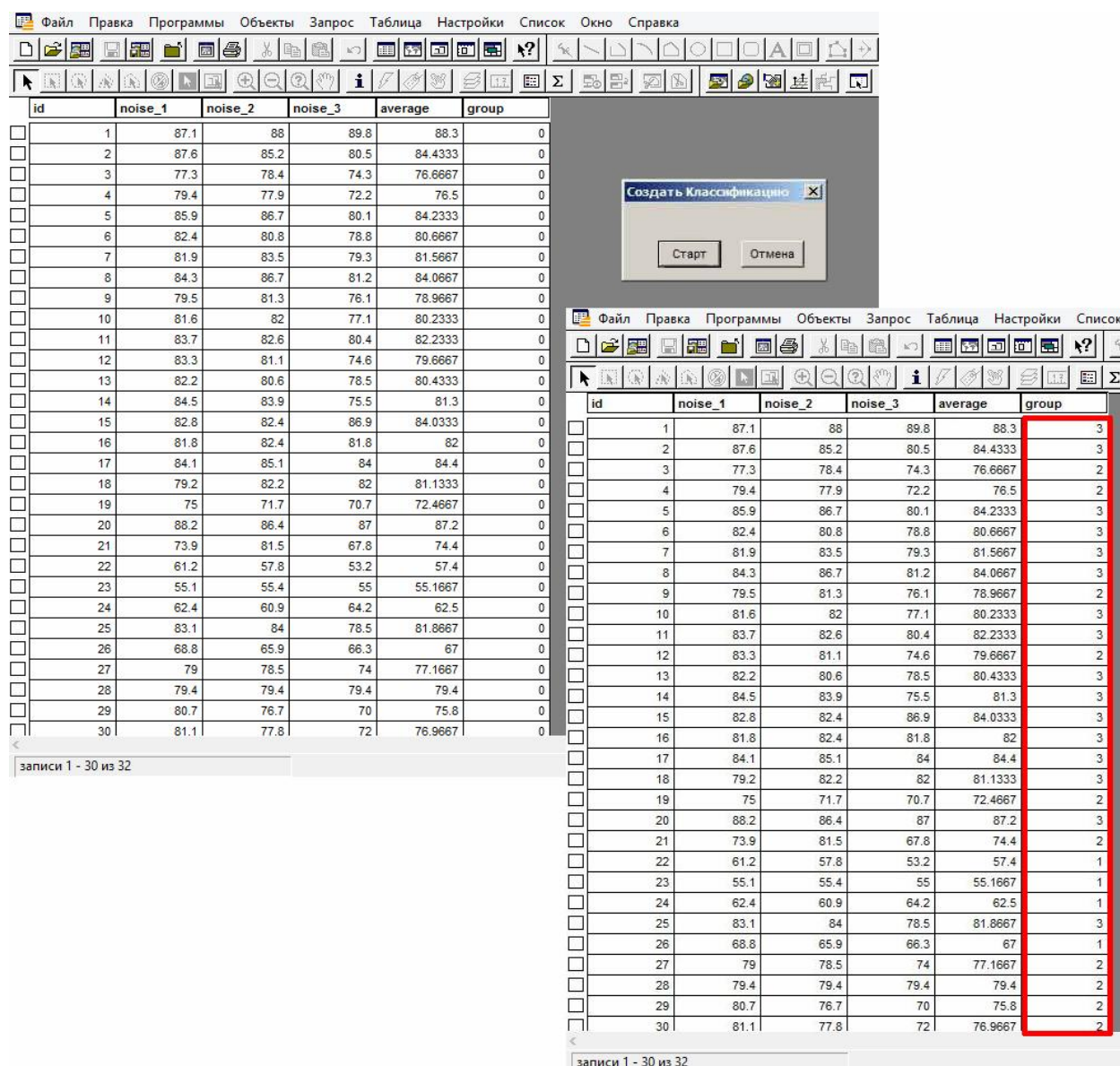


Рис. 6.2. Процедура классификации данных акустической нагрузки города Воронежа

Для оценки комфортности проживания была создана карта зонирования территории города по акустической нагрузке, отра-

жающая благоприятные и неблагоприятные районы для проживания (рис. 6.3).

