



УДК 614.78

DOI 10.52575/2712-7443-2022-46-3-398-409

Геоинформационно-аналитическая оценка экологической безопасности городов Центрально-Чернозёмного региона

Епринцев С.А.

Воронежский государственный университет,
Россия, 394018, г. Воронеж, Университетская площадь, 1
E-mail: esa81@mail.ru

Аннотация. Технологии, позволяющие производить оперативный мониторинг факторов окружающей среды и условий проживания населения с оценкой их удельного вклада в интегральные показатели экологической безопасности территории, являются одним из условий принятия оптимальных управленческих решений. Целью исследования является разработка геоинформационно-аналитической модели, позволяющей систематизировать изучение параметров экологической безопасности урбанизированных территорий городов Центрально-Чернозёмного региона России (Воронежа, Липецка, Белгорода). Для достижения поставленной цели создана геоинформационная система «Экологическая безопасность городов Центральной России», содержащая 4 раздела – природные условия, микроклиматические условия, социально-экономические условия, модель «Экологическая безопасность населения». Данные, содержащиеся в первых трёх разделах, получены на основе эколого-геохимических исследований, материалов дистанционного зондирования Земли, а также многолетней статистики. В рамках модели «Экологическая безопасность населения» произведена оценка удельного вклада в интегральный показатель экологической безопасности как прямых факторов – экологических условий исследуемых городов, так и косвенных факторов – социально-экономических и микроклиматических условий. Разработанная геоинформационно-аналитическая модель может выступать в роли справочного материала для принятия управленческих решений по оптимизации качества окружающей среды, рациональному природопользованию, а также разработке региональной экологической политики.

Ключевые слова: геоинформационное картографирование, урбанизированные территории, загрязнение городской среды, антропогенные поллютанты, экологическая безопасность, данные дистанционного зондирования Земли

Благодарности: исследования проведены при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект 20-17-00172.

Для цитирования: Епринцев С.А. 2022. Геоинформационно-аналитическая оценка экологической безопасности городов Центрально-Чернозёмного региона. Региональные геосистемы, 46(3): 398–409. DOI: 10.52575/2712-7443-2022-46-3-398-409

Geoinformation and Analytical Assessment of Environmental Safety of the Cities of the Central Chernozem Region

Sergey A. Yeprintsev

Voronezh State University
1 Universitetskaya Pl, Voronezh 394018, Russia
E-mail: esa81@mail.ru

Abstract. Technologies that allow for operational monitoring of environmental factors and living conditions of the population with an assessment of their specific contribution to the integral indicators of environmental safety of the territory is one of the conditions for making optimal management decisions.

The purpose of the study is to develop a geoinformation and analytical model that allows to systematize the study of environmental safety parameters of urbanized territories of cities in the Central Chernozem region of Russia (Voronezh, Lipetsk, Belgorod). To achieve this goal, the GIS "Ecological safety of cities in Central Russia" was created, containing 4 sections – natural conditions, microclimatic conditions, socio-economic conditions, the model "Ecological safety of the population". The data contained in the first three sections are obtained on the basis of ecological and geochemical studies, materials of remote sensing of the Earth, as well as long-term statistics. Within the framework of the "Environmental safety of the population" model, the specific contribution to the integral indicator of environmental safety of both direct factors – the environmental conditions of the studied cities, and indirect factors – socio-economic and microclimatic conditions was assessed. The developed geoinformation and analytical model can act as a reference material for making management decisions on environmental quality optimization, rational nature management, as well as the development of regional environmental policy.

Keywords: geoinformation mapping, urbanized territories, urban pollution, anthropogenic pollutants, environmental safety, Earth remote sensing data

Acknowledgements: The research was carried out with the financial support of the Russian Science Foundation, project 20-17-00172.

For citation: Yeprintsev S.A. 2022. Geoinformation and Analytical Assessment of Environmental Safety of the Cities of the Central Chernozem Region. Regional Geosystems, 46(3): 398–409 (in Russia). DOI: 10.52575/2712-7443-2022-46-3-398-409

Введение

Современные урбанизированные территории представляют собой сложные многокомпонентные системы, конечной целью которых является обеспечение высокого уровня жизни населения [Крупко, Шульгина, 2019; Сафонов, Глухов, 2021]. Слаженные взаимосвязи различных компонентов городских систем – это основа устойчивого развития территории [Гудзь, Дубровская, 2018]. Начиная со второй половины XX в. в России и других развитых странах мира наблюдается существенный рост экономического благосостояния населения [Епринцев и др., 2019а]. При этом негативной производной данного процесса выступает рост антропогенного загрязнения атмосферы, провоцирующего экологически-обусловленные заболевания у населения, тем самым нарушая целостную систему устойчивого развития урбанизированных территорий [Епринцев и др., 2019б; Куролап и др., 2019].

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 и др. [2014], А.А. Келлером, В.И. Кувакиным [1998], С.А. Куролапом и др. [2019], О.В. Клепиковым и др. [2021], Б.Б. Прохоровым и др. [2007] 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 и др. [2014], Б.А. Ревича и др. [2015], Ю.А. Рахманина и др. [2015], исходит из того, что сочетание в окружающей среде потенциально опасных химических веществ и других вредных экологических факторов создаёт угрозу здоровью человека.

