

УДК 502/504; 614.7

С. А. Епринцев¹
О. В. Клепиков^{1,2}
С. А. Куролап¹

Социально-экономические условия и антропогенное загрязнение воздушного бассейна как взаимосвязанные факторы трансформации урбанизированных территорий ЦЧР

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»,
г. Воронеж, Российская Федерация

e-mail: esa81@mail.ru

²ФГБОУ ВО «Воронежский государственный
университет», г. Воронеж, Российская Федерация

e-mail: klepa1967@rambler.ru

Аннотация. Комплексное воздействие социально-экономических условий и антропогенного загрязнения воздушного бассейна урбанизированных территорий является существенным фактором, определяющим интегральные показатели устойчивого развития. В ходе исследований проведена оценка комплексного вклада социально-экономических условий и антропогенного загрязнения воздушного бассейна в трансформацию урбанизированных территорий на примере городов Центрально-Черноземного региона России – Воронежа, Липецка, Белгорода. Разработаны геоинформационные ресурсы, обеспечивающие пространственно-временную оценку социально-экономических условий и факторов экологической безопасности исследуемых урбанизированных территорий. Проведён комплекс эколого-геохимических исследований городов Центрально-Черноземного региона России. Изучен комплекс социально-экономических условий, определяющих устойчивое развитие территории.

Ключевые слова: урбанизированные территории, антропогенные поллютанты, социально-экологические условия, социально-гигиенический мониторинг, экологическая безопасность.

Введение

Обеспечение высокого качества жизни населения в современных городах требует учёт многокомпонентности структуры урбанизированных территорий и взаимосвязи различных компонентов [1, 2]. Существенный рост экономического благосостояния населения, прослеживаемый на территории развитых стран мира со второй половины XX века сопровождается ростом антропогенного загрязнения городской среды, ростом экологически-обусловленных заболеваний и снижением экологической безопасности территорий [3, 4].

Вопросы экологической безопасности и её удельного вклада в интегральный показатель устойчивого развития территории детально изучены во многих трудах отечественных и зарубежных исследователей. Так, Н.С. Касимовым [5], А.А.Келлером [6], Б.Б. Прохоровым [7] и другими описаны причинно-следственные связи формирования очагов экологически-обусловленных заболеваний и появление зон экологического риска. В частности, концепция экологического риска, обоснованная в трудах ведущих отечественных

гигиенистов Г.Г. Онищенко, А.Ю. Поповой, Б.А. Ревича, С.Л. Авалиани, Ю.А. Рахманина и других, исходит из того, что сочетание в окружающей среде потенциально-опасных химических веществ и других вредных экологических факторов создает угрозу здоровью человека [3, 4].

Данная концепция, принятая в качестве основной природоохранными ведомствами РФ, позволяет, помимо идентификации, количественно оценивать различные факторы экологического риска, что является основой при планировании мер по оптимизации негативных условий в экологически-неблагополучных районах [3, 4].

Следует отметить, что при детальном исследовании факторов, определяющих экологическую безопасность, в настоящее время не достаточно внимания уделяется пространственно-временной оценке причинно-следственных связей геохимического загрязнения компонентов окружающей среды антропогенными поллютантами и риска возникновения экологически-обусловленных заболеваний населения с учётом комплекса биотехносферных факторов – городской застройки, микроклиматических условий региона, социально-экономических условий, а также разработки мероприятий по повышению экологической безопасности урбанизированной территории, что определяет актуальность проведённых нами исследований.

Цель исследования: оценка комплексного вклада социально-экономических условий и антропогенного загрязнения воздушного бассейна в трансформацию урбанизированных территорий на примере городов Центрально-Черноземного региона России – Воронежа, Липецка, Белгорода.

Для достижения поставленной цели решены задачи: 1) разработаны геоинформационные ресурсы, обеспечивающие пространственно-временную оценку социально-экономических условий и факторов экологической безопасности исследуемых урбанизированных территорий; 2) проведён комплекс эколого-геохимических исследований городов Центрально-Черноземного региона России; 3) изучен комплекс социально-экономических условий, определяющих устойчивое развитие территории.