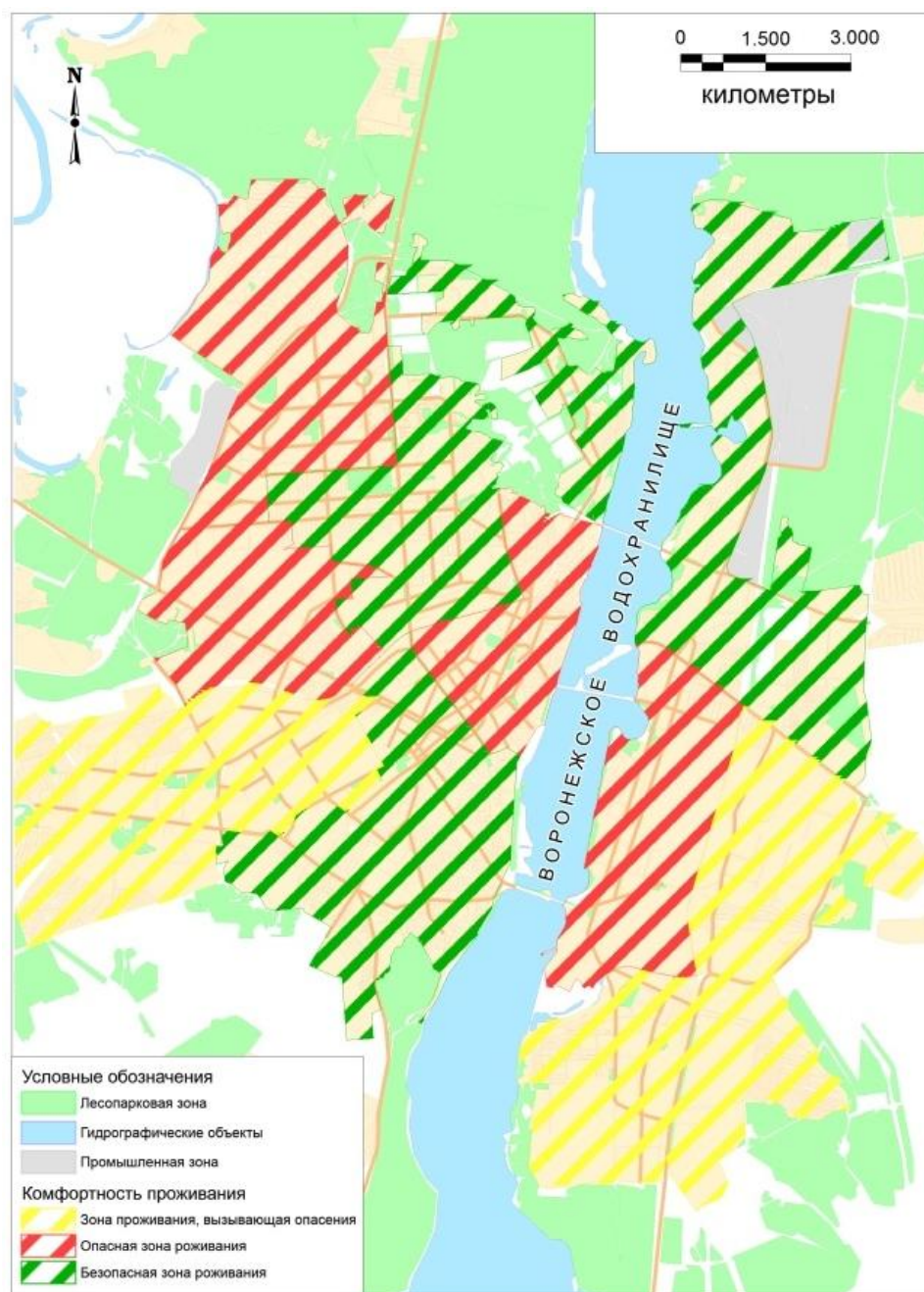


Рис. 6.3. Карта комфортности проживания города Воронежа

Согласно карте, комфортными для проживания являются Ленинский, Центральный (район СХИ), Коминтерновский (район 3 поликлиники) и Железнодорожный районы (мкрн. Отрожка) – здесь шумовая нагрузка находится в пределах установленной нормы. Неблагоприятными являются Коминтерновский (кроме района 3 поликлиники), Советский, Левобережный и Центральный (кроме района СХИ) районы. Уровень шума в этих районах превышает норму и вызывает необходимость проведения мероприятий для

снижения акустического давления для достижения нормативных показателей и комфорта проживания граждан.

