

**Оценка риска для здоровья населения, связанного с техногенным загрязнением города Воронежа**

**С.А. Куролап, С.А. Епринцев, Н.П. Мамчик, О.В. Клепиков**  
Воронежский государственный университет  
Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области

Исследована роль техногенных факторов в формировании геохимического загрязнения воздушной среды и почвы, а также воздействие факторов загрязнения городской среды на здоровье населения. С применением геоинформационных технологий (в среде *MapInfo*) осуществлено зонирование внутригородского пространства по уровням экологического риска для населения города Воронежа.

The roles of technogenic factors in formation of air and soil geochemical contamination, as well as the influence of the city environment contamination factors on population health are considered. With the use of geo-information technologies (in *Mapinfo*) the intraurban area is divided into zones according to the levels of ecological risk for the population of Voronezh.

**Ключевые слова:** техногенное загрязнение, Воронеж, зонирование территории, здоровье населения, среда обитания

Современные промышленные города – центры острейших экологических проблем. На фоне возрастающего техногенного загрязнения среды обитания у населения многих крупных городов проявляются экологически обусловленные заболевания, что вызывает повышенное внимание исследователей к изучению механизмов формирования зон экологического риска и путей оздоровления среды обитания [1 – 4].

Эти проблемы актуальны для г. Воронежа – крупнейшего промышленного центра Черноземья. Город Воронеж имеет разветвлённую промышленно-транспортную инфраструктуру, многочисленные источники техногенного загрязнения окружающей среды, сложную архитектурно-планировочную структуру городской застройки, что служит предпосылкой формирования зон экологического риска и, как следствие, появления экологически обусловленных заболеваний населения.

Целью настоящего исследования является изучение роли техногенных и природных факторов в формировании загрязнения воздушного бассейна и почвы, а также зонирование внутригородского пространства по уровням экологического риска для населения города Воронежа.

**Методика исследований**

Методические этапы исследования включают несколько последовательных процедур

с применением экспериментально-аналитических, математико-статистических и геоинформационно-картографических методов.

1. Эколого-гигиеническое обследование воздушного бассейна и почв г. Воронежа, в ходе которого экспериментальными методами изучено содержание в промышленнозагрязнённых и «условночистых» микрорайонах города приоритетных загрязнителей атмосферы (оксида углерода, диоксида серы, диоксида азота, свинца, формальдегида и других веществ, а также пыли), почвы (нефтепродуктов, валовых и подвижных форм тяжёлых металлов).

2. Создание оригинальной автоматизированной базы эколого-медицинских данных по критериям загрязнения атмосферы, почвы, а также общественного здоровья (детского и взрослого населения) за 10-летний период (1996 – 2005 гг.).

3. Создание электронной карты-основы г. Воронежа (в среде *MapInfo* 7.8), содержащей 11 векторных слоёв, и специализированной тематической геоинформационной системы (ГИС) «Экогеохимия и техногенные риски города Воронежа» для задач геоэкологического картографирования и зонирования внутригородского пространства. Для построения эколого-медицинских карт применён оригинальный формально-территориальный подход с наложением на карту города сетки-решётки площадью 1 км<sup>2</sup>, в узлах которой определены параметры исследуемых критериев

состояния среды и здоровья населения с использованием методов автоматической интерполяции.

4. Исследование механизмов формирования зон экогеохимического загрязнения городской среды на основании сопряжённого анализа результатов эколого-аналитических, снегомерных и медико-экологических исследований на территории города с применением методов статистического анализа и геоинформационных технологий.

5. Оценка «ответной реакции» населения на техногенное загрязнение городской среды и зонирование внутригородского пространства по уровням экологического риска для населения.

6. Разработка основных принципов городской экологической политики для оздоровления среды обитания и снижения риска для здоровья населения, обусловленного загрязнением окружающей среды.

### Результаты и их обсуждение

Проведённое исследование позволяет проследить следующие закономерности в формировании техногенного загрязнения и зон экологического риска в городе Воронеже.

Установлено, что наибольший вклад в загрязнение атмосферы вносит автотранспорт (более 82%). Структура и ареалы техногенного загрязнения атмосферы и почвы во многом сходны, образуя достаточно обширную зону «сплошного» рассредоточенного загрязнения с «очагами» высоких концентраций пыли, углеводородов и тяжёлых металлов в окружающей среде.