Основным условием качественной оценки экологической безопасности является оперативность в анализе параметров окружающей среды, что достигается быстротой обработки гео-данных, которые в свою очередь должны в полной мере отражать репрезентативность отдельных выборок, что делает их большими по объёму [Механтьев и др., 2021]. Также важным критерием является простота в доступности и систематизация исходных данных для получения на их основе информации, позволяющей принять управленческие решения. Данные условия делают необходимым использование современных геоинформационных технологий и данных

дистанционного зондирования Земли при оценке экологической безопасности урбанизированных территорий [Лебедева и др., 2021; Лисецкий и др., 2021].

Высокую эффективность использования геоинформационных технологий в проведении экологических исследований отметили в своих трудах А.М. Берлянт, И.К. Лурье, В.С. Тикунов, А.В. Кошкарёв и другие ведущие картографы [Архипова, Епринцев, 2017]. Так, геоэкологический атлас Республики Мордовия, созданный под руководством А.А. Ямашкина, стал ярким примером региональной ГИС, позволяющей обобщать и оперативно анализировать экологическую информацию, что способствует оптимизации природопользования на региональном уровне [Ямашкин и др., 2022].

В 2018–2019 гг. коллективом исследователей под руководством профессора С.А. Куролапа создан электронный медико-экологический атлас г. Воронежа, включающий следующие разделы:

- окружающая среда (экологический фон: параметры техногенного воздействия и загрязнения атмосферы, почвы, снежного покрова; состояние родников; радиационный фон; фитотоксические эффекты; состояние биоты);
- здоровье населения (по основным социально значимым классам заболеваний отдельно для взрослого и детского населения по территориям обслуживания поликлиник города);
- экологические риски для здоровья населения (риски, связанные с микроклиматическими условиями, промышленно-транспортным воздействием и техногенным загрязнением городской среды).

Электронный медико-экологический атлас г. Воронежа даёт комплексное представление о факторах экологической безопасности территории городского округа города [Епринцев и др., 2019б].

Целью настоящего исследования является разработка геоинформационно-аналитической модели, позволяющей систематизировать изучение параметров экологической безопасности урбанизированных территорий городов Центрально-Чернозёмного региона России (Воронежа, Липецка, Белгорода).

Объекты и методы исследования

Для эффективного обеспечения экологической безопасности населения урбанизированных территорий и принятия решений в соответствии с адекватной управленческой формулой необходима система оперативного экологического мониторинга, позволяющая своевременно реагировать на изменяющиеся условия. Функционирование данной системы осуществляется на основе геоинформационных технологий. Динамику многих природно-антропогенных факторов городской среды целесообразно анализировать по данным дистанционного зондирования Земли [Архипова, Епринцев, 2017].

Результаты эколого-геохимических исследований, статистические данные, а также данные дистанционного зондирования Земли исследуемых территорий обобщаются в созданную нами ГИС, что позволяет производить комплексную оценку экологической ситуации городов ЦЧР с выявлением факторов, воздействующих на здоровье проживающего на данных территориях населения.

Для анализа пространственных данных, обобщённых в ГИС, используются различные подходы. В отдельных случаях достаточно использование визуального анализа – принятие управленческих решений, на основе созданных ГИС-карт. В ситуациях, требующих более глубокого анализа, принятие однозначно правильных решений на основании ГИС-карты невозможно, поскольку использование одного лишь визуального анализа не позволяет получить полную информацию без дополнительной математико-статистической и геоинформационной обработки данных.

Созданные ГИС-карты исследуемых урбанизированных территорий ЦЧР обеспечивают: точную пространственную привязку, обобщение и систематизацию полученных данных, отбор, анализ репрезентативности и адаптацию всей поступающей информации с её последующим хранением (единое адресное пространство); наглядность и достоверность информации для принятия решений по адекватной управленческой формуле; анализ динамических характеристик исследуемых процессов и явлений; автоматизацию решения природоохранных задач, с учётом особенностей территории; возможность оперативного реагирования в экстренных случаях [Епринцев и др., 2020].

Созданная нами геоинформационно-аналитическая модель состоит из системы баз данных, объединённых в тематические разделы, характеризующие экологическое состояние урбанизированных территорий, социально-экономические показатели и природно-ресурсный потенциал. Функционирование геоинформационно-аналитической модели осуществляется на основе ГИС «Экологическая безопасность городов Центральной России», структура которой показана на рис. 1.