Важным критерием комфортности проживания, помимо акустической нагрузки, является оценка риска для здоровья населения, связанного с химическим загрязнением воздушного бассейна.

На основе информации по загрязнению атмосферы за 2009-2017 г.г. средствами ГИС MapInfo Professional была произведена оценка потенциальной заболеваемости, предполагающая расчет показателей канцерогенного и неканцерогенного рисков для здоровья населения г. Воронежа. Рассчитывается потенциальная заболеваемость в соответствии с методикой Федерального центра гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана (Р 2.1.10.1920—04) [6]. Процесс оценки требует больших затрат времени, а учитывая тот факт, что данная оценка производится регулярно, требуется максимальная автоматизация процесса.

Для этой задачи с помощью среды разработки MapBasic был автоматизирован процесс оценки риска для здоровья населения, связанного с химическим загрязнением атмосферного воздуха. Специально разработано программно-алгоритмическое обеспечение оценки экологических рисков, реализующее количественные расчеты уровней риска для здоровья населения в соответствии с нормативно-методическим документом Р 2.1.10.1920-04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» [6].

Данный модуль представляет собой приложение, добавляющее в горизонтальное меню MapInfo пункт «Риск», содержащий три команды: «Создать таблицу Risks_MB», «Расчет экологического риска», а также «Выход», завершающий работу программы. Выбор первой команды данного меню, вызывает диалоговое окно, содержащее две диалоговые кнопки («ОК» и «Отмена») и предлагающее создать новый слой Risks_MB заданной программой структуры, в проекции данной карты. Слой включает в себя несколько графических объектов, к которым впоследствии осуществляется «привязка» семантической информации. Вторая команда («Расчет экологического риска») вызывает одноименное диалоговое окно, которое включает в себя нескольких выпадающих списков, кнопки переключатели и две диалоговых кнопки. По структуре окно соответствует команде «Обновить колонку» (рис. 6.4).

Для количественной оценки риска в диалоговом окне предлагается последовательный выбор в соответствующих выпадающих списках:

- таблица, по данным из которой будет производиться расчет;
- конкретная колонка этой таблицы;
- тип экориска (канцерогенный или неканцерогенный);
- колонка таблицы Risks_MB, куда будут внесены рассчитанные величины.

Работа в данном окне проста и интуитивно понятна, а случайно пропустить какой-либо из выпадающих списков и, следовательно, получить неверные расчеты, невозможно, так как каждый следующий список становится активным только после того, как будет выбран один из элементов предыдущего списка. Формулы, прописанные в программе, взяты в соответствии с методикой Федерального центра гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана (Р 2.1.10.1920—04), апробированной по широкому спектру факторов экологического риска на территории г.Воронежа.

