

ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

С.А. Епринцев, С.В. Шекоян

Воронежский государственный университет, г. Воронеж
esa81@mail.ru, shekoyan.syuzanna@mail.ru

Аннотация. Оценка интегрального показателя экологической безопасности требует работу с большими массивами качественных и количественных данных. Кроме того, важным критерием, определяющих эффективность исследований является оперативность обработки и анализа геоданных. В противном случае, достижение обоснованности в действиях и принимаемых решениях является маловероятным. Кроме того, необходимо обеспечить удобный доступ и систематизацию полученных данных.

Цель проведенных исследований – разработка геоинформационной модели, обобщающая как прямые (данные о загрязнении окружающей среды), так и косвенные факторы (социально-экономические и микроклиматические условия), определяющие интегральный показатель на примере городов Курска, Тамбова, Старого Оскола, Павловска, Нововоронежа.

Для проведения заявленных исследований были использованы данные дистанционного зондирования Земли, лабораторные исследования, а также статистическая информация природоохранных ведомств Воронежской, Липецкой и Белгородской областей. Источником анализируемых космических снимков территории является портал GeoMixer компании ООО ИТЦ «Сканэкс». По данным портала создан архив многоканальных космических снимков Landsat-8 и Sentinel-2 за период с 2015 по 2022 г. Для оценки динамики антропогенной нагрузки городских территорий на примере городов Курска, Тамбова, Старого Оскола, Павловска, Нововоронежа за двадцатилетний период созданный архив был дополнен архивными многоканальными космическими снимками, сделанными со спутника Landsat-7 за период с 1999 по 2001 г. Архивные космические снимки были получены на портале USGS – геологической службы США.

Разработанные нами геоинформационные ресурсы представляют собой расширение технологии баз данных для координатно-привязанной информации. Разработанная геоинформационная модель содержит 4 основных раздела: природный потенциал; микроклиматические условия; социально-экологические условия; экологическая безопасность населения.

Ключевые слова: геоинформационное моделирование, дистанционное зондирование Земли, космические снимки, урбанизированные территории, Центрально-Черноземный регион.

Вопросы экологической безопасности урбанизированных территории являются актуальными в условиях ежегодного роста антропогенных загрязнений, увеличения численности населения и доли городского населения [1; 2]. Интегральный показатель экологической безопасности требует работы с большими массивами качественных и количественных данных [1; 3]. Важным критерием, определяющим эффективность исследований, является оперативность обработки и анализа геоданных. В противном случае достижение обоснованности в действиях и принимаемых решениях является маловероятным. Кроме того, необходимо обеспечить удобный доступ к полученным данным и их систематизацию [1; 4; 5].

В ходе проведенных исследований разработана геоинформационная модель, обобщающая как прямые (данные о загрязнении окружающей среды), так и косвенные факторы (социально-экономические и микроклиматические условия), определяющие интегральный показатель на примере городов Курска, Тамбова, Старого Оскола, Павловска, Нововоронежа.

Многие исследователи и специалисты в сфере экологии, природопользования, урбанистики, медицинской географии продемонстрировали успешное использование геоинформационных систем и инструментов для анализа и визуализации пространственных данных [6]. Это позволяет им лучше понимать географические и геоэкологические процессы,

а также принимать более обоснованные решения на основе доступных данных. Также геоинформационные ресурсы используются для создания карт и моделей, которые помогают исследователям и специалистам лучше представить и объяснить свои результаты. Благодаря использованию геоинформационных ресурсов и инструментов, исследования в области географии и геоэкологии становятся более точными и эффективными [7; 8].

В Российской Федерации были проведены обширные геоинформационные исследования, осуществленные ведущими картографами. Научные сотрудники Института географии РАН достигли значительных результатов в области атласного картографирования с использованием ГИС-технологий. Эта школа имеет богатый опыт исследования различных проблем и явлений в разных областях науки. А.М. Трофимов является ведущим специалистом в области исследований и активно участвует в проведении научных проектов. Казанская школа исследователей признана на международном уровне [9]. Геоинформационные системы имеют большой потенциал для развития и могут эффективно управлять региональными ресурсами, оптимизировать процессы и повышать качество жизни населения [10].