Материалы и методы

Оценка комплексных взаимосвязей социально-экономических условий и антропогенного загрязнения городских ландшафтов предполагает анализ крупных массивов геоданных, что делает необходимым разработку системы постоянного геоинформационного мониторинга [8, 9]. Разработанные геоинформационные ресурсы представляют собой ряд взаимосвязанных баз данных, полученных в ходе эколого-геохимических исследований и сбора статистической информации.

В ходе лабораторных эколого-геохимических исследований, проведённых на базе ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области» создана база данных содержания антропогенных поллютантов (факторов канцерогенного риска для населения) в атмосфере городов Воронежа, Липецка и Белгорода за период с 2017 по 2022 годы.

Для расчета индивидуального канцерогенного риска населения, проживающего в исследуемых городах, использовалась методология Центра гигиены им. Эрисмана, описанная в нормативном документе «Руководство по оценке риска для здоровья

населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» (Р. 2.1.10.1920-04).

Схема исследования включала следующие этапы – идентификация опасности; оценка зависимости «доза-ответ»; оценка экспозиции (расчет средних концентраций канцерогенов, определение вероятных среднесуточных доз поступления канцерогенов в организм ингаляционным путем); количественная оценка индивидуального канцерогенного риска для двух возрастных групп населения (дети 6 лет, взрослые) [3].

Для расширения баз пространственных геоданных лабораторные эколого-геохимические исследования были дополнены статистическими данными природоохранных ведомств РФ. Кроме того, для более детального пространственно-временного анализа факторов экологической безопасности в ГИС «Экологическая безопасность городов Центральной России» включены данные, косвенно влияющие на экологическую безопасность – социально-экономические и микроклиматические условия территорий.

В качестве основного источника статистической информации выступила электронная система социально-гигиенического мониторинга (СГМ), функционирование которой обеспечивает Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. Сбор и анализ информации выполняется Управлениями Роспотребнадзора и Центрами гигиены и эпидемиологии в субъектах Российской Федерации. При этом функционирование системы носит межведомственный характер [10].

Результаты и обсуждение

Эколого-геохимические исследования атмосферы городского округа города Воронежа позволили установить содержание в воздухе города ряда антропогенных поллютантов, являющихся факторами канцерогенного риска – формальдегида, свинца, сажи, соединений хрома, бутадиена, стирола, бензола и бенз(а)пирена. На основании полученных данных рассчитан индивидуальный канцерогенный риск для детского и взрослого населения города Воронежа (таблица 1).

Таблица 1

Максимальные значения индивидуального канцерогенного риска детского и взрослого населения на территории города Воронежа при воздействии антропогенных поллютантов в воздухе урбанизированной территории

№	Антропогенный поллютант – фактор риска	Риск для детского населения	Риск для взрослого населения
1	Формальдегид	$5,01 \times 10^{-6}$	$5,60 \times 10^{-5}$
2	Свинец	$5,50 \times 10^{-8}$	$6,15 \times 10^{-7}$
3	Сажа (углерод)	$8,93 \times 10^{-6}$	$9,98 \times 10^{-5}$
4	Соединения хрома ⁶⁺	$1,18 \times 10^{-4}$	$1,32 \times 10^{-3}$
5	1,3-бутадиен	$3,06 \times 10^{-4}$	$3,42 \times 10^{-3}$
6	Стирол (этинилбензол)	$1,20 \times 10^{-8}$	$1,34 \times 10^{-7}$
7	Бензол	$1,18 \times 10^{-5}$	$1,27 \times 10^{-5}$
8	3,4-бенз-а-пирен	$2,37 \times 10^{-7}$	$2,54 \times 10^{-7}$

Составлено авторами

Уровни индивидуального канцерогенного риска, превышающие допустимые значения (1×10^{-4}) зафиксированы для 1,3-бутадиена, источником которого в атмосфере города Воронежа являются предприятия по производству синтетического каучука, а также соединения хрома, основным источником которых может выступать авиационный завод (таблица 1).