В холодный период усиливается загрязнение общественно-делового центра (в «островах тепла»), а в тёплый период – окраинных индустриально-развитых микрорайонов и промышленных зон. Зоны максимального загрязнения атмосферы приурочены к подветренным, преимущественно северо-восточным секторам санитарно-защитных зон промышленно-транспортных объектов и прилегающих к ним жилых микрорайонов. Наиболее сильное загрязнение атмосферы наблюдается на территории общественно-делового центра и промышленного микрорайона «Машмет» юго-восточного левобережного сектора города. Высокая запылённость воздушного бассейна в условиях плотной городской застройки этих микрорайонов создаёт зону локального экологического риска.

«Очаги» атмосферного загрязнения активизируются в тёплый период года, причём в формировании зон техногенного загрязнения определённую «корректирующую роль» играют аэрационные факторы в условиях комбинированной городской застройки. Основные «аэродинамические коридоры», где снижается загрязнение среды, связаны с акваторией внутригородского водохранилища, а также с фрагментами низкоэтажной и коттеджной застройки юго-западного и левобережного секторов города. Более загрязнёнными являются микрорайоны, расположенные с подветренной стороны от промышленных зон и крупных автомагистралей при преобладающей «строчной» многоэтажной жилой застройке, выполняющей барьерную функцию на путях разноса поллютантов по воздуху.

В холодный период года зоны повышенного загрязнения атмосферы в целом сужаются, сохраняя общую тенденцию с тёплым периодом года, однако на некоторых участках индекс загрязнения атмосферы увеличивается по сравнению с тёплым периодом года, что является следствием снижения пропускной способности автодорог в зимний период.

Исследована структура загрязнения почвенного покрова нефтепродуктами и тяжёлыми металлами (Zn, Cu, Pb, Ni, Cr, Mn). Общий уровень загрязнения почвы нефтепродуктами и тяжёлыми металлами – умеренный с отдельными «очагами» экстремально высокого загрязнения. Наибольшее загрязнение почвенного покрова наблюдается на участках концентрации локальных микрорельефов, вблизи промышленно-транспортных систем левобережного сектора города и на плакоре центрального сектора. Большинство почвенно-геохимических аномалий расположено вдоль крупных автодорог города.

Более «чистые» зоны города как по атмосферному, так и почвенному загрязнению отчетливо тяготеют к внепромышленным, «спальным» микрорайонам.

Установлено, что важное значение в формировании полей эколого-геохимического загрязнения городской среды, помимо промышленно-транспортной инфраструктуры, имеют рельеф, градопланировочные факторы и аэрационный режим внутри городской застройки. Даже в относительно небольших котловинах концентрация загрязнителей атмосферы и особенно почвы, как правило, значительно выше, чем на возвышенностях. В микрорайонах, расположенных в «низком» секторе города,

повышенного загрязнения атмосферы и почвы не обнаружено вследствие, видимо, хорошей аэрации данной приаквальной зоны.

В целом, однако, загрязнение левобережного индустриального сектора города усиливает фактор рельефа и розы ветров, поскольку этот сектор является «приёмником» отходящих выбросов правобережья при ослабляющей роли аквальной зоны водохранилища.

По оригинальной методике нами проведён анализ направлений вихревых потоков, создающих своеобразные «аэродинамические коридоры» и зоны аккумуляции атмосферных загрязнений в городе [5]. В качестве одного из косвенных факторов – индикаторов аэрации в зимний период – служит анализ распределения снежного покрова по территории города. Снег обладает высокой сорбционной способностью и осаждает из атмосферы на поверхность почвы значительную часть продуктов техногенеза.

Установлено, что в локальных участках города с наибольшим наносом снега в зимний период могут осаждаться и аккумулироваться вредные вещества, приносимые с ветром и атмосферными осадками от промышленно-транспортных источников, а на участках с достаточной продуваемостью, где снег не накапливается, а высота снежного покрова ниже, уровни загрязнения почвы химическими веществами снижаются. Прослеживается прямая достоверная корреляционная связь средней степени между высотой снежного покрова и содержанием ряда тяжёлых металлов в почвенном покрове (Pb, Mn, Ni).