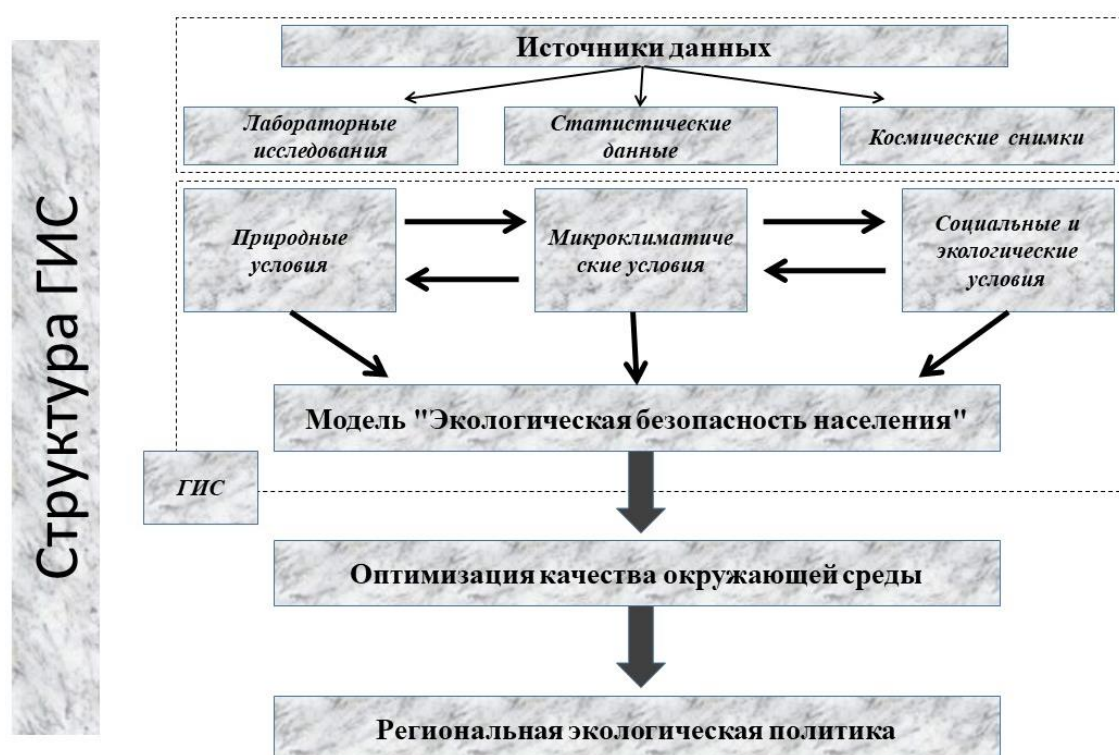


Рис. 1. Структура ГИС «Экологическая безопасность городов Центральной России»

Fig. 1. GIS structure "Ecological safety of cities of Central Russia"

Для получения данных дистанционного зондирования Земли, применяемых при оценке экологической безопасности городской среды исследуемых урбанизированных территорий Центрально-Чернозёмного региона России, использован портал GeoMixer компании ИТЦ СКАНЭКС. Данный портал представляет собой веб-геоинформационную платформу для широкого круга задач, которая позволяет работать с геоданными. Полученные на портале многоканальные космические снимки, сделанные со спутников Landsat-8 и Sentinel-2 за период с 2015 по 2021 гг., обобщены в архиве. Космические снимки архива, содержащие наиболее актуальную информацию по итогам 2021 г., представлены в табл. 1.

Для оценки динамики антропогенной нагрузки городских территорий на примере г. Воронежа, Липецка, Белгорода за двадцатилетний период, созданный архив был дополнен архивными многоканальными космическими снимками, сделанными со спутника Landsat-7 за период с 1999 по 2001 гг. (табл. 2).



Таблица 1
Table 1

Космические снимки 2021 г., используемые для оценки
экологической безопасности городской среды
Satellite images of 2021 used to assess the environmental safety of the urban environment

№	Дата съёмки, время	Спутник	Шифр снимка	Видимые города
1	25.08.2021 г., 8.17	Landsat-8	LC81760242021237LGN00	Воронеж
2	16.08.2021 г., 8.24	Landsat-8	LC81770252021228LGN00	Белгород
3	22.06.2021 г., 8.17	Landsat-8	LC81760242021173LGN00	Воронеж
4	22.06.2021 г., 8.17	Landsat-8	LC81760232021173LGN00	Липецк
5	5.02.2021 г., 8.24	Landsat-8	LC81770252021036LGN00	Белгород
6	29.01.2021 г., 8.17	Landsat-8	LC81760242021029LGN00	Воронеж
7	29.01.2021 г., 8.17	Landsat-8	LC81760232021029LGN00	Липецк
8	20.01.2021 г., 8.24	Landsat-8	LC81770252021020LGN00	Белгород

Таблица 2
Table 2

Архивные космические снимки местности, используемые для анализа динамических
характеристик факторов экологической безопасности городской среды
Archival satellite images of the terrain used to analyze the dynamic characteristics
of environmental safety factors of the urban environment

№	Дата съёмки	Спутник	Шифр снимка	Видимые города
1	10.08.2001 г.	Landsat-7	LE71760242001222KIS00	Воронеж
2	06.09.1999 г.	Landsat-7	LE71760231999249EDC00	Липецк
3	16.08.2001 г.	Landsat-7	LE71770252001197EDC00	Белгород

Обработка и последующее тематическое дешифрирование полученных космических снимков местности производилось в программном пакете Scanex Image Processor, позволяющем осуществлять тематическую классификацию изображений, используя различные алгоритмы. Высокая производительность данного программного пакета даёт широкие возможности для решения задач по тематическому дешифрированию космических снимков.