Оценка содержания антропогенных поллютантов в атмосфере города Липецка позволила определить индивидуальный канцерогенный риск детского и взрослого населения при воздействии формальдегида, свинца, сажи, бензола и бенз(а)пирена (таблица 2). Анализ содержания в атмосфере города Липецка соединений хрома, бутадиена, стирола показал, что данные поллютанты не были обнаружены на уровне чувствительности методов лабораторного контроля.

Превышение индивидуальных уровней канцерогенного риска на территории города Липецка наблюдается при воздействии формальдегида, основным источником которого можно назвать металлургическое производство, а также выбросы автотранспорта (таблица 2).

Оценка индивидуального канцерогенного риска при воздействии загрязнителей атмосферы города Белгорода показал, что загрязнение формальдегидом для детского населения даёт уровень $5,31 \times 10^{-5}$, для взрослого населения – $5,69 \times 10^{-5}$. Загрязнение атмосферы города Белгорода бенз(а)пиреном даёт уровень риска для детского населения – $2,85 \times 10^{-7}$, для взрослого – $3,05 \times 10^{-7}$.

Для оценки социально-экономических условий исследуемых урбанизированных территорий, косвенно влияющих на интегральный показатель экологической безопасности территории на базе электронной системы социально-гигиенического мониторинга (СГМ) получены данные об уровне бедности населения, обеспеченности населения жилой площадью, количестве жилых помещений, не обеспеченных централизованным водопроводом и централизованной канализацией (таблица 3).

Таблица 2

Максимальные значения индивидуального канцерогенного риска детского и взрослого населения города Липецка при воздействии антропогенных поллютантов в воздухе урбанизированной территории

№	Антропогенный поллютант – фактор риска	Риск для детского населения	Риск для взрослого населения
1	Формальдегид	$1,14 \times 10^{-4}$	$1,22 \times 10^{-4}$
2	Свинец	$2,04 \times 10^{-6}$	$2,19 \times 10^{-6}$
3	Сажа (углерод)	$6,43 \times 10^{-5}$	$7,94 \times 10^{-5}$
4	Бензол	$1,51 \times 10^{-5}$	$1,62 \times 10^{-6}$
5	3,4-бенз-а-пирен	$1,47 \times 10^{-5}$	$1,58 \times 10^{-5}$

Составлено авторами

Полученные данные свидетельствуют о том, что исследуемые урбанизированные территории Воронежа, Липецка и Белгорода имеют относительно-схожие показатели (таблица 3). По социальным условиям – отсутствию централизованного водоснабжения и канализации наименее благополучно выглядит территория городского округа города Воронежа (таблица 3).

Таблица 3

Социально-экономические условия городов Центрально-Черноземного региона России

№	Город	Население, имеющее доходы ниже прожиточного минимума, %	Обеспеченность населения жилой площадью, м ² /чел.	Жилые помещения, не обеспеченные централизованным водоснабжением, %	Жилые помещения, не обеспеченные централизованной канализацией, %
1	Воронеж	8,9	30,1	20,2	22,9
2	Липецк	8,7	31,1	11,6	14,7
3	Белгород	7,9	30,6	14,3	19,0

Составлено авторами

Пространственно-временной анализ социально-экономических условий показал, что во всех исследуемых городах наблюдается снижение количества населения с доходами ниже прожиточного минимума и рост обеспеченности населения жилой площадью.

Проведённые эколого-геохимические исследования показали, что по ряду антропогенных поллютантов в городах Центральной России наблюдаются превышения индивидуального канцерогенного риска для населения, что вызывает опасения в связи с сильной зависимостью онкологических заболеваний населения крупных городов от качества окружающей среды. Анализ региональных особенностей объектов экологического риска на территории городского округа города Воронежа – основных источников антропогенных загрязнителей показывает необходимость в разработке комплекса инженерно-проектировочных решений по снижению в приземном слое 1,3-бутадиена и соединений хрома. Для этого целесообразно усилить экологический контроль в отношении промышленных предприятий химической промышленности (АО «Воронежсинтезкаучук», ЗАО «Воронежский шинный завод»), самолетостроения (ПАО «Воронежское акционерное самолетостроительное общество»). Кроме того, существенный канцерогенный риск на территории городского округа города Воронежа наблюдается при воздействии формальдегида, основными источниками которого выступает автотранспорт и мебельные предприятия. В качестве рекомендации следует отметить необходимость усиления контроля на территории города Воронежа за такими канцерогенами как сажа, 3,4-бенз-а-пирен.