В 2019 г. сотрудниками Воронежского государственного университета и Центра гигиены и эпидемиологии по Воронежской области под руководством профессора С.А. Куролапа был создан электронный медико-экологический атлас города Воронежа, в котором обобщены данные о загрязнении городских экосистем, биологическом разнообразии, здоровье населения, социально-экономическом развитии исследуемой территории и других факторах, определяющих экологическую безопасность [10].

Для эффективного управления процессом развития территории на стадии принятия решений муниципальными администрациями необходимо установить эффективную структуру обмена геоданными, в том числе определяющими интегральный показатель экологической безопасности.

Для эффективного отслеживания изменений природно-антропогенных факторов урбанизированных территорий, на примере городов Курска, Тамбова, Старого Оскола, Павловска, Нововоронежа наиболее подходящими являются данные, полученные с помощью дистанционного зондирования Земли [7; 11].

Для проведения заявленных исследований были использованы данные портала GeoMixer компании ООО ИТЦ «Сканэкс». Данный портал представляет собой веб-геоинформационную платформу для широкого круга задач, которая позволяет работать с геоданными. По данным портала создан архив многоканальных космических снимков Landsat-8 и Sentinel-2 за период с 2015 по 2022 г. Для оценки динамики антропогенной нагрузки городских территорий на примере городов Курска, Тамбова, Старого Оскола, Павловска, Нововоронежа за двадцатилетний период созданный архив был дополнен архивными многоканальными космическими снимками, сделанными со спутника Landsat-7 за период с 1999 по 2001 г.

Архивные космические снимки были получены на портале USGS – геологической службы США, занимающейся, помимо основных задач, предоставлением научных данных о стихийных бедствиях, которые угрожают жизни и средствам к существованию, воде, минералам и другим природным ресурсам, а также разработкой новых методов исследований, позволяющих получать своевременную, актуальную и полезную информацию о Земле и ее процессах.

Обработка и последующее тематическое дешифрирование полученных космических снимков местности производилось в программном пакете “Scanex Image Processor”, позволяющем осуществлять тематическую классификацию изображений, используя различные алгоритмы. Данный программный пакет обладает высокой производительностью, что позволяет решать пространственные задачи тематического дешифрирования космических снимков. Кроме того, ряд задач, связанных с хранением, анализом и визуализацией данных дистанционного зондирования Земли были решены с использованием программного пакета ArcGIS [11].

Собранные в архиве мультиспектральные снимки позволяют использовать различные варианты цветового синтеза для автоматизированного тематического дешифрирования урбанизированной территории городов Курска, Тамбова, Старого Оскола, Павловска, Нововоронежа [7; 11].

Географические информационные системы предлагают множество различных подходов к анализу пространственных данных. Иногда достаточно просто визуально изучить созданную карту, чтобы получить все необходимое для

принятия решения. Однако иногда возникают ситуации, когда решение сложно принять только на основе карты. Простая визуализация данных не всегда позволяет найти правильное решение. При создании карты специалисты отбирают объекты, символы для их обозначения, схему классификации, надписи и т.д. Все эти элементы карты помогают понять ее содержание и определить границы анализируемой проблемы, однако они также могут изменить характеристики информации и повлиять на ее восприятие и интерпретацию [12].

Для достижения высокой уникальности создаваемых цифровых карт исследуемых урбанизированных территорий должны быть выполнены следующие требования: точная привязка, систематизация, отбор и интеграция всей поступающей и хранимой информации в единое адресное пространство; предоставление комплексной и наглядной информации для принятия решений; возможность динамического моделирования процессов и явлений; автоматизированное решение задач, связанных с анализом особенностей территории; оперативный анализ ситуации в экстренных случаях [9].

Разработанные нами геоинформационные ресурсы представляют собой расширение технологии баз данных для координатно-привязанной информации. Благодаря им возможно организовывать запросы к базе данных и создавать «графические» отчеты, а также анализировать пространственные взаимоотношения между объектами. Это позволяет отображать только те объекты или их группы, которые нужны пользователю в данный момент. Таким образом, мы переходим от сложных комплексных карт к серии связанных частных карт. Это обеспечивает более структурированную информацию, которую можно эффективно использовать для анализа данных и манипулирования ими [9].