Для решения отдельных задач, связанных с хранением, анализом и визуализацией данных дистанционного зондирования Земли, был использован программный пакет ArcGIS.

Пространственно-временной анализ степени антропогенного воздействия на различные зоны исследуемых урбанизированных территорий, а также зоны природного каркаса произведён определением индекса NDVI в пределах городов и пригородных территорий.

Значения индекса NDVI представляют собой как стандартизованную непрерывную градиентную, так и дискретную шкалы с разбросом значений в пределах от –1 до 1. Кроме того, данный показатель может быть представлен в масштабированной шкале (от 0 до 255).

По значениям NDVI представляется возможным идентифицировать на космическом снимке как природных, так и антропогенных объектов с последующим анализом степени антропогенной нагрузки на территорию.

Результаты и их обсуждение

Разработанная геоинформационно-аналитическая модель оценки экологической безопасности урбанизированных территорий Центрально-Чернозёмного региона России содержит 4 основных раздела (см. рис. 1).

В разделе «Природный потенциал» обобщены данные, характеризующие селитебные ландшафты урбанизированных территорий ЦЧР, их состав, степень устойчивости. Исследование пространственно-временных характеристик степени антропогенной нагрузки городов Центральной России, а также пригородных зон по материалам дистанционного зондирования Земли позволило дифференцировать изучаемые территории на 4 зоны – сильной антропогенной нагрузкой (многоэтажные строения, промышленная зона), средней антропогенной нагрузкой (малозэтажные строения, сельскохозяйственные угодья), природный каркас (территории, занятые зелёной растительностью), водные объекты.

Полученные данные свидетельствуют о том, что на территории всех изученных городов Центральной России за двадцатилетний период наблюдается рост территорий с сильной антропогенной нагрузкой на 3–9 %. В наибольшей степени такой рост наблюдается на территории городского округа г. Воронежа. Увеличение территорий с сильной антропогенной нагрузкой происходит преимущественно за счёт возрастания нагрузки на те территории, которые в прошлом относились к зонам со слабой антропогенной нагрузкой.

На территории г. Воронежа, Липецка и Белгорода установлена тенденция увеличения площадей зелёных насаждений на 1–5 %, относящихся к зонам природного каркаса. Наиболее устойчивая тенденция увеличения зон природного каркаса (на 5 %) фиксируется на территории г. Белгорода и пригородных территориях. Динамика изменения площадей водных объектов на территории г. Воронежа, Липецка и Белгорода за двадцатилетний период фиксируется приблизительно на одном уровне.

Раздел «Микроклиматические условия» обобщает данные параметров микроклимата прямо или косвенно влияющие на экологическую обстановку территории – роза ветров, среднемесячные температуры, средние скорости ветра, метеорологический потенциал атмосферы и так далее. Размер природного каркаса территории, а также его расположение относительно розы ветров во многом определяет микроклимат населённого пункта, а также влияет на распространение антропогенных поллютантов в атмосферном воздухе. По данным дистанционного зондирования Земли на территории городского округа г. Воронежа наблюдаются наименьшие площади, а также неудачное расположение (с подветренной стороны) территорий природного каркаса. Данный факт обусловлен экономическими причинами. Высокая стоимость земли внутри города стимулирует местных предпринимателей выносить производства в пригородную зону, что с одной стороны уменьшает антропогенные выбросы в городской среде, а с другой стороны сокращает площади лесов, относящихся к зоне природного каркаса. В качестве положительного аспекта следует отметить рост площади природного каркаса за двадцатилетний период, что является следствием реализации ряда природоохранных программ. Наибольшая площадь территории, занятая природным каркасом, наблюдается в пределах городского округа г. Белгорода, что можно объяснить грамотной экологической политикой региональных и муниципальных властей на данной территории. На территории г. Липецка следует отметить рост территории природного каркаса за двадцатилетний период и его удачное расположение.

Раздел «Социально-экологические условия» обобщает собственные эколого-геохимические исследования (рис. 2), статистические данные природоохранных ведомств и учреждений статистики, полученные в рамках межведомственного обмена. Раздел содержит как данные по экологическим условиям, так и социальным факторам, которые могут прямо или косвенно оказывать воздействие на интегральные величины экологической безопасности.