Наиболее надёжным индикатором аэрогенного пути загрязнения городских почв служит свинец. Причём наблюдается сходная тенденция содержания в различных частях города загрязнителей, источниками которых являются выбросы автомобильных газов транспорта: отмечена прямая корреляционная зависимость содержания свинца в почвенном покрове с содержанием нефтепродуктов в почвенном покрове, формальдегида и оксида серы (IV) в атмосфере. Наблюдается достоверная прямая корреляционная зависимость средней силы ( $r = 0,64$ ) между величинами суммарных индексов загрязнения атмосферы (ИЗА) и загрязнения почвы (СПЗ) тяжёлыми металлами. Данный факт говорит об аэрогенном пути загрязнения почвы, а также о том, что почвенное загрязнение – индикатор общего техногенного загрязнения городской среды.

На основе сопряжённых экогеохимических, снегомерных и медико-статистических

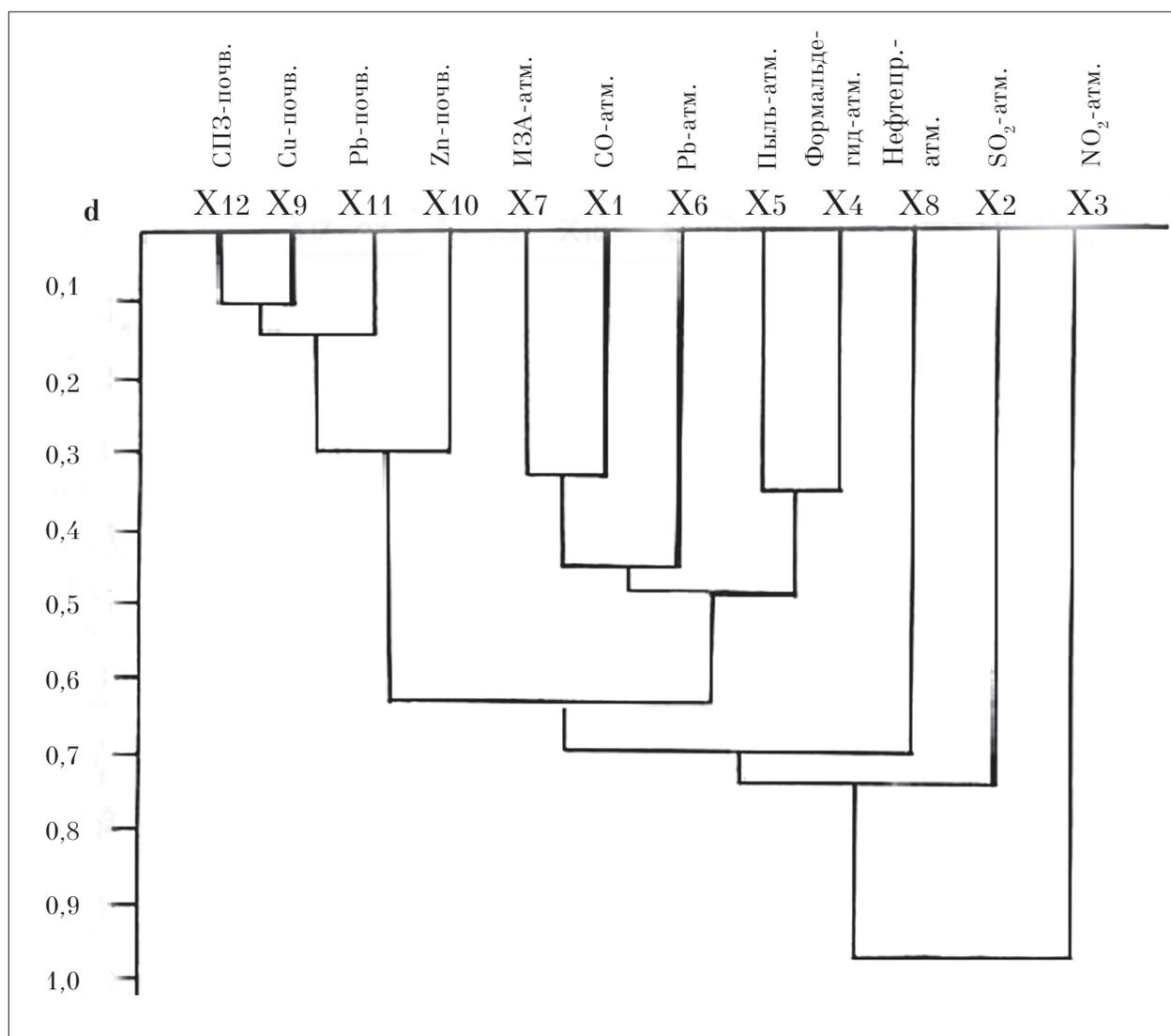
исследований выявлены «аэродинамические коридоры» на территории города, преимущественно субмеридиональной ориентации, обусловленные розой ветров, акваторией водохранилища, снижающей загрязнение, и этажностью застройки, где наблюдаются достоверные корреляции высоты снежного покрова, концентраций тяжёлых металлов в почве (свинца, марганца, никеля) и заболеваемости детского населения. В зонах «ветровых переносов» отмечены локальные почвенно-геохимические аномалии содержания тяжёлых металлов.