Данные, обобщенные в разработанной нами геоинформационной модели, включают результаты зондирования Земли из космоса, лабораторные исследования городских экосистем, а также официальные статистические данные природоохранных ведомств Воронежской, Белгородской и Курской областей.

Разработанная геоинформационная модель содержит 4 основных раздела.

1. Раздел «Природный потенциал». Этот раздел предназначен для обобщения и суммирова-

ния информации о разнообразии ландшафта, что способствует его устойчивости. Основное воздействие на качество окружающей среды оказывают зоны озеленения как внутри, так и вне природного каркаса.

Территории, относящиеся к зонам природного каркаса, должны составлять не менее 20 % от общей площади города. Это требование обусловлено не только эстетическими соображениями, но и важностью обеспечения экологической устойчивости и благополучия городской среды. Озелененные зоны играют важную роль в очищении воздуха от загрязнений, создании комфортной атмосферы для проживания и отдыха горожан, а также в сохранении биологического разнообразия.

Таким образом, создание и поддержание зеленых зон в городах является неотъемлемой частью градостроительной практики и способствует улучшению качества жизни горожан. Главный принцип организации зеленых зон заключается в сохранении природных зеленых насаждений и использовании устойчивых к газам и пыли древесных пород [13].

2. Раздел «Микроклиматические условия». В данном разделе осуществляется сбор и анализ информации о микроклиматических условиях исследуемых урбанизированных территорий Курска, Тамбова, Старого Оскола, Павловска, Нововоронежа. В данном разделе содержатся данные о розе ветров, среднемесячных температурах, средних скоростях ветра и метеорологическом потенциале атмосферы, а также учет таких факторов, как географическое расположение, рельеф местности, наличие водоемов, плотность застройки и наличие зеленых насаждений. Данная информация необходима для разработки мер по улучшению микроклимата и созданию комфортной среды для жителей.

3. Раздел «Социально-экологические условия». Обобщены данные о факторах, воздействующих на экологическую обстановку в городах, включая как экологические условия, так и социальные факторы, которые могут непосредственно или косвенно влиять на них.

Одними из основных источников антропогенных загрязнителей являются выбросы промышленных предприятий, автотранспорта и энергетических установок. В результате повышенного содержания вредных веществ в атмосфере проис-

ходят изменение состава воздуха, ухудшение качества воздушного бассейна и другие негативные последствия. Для решения проблемы загрязнения атмосферы необходимо принять меры по снижению выбросов загрязняющих веществ, внедрению эффективных технологий очистки для исследуемых городов.

К средствам социального влияния на окружающую среду в городских районах можно отнести такие факторы, как плотность автодорог, количество автомобилей у населения, условия проживания, уровень доходов и так далее.

4. Раздел «Экологическая безопасность населения». Представляет собой всесторонний показатель, который отражает уровень экологического комфорта для жителей исследуемых городов. В этот показатель включены все факторы, учитываемые в предыдущих трех блоках.

Таким образом, разработанная геоинформационная модель открывает новые возможно-

сти для автоматизации процессов, повышения эффективности работы и улучшения качества принимаемых решений. Использование созданных нами геоинформационных ресурсов способствует более эффективному планированию географических и геоэкологических исследований.

Анализ данных, проведенных в ГИС, позволил создать уникальные карты, которые отражают текущую социально-экологическую ситуацию на территории городов Курска, Тамбова, Старого Оскола, Павловска, Нововоронежа. На картах указаны опасные для окружающей среды техногенные объекты, а также области, где происходит деградация и нарушение ландшафтов.

На основе авторских карт разработан комплекс эколого-проектировочных мероприятий, позволяющий увеличить интегральный показатель экологической безопасности населения на конкретной урбанизированной территории.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 20-17-00172, <https://rscf.ru/project/20-17-00172/>.