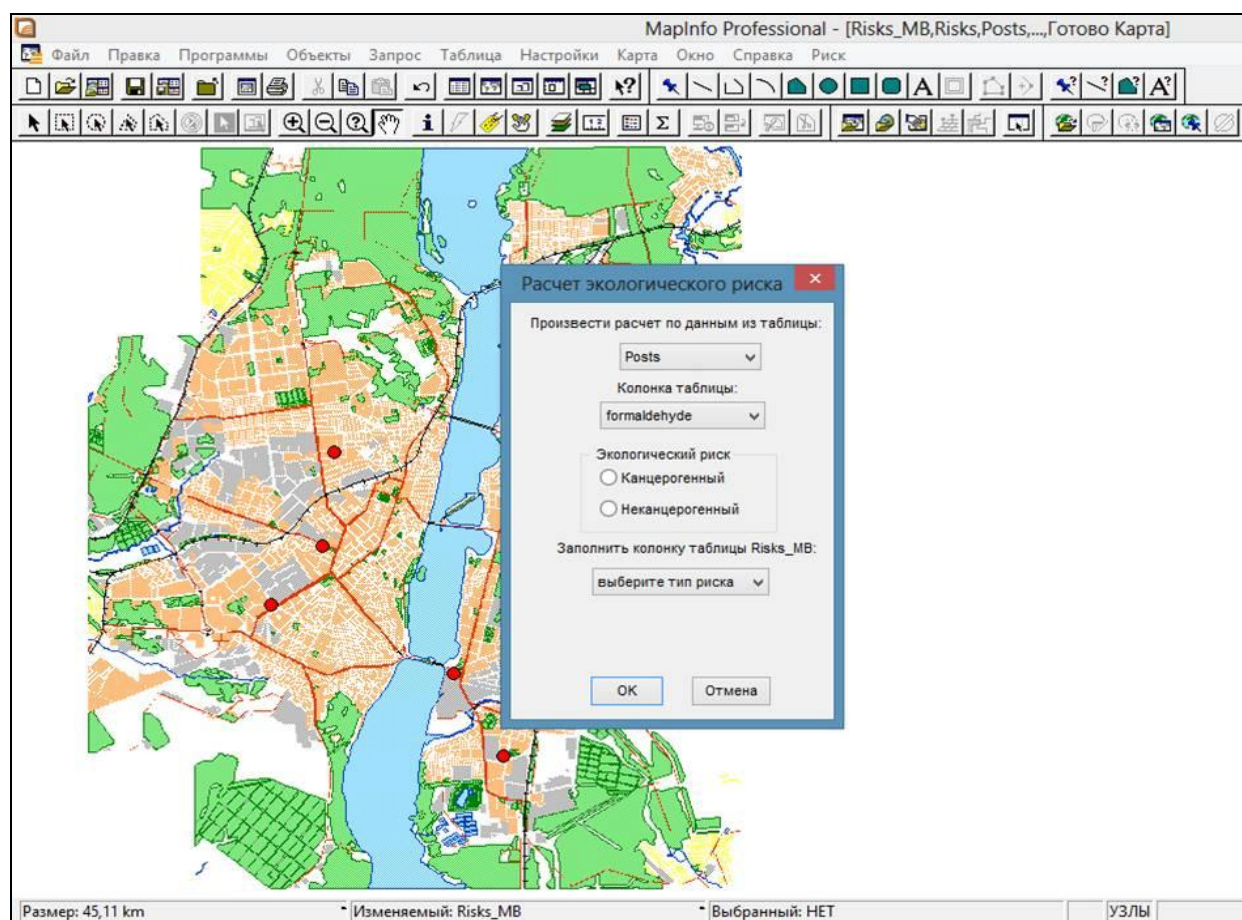


Рис. 6.4. Диалоговое окно «Расчет экологического риска»

Применение разработанного модуля позволило произвести оценку качества окружающей среды по критерию риска возникновения у населения экологически-обусловленных заболеваний. При

этом затраты времени сокращаются примерно в 3,5 раза по сравнению с производством аналогичных расчетов вручную.

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

В целом в промышленной функциональной зоне отмечаются наибольшие значения суммарного индивидуального канцерогенного риска для детского населения (до $4,38 \cdot 10^{-4}$) [3].

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

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

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

Проведя расчёт интегрального неканцерогенного риска возникновения хронических заболеваний (HI), было установлено расположение зон высокого и очень высокого неканцерогенного риска возникновения хронических заболеваний в Железнодорожном районе города, микрорайоне «Машмет» Левобережного района, Советском районе и в районе ул. Транспортная Центрального района.

Территория повышенного риска наблюдается преимущественно в левобережной и центральной частях города.

Зона низкого уровня риска расположена преимущественно в северной части города (Северный жилой район Коминтерновского района и микрорайон Агроуниверситета Центрального района г.Воронежа) [2].

Применение геоинформационных технологий не ограничивается только оценкой риска для здоровья населения. Возможности ГИС позволяют решать существенно более обширные задачи. Одним из примеров подобных задач является интегральная медико-экологическая оценка территории города Воронежа. В основе интегральной оценки лежит обобщение закономерностей статистических связей в системе «окружающая среда-здоровье населения» с применением современных эколого-геохимических, вероятностно-статистических и геоинформационных методов исследования. Особенностью использованной 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 [6].