Эти закономерности подтверждены в процессе кластерного анализа: установлены два кластера сходства загрязняющих веществ: I) загрязнители почвенного покрова (СПЗ почвы, критерии загрязнения почвы медью, свинцом и цинком); II) загрязнители атмосферы (ИЗА, критерии загрязнения атмосферы оксидом углерода (II), свинцом, пылью и формальдегидом). В наименьшей степени подчиняются общим закономерностям (связаны недостоверно с отмеченными кластерами) содержание нефтепродуктов в почве, а также – оксида серы (IV) и оксида азота (IV) в атмосфере (рис. 1).

Видимо, сходство кластеров почвенного и атмосферного загрязнения по суммарным индексам, тяжёлым металлам, а также оксиду углерода, пыли и формальдегиду свидетельствует преимущественно о промышленно-транспортном источнике их накопления в городской среде; в то время как аккумуляция нефтепродуктов обусловлена преимущественно транспортным фактором, а оксиды серы и азота (летучие компоненты) разносятся на значительные расстояния и аккумулируются не только под воздействием промышленно-транспортного фактора, но и с учётом аэрационных факторов в условиях комбинированной городской застройки.

Уровень «ответной реакции» населения на техногенное загрязнение городской среды достоверно проявляется в увеличении заболеваемости взрослых и особенно детей в техногенно-загрязнённых микрорайонах.

Так, практически по всем классам болезней наблюдается высокая заболеваемость взрослого и детского населения в центральной части города и в индустриальном секторе Левобережного района города Воронежа (за исключением инфекционных и паразитарных болезней). Относительно низкая заболеваемость детского и взрослого населения наблюдается в Северном жилом микрорайоне и в жилой застройке вблизи агроуниверситета.



**Рис. 1.** Кластерная дендрограмма сходства приоритетных загрязняющих веществ (атм. – атмосфера, почв. – почва) и суммарных индексов загрязнения атмосферы и почвы; d – критерий сходства («евклидово расстояние»)

В ходе корреляционного анализа установлено наличие ряда прямых средних и сильных корреляционных зависимостей между отдельными загрязняющими компонентами природных сред и критериями общественного здоровья. Более информативны показатели атмосферного загрязнения для холодного периода года, а более «чувствительно» к техногенному загрязнению, особенно почвы, детское население (рис. 2, рис. 3), причём мальчики (видимо, за счёт более тесных контактов с окружающей средой в процессе дошкольного воспитания, игр вне помещений).

В целом наиболее существенной для детского населения можно отметить прямую зависимость между содержанием пыли в атмосфере города Воронежа и уровнем заболеваемости болезнями системы кровообращения ( $r=0,51$ ), а также болезнями костно-мышеч-

ной системы ( $r=0,50$ ). Для взрослого населения наиболее существенными являются зависимости содержания диоксида азота в атмосфере города Воронежа в холодный период года и заболеваемости болезнями системы кровообращения ( $r=0,63$ ), болезнями органов пищеварения ( $r=0,63$ ), болезнями кожи и подкожной клетчатки ( $r=0,56$ ); прямые связи средней силы уровней заболеваемости болезнями костно-мышечной системы и содержанием пыли в атмосфере города в тёплый ( $r=0,53$ ) и холодный ( $r=0,54$ ) периоды года.

Расчёт количественных уровней индивидуального канцерогенного и неканцерогенного (общетоксического) рисков при воздействии загрязнителей атмосферы производился по методике Федерального центра гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана и подробно ранее описан в работе [6].