На территории города Липецка в качестве основного канцерогена выступает формальдегид. Помимо автотранспорта, основными источниками канцерогенов в атмосфере города являются металлургические предприятия – ПАО «Новолипецкий металлургический комбинат» - крупнейший отечественный производитель стали и ОАО «Липецкий металлургический завод «Свободный сокол».

Основными источниками антропогенного загрязнения атмосферы города Белгорода являются выбросы автотранспорта. На территории данного города предстоит расширить исследования содержания канцерогенов в атмосфере.

Оценивая интегральные пространственно-временные характеристики экологической безопасности городов Центральной России, помимо факторов, оказывающих прямое воздействие на данные показатели (антропогенное загрязнение городской среды) важно уделить внимание факторам, оказывающим косвенное

воздействие. К данным факторам представляется возможным отнести социально-экономические условия.

Так, доход населения в том или ином регионе, определяет общее качество жизни населения, а также оказывает влияние на уровень адаптации населения к неблагоприятным факторам окружающей среды. Чем выше доход, тем более качественное питание, медицинское обслуживание, отдых и т.д. может себе позволить горожанин, что повышает его уровень адаптации. Наиболее уязвимыми группами для возникновения экологически-обусловленных заболеваний являются граждане, проживающие ниже прожиточного минимума.

Оценивая уровень бедности населения в Российских городах по данным электронной системы социально-гигиенического мониторинга (СГМ) мы видим существенную дифференциацию данного показателя в пределах Российской Федерации (от 7 до 33 процентов в различных городах РФ). На территории исследуемых городов Центральной России данный показатель колеблется от 7,9 процентов в Белгороде до 8,9 процентов в Воронеже, что показывает относительное экономическое благополучие данных городов.

К социальным условиям, оказывающим существенное влияние на качество жизни населения и наибольшее косвенное влияние на уровень экологической безопасности можно отнести обеспеченность населения жилой площадью, централизованным водоснабжением и централизованной канализацией.

Площадь жилых помещений, приходящаяся на 1 человека, является фактором, снижающим распространение различных заболеваний. Чем выше данный показатель, тем выше индивидуальная адаптационная устойчивость населения. Исследуя обеспеченность населения России жилой площадью следует отметить, что по средним значениям данного показателя практически все регионы России обеспечены жилой площадью выше минимального значения 7 м² на человека. В исследуемых городах Центральной России данный показатель изменяется от 30,1 м² на человека в городе Воронеже до 31,1 м² на человека в городе Липецке.

Наличие централизованного водоснабжения в жилых помещениях даёт возможность органам Роспотребнадзора осуществлять контроль за качеством питьевой воды, снижая риски ухудшения здоровья населения из-за потребления воды ненадлежащего качества. При создании в жилых помещениях (преимущественно в частном секторе и зонах коттеджной застройки) водопровода из децентрализованных источников (частных скважин, колодцев и т.д.) возможности по такому контролю практически отсутствуют. При этом у населения часто бытует ошибочное мнение о безупречности колодезной воды и воды из частных скважин. Анализ наличия централизованного водоснабжения в регионах России показал существенную дифференциацию городов по данному показателю – от 0,4 до 67 процентов. На территории исследуемых городов наиболее низкий показатель обеспеченности населения централизованным водоснабжением фиксируется на территории городского округа города Воронежа – 30,1 процентов жилых помещений не имеют централизованного водоснабжения. Наилучшие показатели фиксируются в городе Липецке – 11,6 процентов жилых помещений не имеют централизованного водоснабжения. Полученные данные свидетельствуют о необходимости повышения обеспеченности населения в данных городах централизованным водоснабжением для обеспечения социально-гигиенической безопасности. Для успешной реализации данной задачи существует необходимость в проведении просветительской работы

среди населения частных домовладений и коттеджной застройки для развенчивания мифов о «полезности» воды децентрализованного водоснабжения.