Среди важнейших факторов риска здоровью населения выделяются коэффициент эмиссионной нагрузки выбросов канцерогенных веществ от стационарных источников и индексы автотранспортной загруженности (легковыми, грузовыми автомобилями и автобусами). В районах города, где отмечаются максимальные значения указанных индексов, у детей, как правило, выше частота появления болезней крови (анемий), нервной системы и органов чувств, повышен травматизм.

Среди параметров загрязнения воздушного бассейна наибольшее внимание заслуживает присутствие 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 по мере увеличения загрязнения воздуха наблюдается увеличение числа респираторных болезней, заболеваний мочеполовой сферы, новообразований и врожденных аномалий [5].

Завершающим элементом интегральной оценки является создание карты, иллюстрирующей существенные территориальные различия уровня индексов риска в благополучных окраинных микрорайонах и территории общественного центра, а также промышленно-транспортных зон города (рис. 6.5).

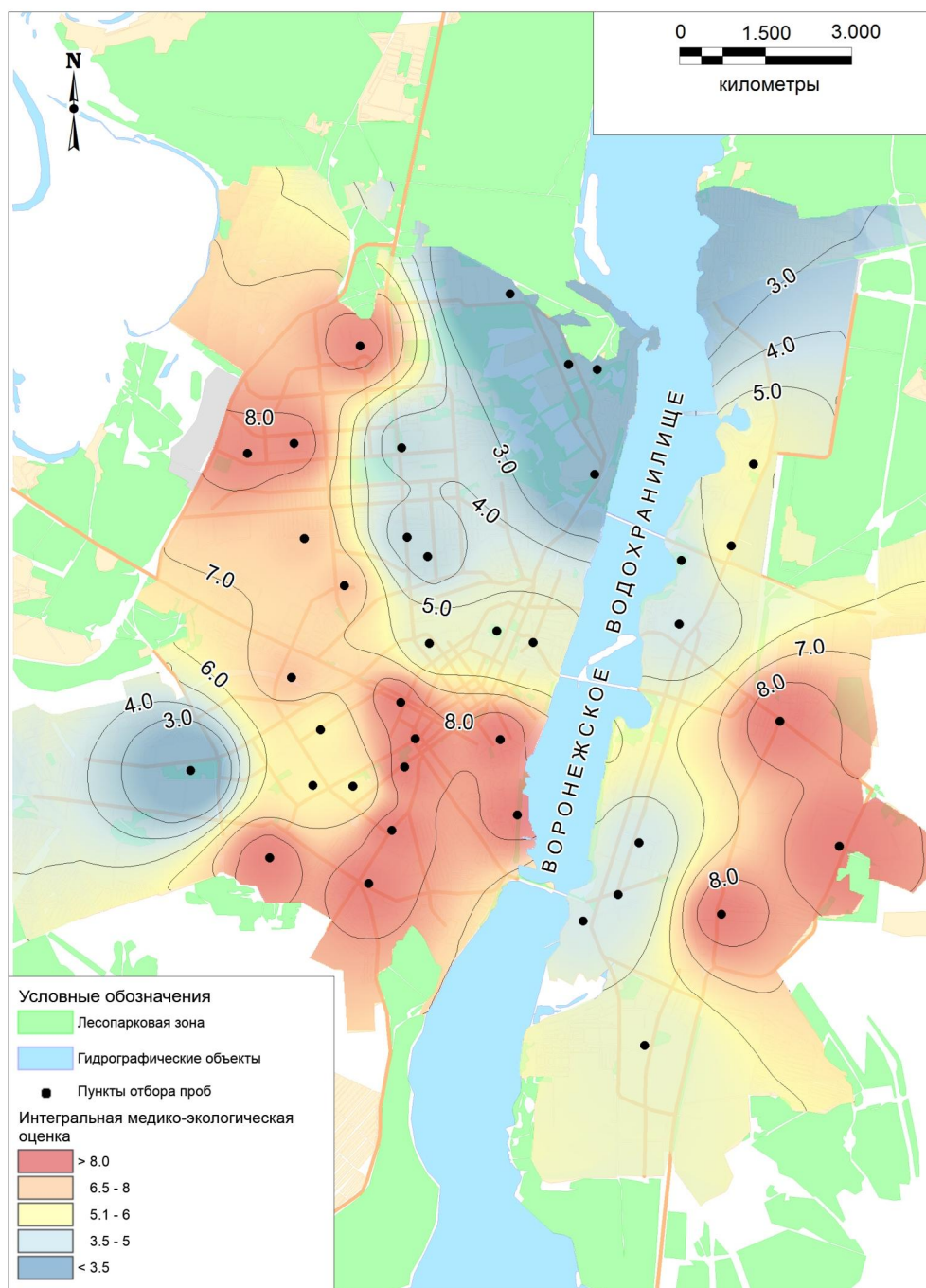


Рис. 6.5. Интегральная медико-экологическая оценка (риск для здоровья населения, обусловленный экологическим состоянием городской среды)

Таким образом, применение географических информационных систем для мониторинга окружающей среды и здоровья населения является перспективным средством управления санитарно-эпидемиологической и экологической ситуацией как на локальном, так и на региональном уровне. Преимущество ГИС состоит в возможности установления взаимосвязи между различными типами

данных и их пространственным распространением. Задачи информационного обеспечения в системе социально-гигиенического мониторинга могут быть успешно решены благодаря возможностям геоинформационных систем обеспечивать поддержку и всесторонний анализ комплексной территориально-распределенной информации, организуемой в виде соответствующих тематических слоев на единой картографической основе.

Кроме того среда разработки MapBasic предоставляет практически неограниченные возможности расширения функционала ГИС и дает возможность сведения к минимуму вероятности возникновения ошибок в расчетах за счет максимальной автоматизации процесса [4].

Использование геоинформационных технологий повышает качество информирования органов власти и местного самоуправления для обоснования принятия управленческих решений по обеспечению экологической и гигиенической безопасности населения. Сформированные информационные фонды социально-гигиенического мониторинга являются источником информации при подготовке ведомственных целевых программ, направленных на осуществление государственных функций в установленной сфере деятельности для решения тактических задач и достижения эффективного, общественно значимого результата.