Расчёт канцерогенного риска (CR) от присутствия загрязняющих веществ в атмосфере (по 18 приоритетным химическим канцерогенам) показал, что в целом по городу он соответствует предельно допустимому уровню (CR ниже  $1 \times 10^{-6}$ ) с некоторым превышением для 7 веществ (акрилонитрил, бензол, оксид никеля, стирол, трихлорэтилен, формальдегид, хром шестивалентный). Особое опасение вызывает риск воздействия на экспонируемое население 1,3-бутадиена и сажи, риск канцерогенных эффектов на большинстве территорий по которым достигает опасного уровня (CR около  $1 \times 10^{-3}$ ), требующего мероприятий по его снижению. Наибольший вклад в уровень канцерогенного риска вносят ОАО «Воронежсинтезкаучук» за счёт выбросов 1,3-бутадиена и ОАО «Воронежшина» за счёт сажи.

Из 58 загрязняющих веществ, присутствующих в атмосфере города и обладающих неканцерогенным действием, 10 приоритетных загрязнителей представляют опасность для здоровья. Наибольший вклад в неканцерогенный риск возникновения хронических заболеваний местами вызывает опасение, причём он наиболее высокий – преимущественно в левобережном секторе и в некоторых микрорайонах цент-

ральной части города. Так, от 50% до 70% территории города постоянно расположены в зоне повышенного риска (НІ – более чем в 10 раз выше допустимого) от присутствия соединений меди, взвешенных веществ и формальдегида в атмосферном воздухе.

При проведении комплексного экологического зонирования внутригородского пространства на территории г. Воронежа отчётливо выделяются 5 зон экологического риска (рис.4): зона низкого, допустимого экологического риска (северная внепромышленная часть города); зона удовлетворительного экологического риска, не вызывающего беспокойства (большая окраинная часть территории вне промышленных зон); зона экологического риска, вызывающего беспокойство (локальные общественно-деловые центры правобережья и левобережья); зона экологического риска, вызывающего опасение (примыкающая к автомагистралям и промзонам); зона опасного экологического риска (крупные автомагистрали, санитарно-защитные зоны промышленных предприятий и прилегающие к ним участки преимущественно по промышленному левобережью города).

Количественные соотношения различных зон экологического риска по различным термическим периодам года и «массовым» загрязнителям воздуха показаны в таблице. Для снижения уровней экологического риска

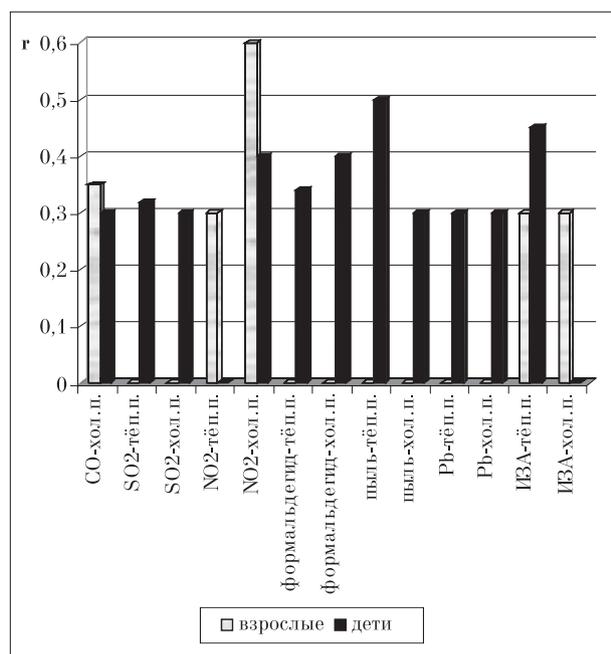


Рис. 2. Корреляционные связи болезней органов дыхания с загрязнением атмосферы г. Воронежа в холодный и тёплый периоды года (r – коэффициент корреляции; период: хол. п. – холодный; тёпл. п. – тёплый)