При отсутствии централизованной канализации, создавая автономные системы канализации, домовладельцами очень часто допускаются инженерно-технические ошибки в результате чего частный септик становится источником распространения насекомых-переносчиков инфекционных заболеваний, что является существенным фактором снижения санитарно-гигиенической и экологической безопасности. Мониторинг данного факта природоохранными органами не представляется возможным.

Количество жилых помещений в которых отсутствует централизованная канализация сильно различается в разных регионах Российской Федерации – от 0,5 до 62 процентов. На территории исследуемых нами городов наибольшее количество жилых помещений с отсутствующей централизованной канализацией зарегистрировано на территории городского округа города Воронежа – 22,9 процентов. Наименьшее – в городе Липецке – 14,7 процентов. Такие значения являются весомым вкладом в интегральные значения санитарно-гигиенической и экологической безопасности на что следует обратить внимание.

Выводы

Таким образом, в ходе оценки комплексного вклада социально-экономических условий и антропогенного загрязнения воздушного бассейна в трансформацию урбанизированных территорий на примере городов Центрально-Черноземного региона России – Воронежа, Липецка, Белгорода, рассмотрены в комплексе условия, определяющие устойчивое развитие исследуемых территорий. Проведённые эколого-геохимические исследования позволили оценить содержание в атмосфере исследуемых городов загрязнителей, являющихся канцерогенами на основе чего, был рассчитан индивидуальный канцерогенный риск для населения. Установлено, что для Воронежа канцерогенами, уровень риска которых превышает допустимый являются бутадиен и соединения хрома. Для Липецка – формальдегид. На территории города Белгород превышений допустимого уровня риска не зафиксировано. Анализ социально-экономических условий, являющихся косвенными факторами экологической безопасности показал хорошие условия исследуемых городов по экономическим показателям – уровень бедности населения и обеспеченность населения жилыми помещениями, но выявил неблагоприятные факторы по социальным условиям – наличие централизованного водоснабжения и канализации в жилых помещениях. Исследования, проведённые с использованием различных методов – эколого-геохимических исследований, обработки статистической информации позволили оценить различные показатели, определяющие интегральный уровень экологической безопасности с высокой степенью достоверности.

Исследование осуществлено при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект 20-17-00172

Литература

1. Зеленцова С. Ю., Крупко А. Э., Преображенский Ю. Г. Проблемы и особенности обеспечения экологической безопасности Центрально-Черноземного района // Социальная политика и социология. 2010. № 4 (58). С. 74-87.
2. Крупко А. Э., Шульгина Л. В. Экологические аспекты сбалансированного развития Центрально-Черноземного экономического района // ФЭС: Финансы. Экономика. Стратегия. 2019. №10. С. 31-41.
3. Куролап С. А., Епринцев С. А., Мамчик Н. П., Клепиков О. В. Оценка риска для здоровья населения, связанного с техногенным загрязнением города Воронежа // Теоретическая и прикладная экология. 2008. № 3. С. 42-49.
4. Епринцев С. А., Клепиков О. В., Шекоян С. В., Жигулина Е. В. Формирование очагов экологически обусловленной заболеваемости как критерий «отклика» на качество окружающей среды // Наука Юга России. 2019. Т. 15. № 3. С. 70-80.
5. Касимов Н. С., Битюкова В. Р., Малхазова С. М. и др. Регионы и города России: интегральная оценка экологического состояния. М., 2016. 560 с.
6. Келлер А. А., Кувакин В. И. Медицинская экология. СПб, 1998. 255 с.
7. Прохоров Б. Б., Горшкова И. В., Шмаков Д. И, Тарасова Е. В. Общественное здоровье и экономика. М., 2007. 292 с.
8. Архипова О. Е., Епринцев С. А. Оценка динамики природного каркаса урбанизированных территорий Воронежской области по материалам дистанционного зондирования Земли // Информация и космос. 2017. № 3. С. 119-125.
9. Yeprintsev S. A. Shekoyan S. V., Lepeshkina L. A., Voronin A. A., Klevtsova M. A. Technologies for creating geographic information resources for monitoring the socio-ecological conditions of cities // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. X International Scientific and Practical Conference - Innovative Technologies in Engineering. 2019. P. 012012. doi: 10.1088/1757-899X/582/1/012012.
10. Федеральный информационный фонд СГМ. 2019. ФБУЗ ФЦГиЭ Роспотребнадзора. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.fcgie.ru/fif_sgm.html.