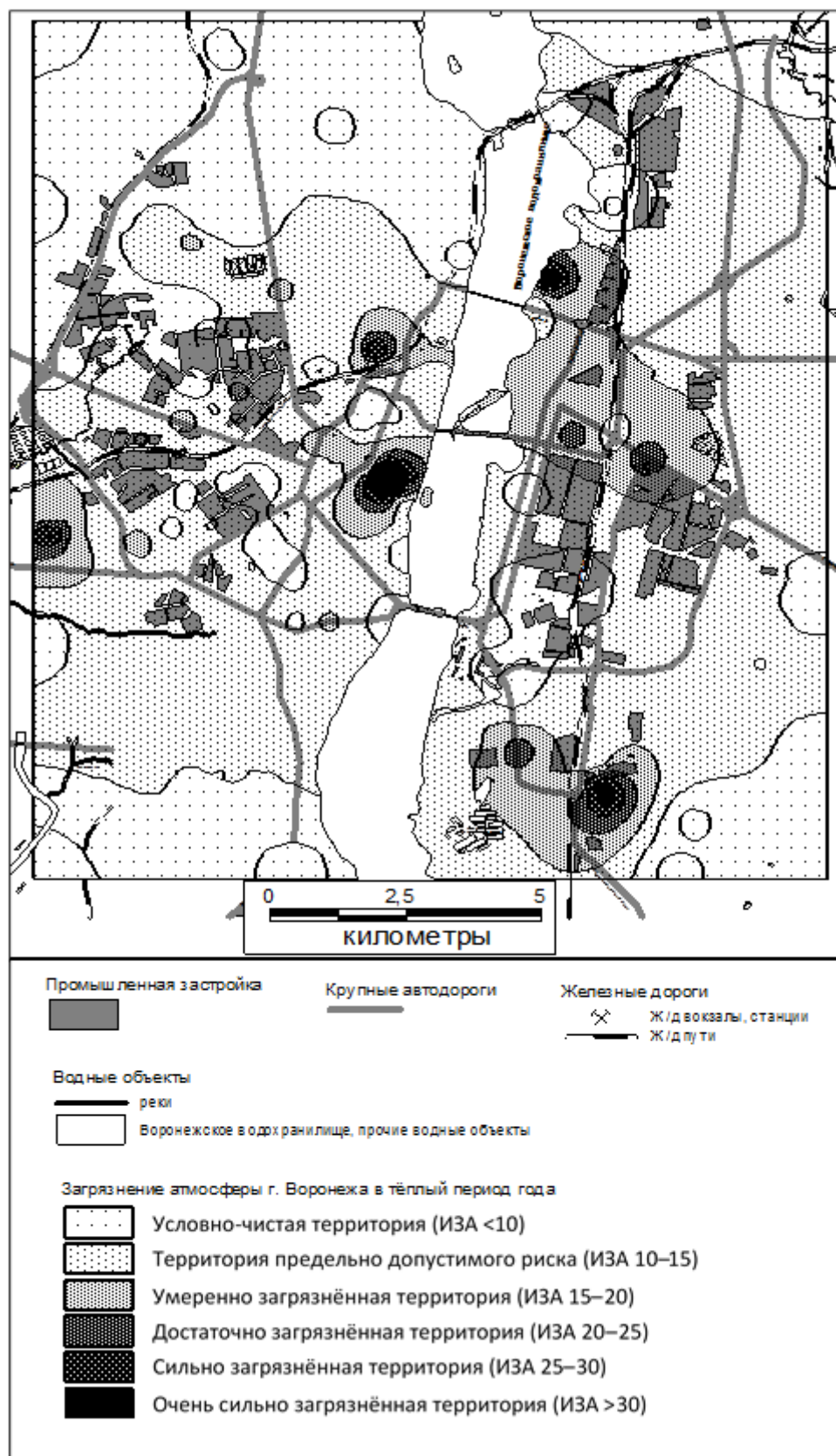


Рис. 2. ГИС-карта индекса загрязнения атмосферы (ИЗА) территории городского округа г. Воронежа в тёплый период года

Fig. 2. GIS map of the Atmospheric pollution index (ISA) of the territory of the Voronezh City District in the warm season

Проведённые эколого-геохимические исследования показали, что по ряду антропогенных поллютантов в городах Центрально-Чернозёмного региона 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 [Седых и др., 2021; Станишевская и др. 2021].

Оценка социально-экономических условий городов ЦЧР позволила установить ряд факторов, косвенно влияющих на уровень экологической безопасности. Так, доход населения в том или ином регионе определяет общее качество жизни, а также оказывает влияние на уровень адаптации людей 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, доходы которых ниже прожиточного минимума.

Оценивая уровень бедности населения в Российских городах по статистическим данным, можно проследить существенную дифференциацию данного показателя в пределах Российской Федерации (от 7 до 33 % в различных городах РФ). На территории исследуемых городов Центральной России он колеблется от 7,9 % в Белгороде до 8,9 % в Воронеже, что показывает относительное экономическое благополучие данных городов.

К другим 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 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 г. Воронеже до 31,1 м² на человека в г. Липецке.

Анализ наличия централизованного водоснабжения в регионах России показал существенную дифференциацию городов по данному показателю – от 0,4 до 67 %. На территории исследуемых городов наиболее низкий показатель обеспеченности населения централизованным водоснабжением фиксируется на территории городского округа г. Воронежа – 30,1 % жилых помещений не имеют централизованного водоснабжения. Наилучшие показатели фиксируются в г. Липецке – 11,6 % жилых помещений не имеют централизованного водоснабжения. Количество жилых помещений, в которых отсутствует централизованная канализация сильно различается в разных регионах Российской Федерации – от 0,5 до 62 %. На территории исследуемых нами городов наибольшее количество жилых помещений без централизованной канализации зарегистрировано на территории городского округа г. Воронежа – 22,9 %. Наименьшее – в г. Липецке – 14,7 %. На эти данные следует обратить особое внимание, так как они являются важной частью интегральных значений санитарно-гигиенической и экологической безопасности.