Литература

1. Воронеж: среда обитания и зоны экологического риска / С.А. Куролап, С.А. Епринцев, О.В. Клепиков и др. – Воронеж: Изд-во «Истоки», 2010. – 207 с.
2. Епринцев С.А. Геоэкологические аспекты качества окружающей среды урбанизированных территорий / С.А. Епринцев // Вестник ТГУ. – 2013. – Т. 18. – Вып. 2. – С. 596-601.
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.
4. Клепиков О.В. Применение геоинформационных технологий в региональных системах мониторинга окружающей среды и здоровья населения / О.В. Клепиков, Н.П. Мамчик, И.В. Колнет, С.А. Куролап, Т.В. Хорпякова / Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. – 2018. – Т. 28. – № 3. – С. 249-256.

5. Медико-экологический атлас города Воронежа [электронный ресурс]: / С.А. Куролап, Т.И. Прожорина, М.А. Клевцова, П.М. Виноградов, Н.В. Каверина, С.А. Епринцев, О.В. Клепиков и др. - Воронеж: Воронежский государственный университет, 2019. (Создан при финансовой поддержке Русского географического общества). — URL:<http://www.geogr.vsu.ru/atlas.htm>.

6. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду (Р 2.1.10.1920 – 04). – Москва: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 143 с.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Осуществленные на примере Воронежской области исследования направлены на изучение возможностей эколого-геохимических, биоиндикационных, радиоэкологических методов и геоинформационных технологий в анализе закономерностей формирования зон экологического риска селитебно-промышленных территорий интенсивного техногенного освоения. Анализ разработанности проблемы в современной науке показывает многообразие подходов к интегральной оценке качества окружающей среды, перспективность методов геоинформационного картографирования и моделирования, что свидетельствует о существенном продвижении в области становления отечественного рискологического подхода как эффективного средства развития системы мониторинга окружающей среды и здоровья населения. Дальнейшее развитие проблемы во многом связано с совершенствованием научно-методического и технологического обеспечения мониторинговых исследований окружающей среды и технологий оценки риска для здоровья населения при воздействии факторов риска.