S. A. Yeprintsev¹,
O. V. Klepikov²,
S. A. Kurolap¹

Socio-economic conditions and anthropogenic pollution of the air basin as interrelated factors of transformation of urbanized Territories of the Central Chernozem region.

¹ Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation
¹ e-mail: esa81@mail.ru

² Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation
e-mail: klepa1967@rambler.ru

Abstract. *The complex impact of socio-economic conditions and anthropogenic pollution of the air basin of urbanized territories is an essential factor determining the*

integral indicators of sustainable development. In the course of the research, the assessment of the complex contribution of socio-economic conditions and anthropogenic pollution of the air basin to the transformation of urbanized territories was carried out on the example of the cities of the Central Chernozem region of Russia - Voronezh, Lipetsk, Belgorod. Geoinformation resources have been developed to provide a spatio-temporal assessment of socio-economic conditions and environmental safety factors of the urbanized territories under study. A complex of ecological and geochemical studies of the cities of the Central Chernozem region of Russia was carried out. The complex of socio-economic conditions determining the sustainable development of the territory has been studied.

Keywords: *urbanized territories, anthropogenic pollutants, socio-ecological conditions, socio-hygienic monitoring, environmental safety.*

References

1. Zelencova S. YU., Krupko A. E., Preobrazhenskij YU. G. Problemy i osobennosti obespecheniya ekologicheskoy bezopasnosti Central'no-CHernozemnogo rajona // Social'naya politika i sociologiya. 2010. № 4 (58). S. 74-87. (in Russian)
2. Krupko A. E., SHul'gina L. V. Ekologicheskie aspekty sbalansirovannogo razvitiya Central'no-CHernozemnogo ekonomicheskogo rajona // FES: Finansy. Ekonomika. Strategiya. 2019. №10. S. 31-41. (in Russian)
3. Kurolap S. A. , Eprincev S. A., Mamchik N. P., Klepikov O. V. Ocenka riska dlya zdorov'ya naseleniya, svyazannogo s tekhnogennym zagryazneniem goroda Voronezha // Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya. 2008. № 3. S. 42-49. (in Russian)
4. Eprincev S. A., Klepikov O. V., SHEkoyan S. V., ZHigulina E. V. Formirovanie ochagov ekologicheski obuslovlennoj zabolevaemosti kak kriterij «otklika» na kachestvo okruzhayushchej sredy // Nauka YUga Rossii. 2019. T. 15. № 3. S. 70-80. (in Russian)
5. Kasimov N. S., Bitjukova V. R., Malhazova S. M. i dr. Regiony i goroda Rossii: integral'naya ocenka ekologicheskogo sostoyaniya. M., 2016. 560 s. (in Russian)
6. Keller A. A., Kuvakin V. I. Medicinskaya ekologiya. SPb, 1998. 255 s. (in Russian)
7. Prohorov B. B., Gorshkova I. V., SHmakov D. I, Tarasova E. V. Obshchestvennoe zdorov'e i ekonomika. M., 2007. 292 s. (in Russian)
8. Arhipova O. E., Eprincev S. A. Ocenka dinamiki prirodnogo karkasa urbanizirovannyh territorij Voronezhskoj oblasti po materialam distancionnogo zondirovaniya Zemli // Informaciya i kosmos. 2017. № 3. S. 119-125. (in Russian)
9. Yeprintsev S. A. Shekoyan S. V., Lepeshkina L. A., Voronin A. A., Klevtsova M. A. Technologies for creating geographic information resources for monitoring the socio-ecological conditions of cities // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. X International Scientific and Practical Conference - Innovative Technologies in Engineering. 2019. P. 012012. doi: 10.1088/1757-899X/582/1/012012.
10. Federal'nyj informacionnyj fond SGM. 2019. FBUZ FCGiE Rospotrebnadzora. URL: https://www.fcgie.ru/fif_sgm.html. (in Russian)

Поступила в редакцию 10.07.2022 г.