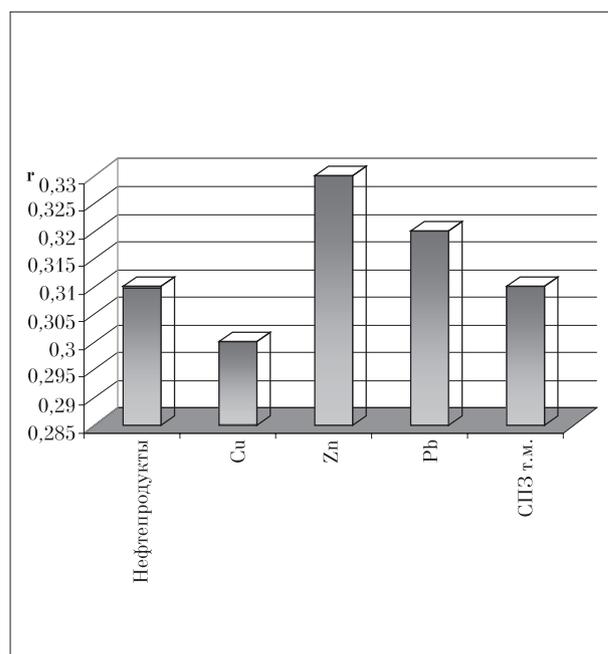


Рис. 3. Корреляционные связи зависимости общей заболеваемости детского населения от загрязнения почвы г. Воронежа (r – коэффициент корреляции)



Рис.4. Экологическое зонирование территории г. Воронежа

Таблица

Площади внутригородских территорий различных уровней неканцерогенного риска возникновения хронических заболеваний у населения

Температурный режим	Фактор риска	Уровень риска для здоровья (км <sup>2</sup> )*				
		Допустимый (HQ<0,8)	Предельный (HQ 0,8 – 1)	Повышенный (HQ 1 – 2)	Высокий (HQ 2 – 3)	Очень высокий (HQ>3)
Тёплый период года	CO	43,5	109,6	100,4	0,6	-
	SO <sub>2</sub>	11,6	11,6	64,6	101,8	63,7
	NO <sub>2</sub>	77,5	95,3	75,6	5,8	2,5
	Формальдегид	12,3	48,3	20,1	51,4	155,4
	Pb	171,1	48	124,4	5	0,7
	<b>Суммарный риск (HI)</b>	<b>31,7</b>	<b>67,8</b>	<b>114,3</b>	<b>29,2</b>	<b>5,6</b>
Холодный период года	CO	121,1	85,3	31,2	0,7	-
	SO <sub>2</sub>	36,4	9,8	155,6	61,3	10,4
	NO <sub>2</sub>	98,9	41,4	99,5	-	-
	Формальдегид	38,9	3,7	41,3	75,5	30,7
	Pb	183,2	40,1	16	0,2	-
	<b>Суммарный риск (HI)</b>	<b>55</b>	<b>161,5</b>	<b>18,5</b>	<b>3,3</b>	<b>1,3</b>

Примечание: \* HQ – индивидуальный неканцерогенный риск при ингаляционном воздействии соответствующих загрязняющих веществ

и оздоровления городской среды на территории г. Воронежа необходима целенаправленная городская экологическая политика, составными блоками которой могут быть:

- 1) модернизация транспортных сетей города и пригородной зоны с увеличением их пропускной способности, качества дорожного покрытия, средней скорости движения транспортных средств на основе создания «транспортных коридоров» по направлениям от центра к окраинным микрорайонам, «обходных и дублирующих» трасс разнонаправленного движения;
- 2) контроль и нормирование выбросов в атмосферу от промышленных объектов, изменение топливного баланса в теплоэнергетической промышленности (снижение доли угля и мазута с переходом на газ в качестве топлива на ТЭЦ-1, ТЭЦ-2, котельных ВГК «Тепловые сети»), благоустройство санитарно-защитных зон промышленных предприятий;
- 3) озеленение внутригородского пространства (санитарно-защитных зон промышленных предприятий, прилегающих к автодорогам микрорайонов, внутридворовых участков) с внедрением в состав посадок газоустойчивых зеленых насаждений: ли-

пы мелколистной, тополя канадского, тополя чёрного, ясеня зелёного, можжевельника казацкого, туи западной, бирючины обыкновенной, кизильника блестящего и других видов, а также более широкое применение «вертикального озеленения» по опыту других крупных городов Европы, что позволит не только снизить загрязнение воздушного бассейна, но и уменьшить звуковой дискомфорт вблизи автомагистралей.