Раздел «Модель экологической безопасности населения» даёт возможность проведения математико-статистического анализа с последующей разработкой интегральных показателей экологической безопасности населения городов ЦЧР – Воронежа, Липецка, Белгорода.

Заключение

Разработанная геоинформационно-аналитическая модель оценки экологической безопасности урбанизированных территорий Центрально-Чернозёмного региона России – Воронежа, Липецка, Белгорода, состоящая из четырёх разделов, позволила обобщить экологические, социально-экономические и микроклиматические данные исследуемых городов с возможностью последующего анализа и получения новой информации при использовании различных методов.

Раздел «Природный потенциал» содержит данные, полученные по материалам дистанционного зондирования Земли. Данный раздел позволил дифференцировать территорию исследуемых городов, а также пригородных зон по степени антропогенной нагрузки.

Раздел «Микроклиматические условия» объединяет статистические данные и материалы дистанционного зондирования Земли. Анализ данных этого раздела позволяет оценить комфортность природных условий, влияние факторов микроклимата на интегральные показатели экологической безопасности.

Раздел «Социально-экологические условия» обобщает проведённые эколого-геохимические исследования и статистические данные природоохранных ведомств. Анализ данных этого раздела позволяет установить зоны экологического риска исследуемых урбанизированных территорий, произвести оценку как прямых факторов, определяющих экологическую безопасность – экологические условия, так и косвенных факторов – социально-экономические условия.

Анализ данных в среде ГИС «Экологическая безопасность городов Центральной России» позволил создать авторские электронные карты, отражающие уровни экологической безопасности городов Центрально-Чернозёмного региона России. На основе созданных карт (а также создаваемых в будущем) представляется возможным разработка комплекса эколого-проектировочных мероприятий, повышающих интегральный показатель экологической безопасности населения исследуемых урбанизированных территорий.

Список литературы

- Архипова О.Е., Епринцев С.А. 2017. Оценка динамики природного каркаса урбанизированных территорий Воронежской области по материалам дистанционного зондирования Земли. *Информация и космос*, 3: 119–125.
- Гудзь Т.В., Дубровская Н.В. 2018. Эволюция содержания принципа устойчивого развития в градостроительной деятельности. *Современные технологии в строительстве. Теория и практика*, 1: 444–450.
- Епринцев С.А., Клепиков О.В., Шекоян С.В. 2020. Дистанционное зондирование Земли как способ оценки качества окружающей среды урбанизированных территорий. *Здоровье населения и среда обитания – ЗниСО*, 4(325): 5–12. DOI: 10.35627/2219-5238/2020-325-4-5-12.
- Епринцев С.А., Клепиков О.В., Шекоян С.В., Жигулина Е.В. 2019а. Исследование социально-экологических условий, определяющих устойчивое развитие регионов России. *Экология. Экономика. Информатика. Серия: Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем*, 1(4): 212–216. DOI: 10.23885/2500-395X-2019-1-4-212-216.
- Епринцев С.А., Клепиков О.В., Шекоян С.В., Жигулина Е.В. 2019б. Формирование очагов экологически обусловленной заболеваемости как критерий «отклика» на качество окружающей среды. *Наука Юга России*, 15(3): 70–80. DOI: 10.7868/S25000640190308.
- Касимов Н.С., Битюкова В.Р., Малхазова С.М., Кошелева Н.Е., Никифорова Е.М., Шартова Н.В., Власов Д.В., Тимонин С.А., Крайнов В.Н. 2014. Регионы и города России: интегральная оценка экологического состояния. М., ИП Филимонов М.В., 560 с.
- Келлер А.А., Кувакин В.И. 1998. *Медицинская экология*. СПб., Петроградский и К, 255 с.
- Клепиков О.В., Куролап С.А., Седых В.А. 2021. Мониторинг загрязнения атмосферного воздуха и оценка канцерогенных рисков для здоровья населения города Липецка. *Региональные геосистемы*, 45(2): 236–245. DOI: 10.52575/2712-7443-2021-45-2-236-245.