Для выявления зон экологических рисков особенно результативно сочетание лабораторно-инструментальных методов и геоинформационно-аналитических технологий, которые, во-первых, позволяют выявлять и оценивать опасность воздействия факторов экологического риска на население, а, во-вторых, позволяют решать существенно более обширные задачи в сфере урбоэкодиагностики. Так, особенностью использованной методологии, поэтапно апробированной в условиях города Воронежа и некоторых малых городов Воронежской области, является возможность использования для оценки риска здоровью населения и диагностики водных экосистем различных индикаторных показателей состояния отдельных депонирующих сред и живых организмов.

Установлено, что среди важнейших факторов риска здоровью населения выделяются коэффициент эмиссионной нагрузки выбросов канцерогенных веществ от стационарных источников и индексы автотранспортной загруженности (легковыми, грузовыми автомобилями и автобусами). В городах, где отмечаются максимальные значения указанных индексов, у детей, как правило, выше частота появления болезней крови (анемий), нервной системы и органов чувств.

Среди параметров загрязнения воздушного бассейна наибольшее внимание заслуживает присутствие в атмосфере диоксида серы, окислов азота, взвешенных веществ, канцерогенно опасных соединений (формальдегид и др.), а по мере увеличения загрязнения воздуха наблюдается увеличение числа респираторных болезней, заболеваний мочеполовой сферы, новообразований и врожденных аномалий.

В программной среде MapInfo создан действующий макет геоинформационно-аналитического комплекса («ЭКОГИС города Воронежа»), включающего реляционные базы экогеоданных, программно-алгоритмическое обеспечение для оценки риска здоровью населения и средства цифрового картографирования для обеспечения экологического мониторинга и интегральной оценки экологического состояния городской среды.

Проведенное исследование ответного «отклика» геохимических индикаторов на промышленно-транспортное воздействие показало существенный «отклик» критериев качества атмосферы и почвы, причем, между интегральными показателями загрязнения атмосферы и почвы существует достоверная положительная корреляция, свидетельствующая о существенной обусловленности загрязнения почвы аэрогенным поступлением загрязняющих веществ.

Применение методов биоиндикации и биотестирования состояния окружающей среды, в том числе по показателю флуктуирующей асимметрии листьев древесных растений, показало, что в городах Воронежской области наибольший антропогенный прессинг испытывают микрорайоны, расположенные в промышленной и транспортной функционально-планировочных зонах.

Перспективы развития исследований связаны с совершенствованием систем автоматизированного экологического мониторинга территорий интенсивного техногенного освоения, созданием тематических картографических баз данных и внедрением разработок в практику работы региональных природоохранных и медико-профилактических ведомств.

Научное издание

**Семен Александрович Куролап
Олег Владимирович Клепиков
Татьяна Ивановна Прожорина
Екатерина Юрьевна Иванова
Наталия Викторовна Каверина
Марина Александровна Клевцова
Павел Михайлович Виноградов
Людмила Олеговна Середа
Максим Константинович Кузмичев
Екатерина Михайловна Студеникина
Лариса Витальевна Молоканова
Людмила Николаевна Хицова
Ольга Александровна Гребенникова
Юлия Сергеевна Попова**

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ
ТЕРРИТОРИЙ ИНТЕНСИВНОГО
ТЕХНОГЕННОГО ОСВОЕНИЯ**
монография

*Общая редакция и компьютерная верстка
С.А. Куролапа и О.В. Клепикова*

Подписано в печать 23.12.2019 г.
Формат 60х84/16. Усл. печ. л. 12.
Бумага офсетная. Тираж 300 экз.
Заказ № 1978.

Издательство ООО «Цифровая полиграфия»
394036, г. Воронеж, ул. Ф. Энгельса, д. 52
Тел. (473) 261-03-61, e-mail: zakaz@print36.ru
<http://www.print36.ru>

Отпечатано с готового оригинал-макета
в ООО «Цифровая полиграфия»