### Заключение

Установлено, что «ответная реакция» населения на техногенное загрязнение проявляется в достоверном увеличении заболеваемости как взрослого, так и детского населения (особенно болезней крови и кроветворных органов, органов дыхания). Наиболее сильные корреляции наблюдаются между заболеваемостью детского (мужского) населения и загрязнением атмосферы в холодный период года на фоне сезонного ухудшения эколого-климатических условий среды жизни городского населения.

Реализованный на примере крупнейшего промышленного центра Центрального Черноземья – города Воронежа – методический подход к выделению зон экологического риска вполне может быть применен для опера-

тивного экологического контроля и мониторинга. В условиях преимущественно аэрогенного механизма формирования зон техногенного загрязнения городской среды эффективным является эколого-геохимический мониторинг в зонах экологического риска. Внедрение предлагаемой системы оптимизационных мероприятий для оздоровления окружающей среды промышленно развитого города ориентировано, прежде всего, на решение трех приоритетных задач (модернизацию автотранспортных сетей; контроль выбросов предприятий теплоэнергетики, озеленение внутригородского пространства), реализация которых позволит поэтапно снижать риск появления экологически обусловленных заболеваний среди населения города.

*Исследования проведены при поддержке гранта РФФИ (№ 05-05-64402).*

УДК 616-619

## Гельминтозы собак Кировской области и биобезопасность окружающей среды

О.Б. Жданова<sup>1</sup>, Т.И. Калужских<sup>2</sup>, С.П. Ашихмин<sup>2</sup>, О.В. Масленникова<sup>1</sup>,  
П.Г. Распутин<sup>2</sup>, Л.Р. Мутошвили<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Вятская государственная сельскохозяйственная академия

<sup>2</sup>Кировская государственная медицинская академия

У собак Кировской области зарегистрированы 9 видов гельминтов: *Opisthorchis felineus*, *Dipylidium caninum*, *Taenia hydatigena*, *Toxascaris leonina*, *T. canis*, *Str. vulpis*, *Uncinaria stenocephala*, личинки *Trichinella spiralis*, *Diocotophyme renale*. Все обнаруженные виды паразитов являются опасными для здоровья человека, домашних и сельскохозяйственных животных.

There were registered 9 helminths of dogs of Kirov Region: *Opisthorchis felineus*, *Dipylidium caninum*, *Taenia hydatigena*, *T. canis*, *Toxascaris leonina*, *Uncinaria stenocephala*, *Str. vulpis*, *Trichinella spiralis*, *Diocotophyme renale*. All of them are dangerous both for people and for domestic animals.

Ключевые слова: гельминтофауна, токсакароз, собаки, биобезопасность

### Введение

До недавнего времени ветеринарные паразитологи особое внимание уделяли паразитозам сельскохозяйственных животных, не учитывая «повальное» увлечение населения страны собаками и кошками. Значение соба-

ководства общеизвестно, и с каждым годом увеличивается число любителей собак – служебных, охотничьих, декоративных. Вместе с тем в городах растёт среди этих животных число бродячих и бездомных, как правило, больных паразитарными болезнями. Ежедневно в городах и других населённых пунктах

### Литература

1. Кочуров Б. И. Экодиагностика и сбалансированное развитие: учеб. пособие. М. – Смоленск: Маджента, 2003. 384 с.
2. Ревич Б.А., Авалиани С.Л., Тихонова Г.И. Экологическая эпидемиология: учебник для высш. школы. М.: Издательский центр «Академия», 2004. 384 с.
3. Экогеохимия городских ландшафтов / под ред. Н. С. Касимова. М.: МГУ, 1995. 336 с.
4. Экология человека : учеб. пособие / под ред. Б. П. Прохорова. М.: Изд-во МНЭПУ, 2001. 440 с.
5. Епринцев С.А., Куролап С.А., Завьялова Ю.Н. Эколого-гигиеническая оценка городской среды с использованием снегомерных наблюдений // Вестник Воронеж. гос. ун-та: Серия География и Геоэкология. 2006. №1. С. 34-38.
6. Куролап С.А., Мамчик Н.П., Клепиков О.В. Оценка риска для здоровья населения при техногенном загрязнении городской среды. Воронеж: Воронеж. гос. ун-т, 2006. 220 с.