- Крупко А.Э., Шульгина Л.В. 2019. Экологические аспекты сбалансированного развития Центрально-Чернозёмного экономического района. ФЭС: Финансы. Экономика, Стратегия, 16(11): 31–40.
- Куролап С.А., Яковенко Н.В., Федотов В.И., Михно В.Б., Костылева Л.Н. 2019. Геоэкологическая диагностика субъектов Центрального Черноземья. Юг России: экология, развитие, 14(1): 67–80. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-1-67-80.
- Лебедева М.Г., Корнилов А.Г., Петина М.А., Вендина Т.Н. 2021. «Географический атлас Белгородской области: природа, общество, хозяйство» как информационная основа реализации политики устойчивого развития региона. ИнтерКарто. ИнтерГИС, 27(2): 75–88. DOI: 10.35595/2414-9179-2021-2-27-75-88.
- Лисецкий Ф.Н., Ильяшенко С.В., Буряк Ж.А. 2021. Разработка информационно-поисковой системы для анализа динамики формирования сети населённых пунктов. ИнтерКарто. ИнтерГИС, 27(4): 202–217. DOI: 10.35595/2414-9179-2021-4-27-202-217.
- Механтьев И.И., Клепиков О.В., Куролап С.А., Масайлова Л.А. 2021. Оценка связи заболеваемости населения Воронежской области с водным фактором. Вестник новых медицинских технологий, 15(3): 40–46. DOI: 10.24412/2075-4094-2021-3-2-1.
- Онищенко Г.Г., Зайцева Н.В., Май И.В. 2014. Анализ риска здоровью в стратегии государственного социально-экономического развития. Пермь, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 738 с.
- Прохоров Б.Б., Горшкова И.В., Шмаков Д.И., Тарасова Е.В. 2007. Общественное здоровье и экономика. М., ООО «МАКС Пресс», 292 с.
- Рахманин Ю.А., Новиков С.М., Авалиани С.Л., Сеницына О.О., Шашина Т.А. 2015. Современные проблемы оценки риска воздействия факторов окружающей среды на здоровье населения и пути ее совершенствования. Анализ риска здоровью, 2: 4–11.
- Ревич Б.А., Шапошников Д.А., Авалиани С.Л., Рубинштейн К.Г., Емелина С.В., Ширяев М.В., Семутникова Е.Г., Захарова П.В., Кислова О.Ю. 2015. Оценка опасности для здоровья населения Москвы высокой температуры и загрязнения атмосферного воздуха. Гигиена и санитария, 94(1): 36–40.
- Сафонов А.И., Глухов А.З. 2021. Фитомониторинг в техногенно трансформированной среде: методология и практика. Экосистемы, 28: 16–28.
- Седых В.А., Куролап С.А., Кондауров Р.А. 2021. Геоэкологическая оценка аэротехногенного загрязнения воздушной среды города Липецка. Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки, 15(1): 96–103. DOI: 10.31161/1995-0675-2021-15-1-96-103.
- Станишевская Е.В., Кузмичев М.К., Клепиков О.В., Куролап С.А., Хорпякова Т.В. 2021. Канцерогены в приземном слое атмосферного воздуха на территории промышленно-развитого города Воронежа и риск здоровью населения. Тенденции развития науки и образования, 74–3: 73–78. DOI: 10.18411/lj-06-2021-100.
- Ямашкин А.А., Зарубин О.А., Ямашкин С.А. 2022. Цифровые технологии анализа геопространственных данных для целей устойчивого развития региона: опыт Мордовского университета. Московский экономический журнал, 7(5): 335–352. DOI: 10.55186/2413046X_2022_7_5_271.

References

- Arkhipova O., Yeprintsev S. 2017. Assessment of Natural Framework Dynamics of the Urbanized Territories of the Voronezh Region According to the Materials of Sounding. Information and space, 3: 119–125 (in Russian).
- Gudz T.V., Dubrovskaya N.V. 2018. Evolution of the content of the principle of sustainable development in urban development. Modern technologies in construction. Theory and practice, 1: 444–450 (in Russian).
- Yeprintsev S.A., Klepikov O.V., Shekoyan S.V. 2020. Remote Sensing of the Earth as a Method of Assessing Environmental Quality of Urban Areas. Public Health and Life Environment – PH&LE, 4(325): 5–12 (in Russian). DOI: 10.35627/2219-5238/2020-325-4-5-12.
- Yeprintsev S.A., Klepikov O.V., Shekoyan S.V., Zhigulina E.V. 2019a. Study of Social and Ecological Conditions to Determine the Sustainable Development of Russian Regions. Ecology. Economy.



- Informatics. Series: System Analysis and Mathematical Modeling of Economic and Ecological Systems, 1(4): 212–216 (in Russian). DOI: 10.23885/2500-395X-2019-1-4-212-216.
- Yeprintsev S.A., Klepikov O.V., Shekoyan S.V., Zhigulina E.V. 2019b. Formation of Environmental Focal Diseases as a Response Criteria for the Quality of the Environment. *Science of the South of Russia*, 15(3): 70–80 (in Russian). DOI: 10.7868/S25000640190308.
- Kasimov N.S., Bitukova V.R., Malkhazova S.M., Kosheleva N.E., Nikiforova E.M., Shartova N.V., Vlasov D.V., Timonin S.A., Krainov V.N. 2014. *Regions and Cities of Russia: the Integrated Assessment of the Environment*. Moscow, Publ. IP Filimonov M.V., 560 p. (in Russian).
- Keller A.A., Kuvakin V.I. 1998. *Meditinskaya ekologiya [Medical Ecology]*. St. Petersburg, Publ. Petrogradskiy i K, 255 p.
- Klepikov O.V., Kurolap S.A., Sedykh V.A. Monitoring and Assessment of Carcinogenic Risks for the Health of the Population of the City of Lipetsk, Caused by Air Pollution. *Regional Geosystems*, 45(2): 236–245 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2021-45-2-236-245.
- Krupko A.E., Shulgina L.V. 2019. Main Problems and Directions of Sustainable Development of the Central Black Sea Economic District. *FES: Finance. Economy. Strategy*, 10: 31–41 (in Russian).
- Kurolap S.A., Yakovenko N.V., Fedotov V.I., Mikhno V.B., Kostyleva L.N. 2019. Geoecological Diagnostics of the Regions in the Centralblack Soil Region. *South of Russia: ecology, Development*, 14(1): 67–80 (in Russian). DOI: 10.18470/1992-1098-2019-1-67-80.
- Lebedeva M.G., Kornilov A.G., Petina M.A., Vendina T.N. 2021. "Geographical Atlas of the Belgorod Region: Nature, Society, Economy" as an Information Basis for the Implementation of the Sustainable Development Policy of the Region. *InterCarto. InterGIS*, 27(2): 75–88 (in Russian). DOI: 10.35595/2414-9179-2021-2-27-75-88.
- Lisetskii F.N., Ilyashenko S.V., Buryak J.A. 2021. Development of an Information Retrieval System for Analyzing the Dynamics of the Formation of a Network of Settlements. *InterCarto. InterGIS*, 27(4): 202–217 (in Russian). DOI: 10.35595/2414-9179-2021-4-27-202-217.
- Mekhantsev I.I., Klepikov O.V., Kurolap S.A., Masailova L.A. 2021. Health Risk of the Population in Voronezh Region Related to Water Factor. *Journal of New Medical Technologies*, 15(3): 40–46 (in Russian). DOI: 10.24412/2075-4094-2021-3-2-1.
- Onishchenko G.G., Zaitseva N.V., May I.V. 2014. *Analiz riska zdorovyu v strategii gosudarstvennogo sotsialno-ekonomicheskogo razvitiya [Health Risk Analysis in the Strategy of State Socio-Economic Development]*. Perm, Publ. Permskiy natsionalnyy issledovatel'skiy politekhnicheskii universitet, 738 p.
- Prokhorov B.B., Gorshkova I.V., Shmakov D.I., Tarasova E.V. 2007. *Obshchestvennoye zdorovye i ekonomika [Public Health and Economics]*. Moscow, Publ. OOO "MAKS Press", 292 p.
- Rakhmanin Y.A., Novikov S.M., Avaliani S.L., Sinitsyna O.O., Shashina T.A. 2015. Actual Problems of Environmental Factors Risk Assessment on Human Health and Ways to Improve It. *Health Risk Analysis*, 2: 4–9 (in Russian).
- Revich B.A., Shaposhnikov D.A., Avaliani S.L., Rubinshteyn K.G., Emelina S.V., Shiryaev M.V., Semutnikova E.G., Zakharova P.V., Kislova O.Yu. 2015. Hazard Assessment of the Impact of High Temperature and Air Pollution on Public Health in Moscow. *Hygiene and sanitation*, 94(1): 36–40 (in Russian).
- Safonov A.I., Glukhov A.Z. 2021. Phytomonitoring in a Technogenically Transformed Environment: Methodology and Practice. *Ecosystems*, 28: 16–28 (in Russian).
- Sedykh V.A., Kurolap S.A., Kondaurov R.A. 2021. Geoecological Assessment of Technogenic Air Pollution of Atmospheric Environment in Lipetsk. *News of Dagestan State Pedagogical University. Natural and Exact Sciences*, 15(1): 96–103 (in Russian). DOI: 10.31161/1995-0675-2021-15-1-96-103.
- Stanishevskaya E.V., Kuzmichev M.K., Klepikov O.V., Kurolap S.A., Horpyakova T.V. 2021. Kantserogeny v prizemnom sloye atmosfernogo vozdukha na territorii promyshlenno-razvitogo goroda Voronezha i risk zdorovyu naseleniya [Carcinogens in the Surface Layer of Atmospheric Air on the Territory of the Industrially Developed City of Voronezh and the Risk to Public Health]. *Trends in the development of science and education*, 74–3: 73–78. DOI: 10.18411/lj-06-2021-100.
- Yamashkin A.A., Zarubin O.A., Yamashkin S.A. 2022. Digital Technologies for Analysis of Geospatial Data for the Purposes of Sustainable Development of the Region: Experience of Mordovia University. *Moscow Economic Journal*, 7(5): 335–352 (in Russian). DOI: 10.55186/2413046X_2022_7_5_271.

*Поступила в редакцию 15.07.2022;
поступила после рецензирования 05.08.2022;
принята к публикации 20.08.2022*

*Received July 15, 2022;
Revised August 05, 2022;
Accepted August 20, 2022*

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.
Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Епринцев Сергей Александрович, кандидат географических наук, доцент, доцент кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды Воронежского государственного университета, г. Воронеж, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Sergey A. Yeprintsev, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Geoecology and Environmental Monitoring, Voronezh State University, Voronezh, Russia