Список литературы

1. Епринцев С.А., Клепиков О.В., Шекоян С.В., Жигулина Е.В. Исследование социально-экологических условий, определяющих устойчивое развитие регионов России // Экология. Экономика. Информатика. Серия: Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем. 2019. Т. 1. № 4. С. 212–216.
2. Сафонов А.И., Глухов А.З. Фитомониторинг в техногенно трансформированной среде: методология и практика // Экосистемы. 2021. № 28. С. 16–28.
3. Епринцев С.А., Куролап С.А., Клепиков О.В., Шекоян С.В. Оценка воздействия техногенного загрязнения воздушной среды на медико-демографические процессы крупных урбанизированных регионов // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2020. Т. 6. № 3. С. 43–50.
4. Сафонов А.И. Эмпирика фитоквантификации антропогенно трансформированной среды // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2021. № 3–4. С. 42–47.
5. Сафонов А.И., Глухов А.З. Эмпирические критерии фитомониторинга техногенной нагрузки в Донбассе // Экобиотех. 2021. Т. 4. № 3. С. 195–202.
6. Епринцев С.А., Куролап С.А., Мамчик Н.П., Клепиков О.В. Экологическое зонирование города Воронежа с применением геоинформационных технологий // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2008. № 1. С. 68–76.
7. 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.
8. Сафонова И.В., Епринцев С.А., Каверина Н.В. Оценка антропогенного загрязнения почвенного покрова урбанизированных территорий городского округа г. Воронеж // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2014. № 3. С. 99–104.
9. Епринцев С.А., Шекоян С.В. Геоинформационное картографирование урбанизированных территорий как механизм социально-экологического мониторинга // Экология. Экономика. Информатика. Серия: Геоинформационные технологии и космический мониторинг. 2019. Вып. 4. С. 25–28.
10. Куролап С.А., Клепиков О.В., Епринцев С.А. и др. Медико-экологический атлас города Воронежа / Русское географическое общество, Воронежский государственный университет, Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области. Воронеж, 2019. URL: <http://www.geogr.vsu.ru/atlas.htm> (дата обращения: 08.06.2023).
11. Епринцев С.А., Клепиков О.В., Шекоян С.В. Дистанционное зондирование Земли как способ оценки качества окружающей среды урбанизированных территорий // Здоровье населения и среда обитания. 2020. Т. 4. № 325. С. 5–12.
12. Епринцев С.А., Куролап С.А., Дубровин О.И., Дубровина И.В., Минников И.В. Экологическая безопасность населения урбанизированных территорий (на примере населенных пунктов Воронежской области) // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2013. Т. 18. № 5-3. С. 2902–2904.
13. Куролап С.А., Клепиков О.В., Епринцев С.А. Экологическая экспертиза и оценка риска здоровью (учебно-методическое пособие для вузов). Воронеж, 2012. 108 с.

GEOINFORMATION MODELING OF FACTORS DETERMINING THE ECOLOGICAL SAFETY OF URBANIZED TERRITORIES

S.A. Yeprintsev, S.V. Shekoyan

Voronezh State University
esa81@mail.ru, shekoyan.syuzanna@mail.ru

Abstract. An integral indicator of environmental safety requires working with large arrays of qualitative and quantitative data. In addition, an important criterion determining the effectiveness of research is the efficiency of processing and analysis of geodata. Otherwise, the achievement of validity in actions and decisions is unlikely. In addition, it is necessary to provide convenient access and systematization of the data obtained.

The purpose of the research is to develop a geoinformation model that summarizes both direct (data on environmental pollution) and indirect factors (socio-economic and microclimatic conditions) that determine the integral indicator on the example of the cities of Kursk, Tambov, Stary Oskol, Pavlovsk, Novovoronezh.

To carry out the claimed studies, data from Remote sensing of the Earth, laboratory studies, as well as statistical information from environmental protection agencies of the Voronezh, Lipetsk and Belgorod regions were used. The source of the analyzed satellite images of the territory is the GeoMixer portal of ITC SCANEX. According to the portal, an archive of multichannel satellite images of Landsat-8 and Sentinel-2 for the period from 2015 to 2022 has been created. To assess the dynamics of the anthropogenic load of urban areas on the example of the cities of Kursk, Tambov, Stary Oskol, Pavlovsk, Novovoronezh over a twenty-year period, the created archive was supplemented with archival multichannel satellite images taken from the Landsat-7 satellite for the period from 1999 to 2001. Archival satellite images were obtained on the USGS portal – the US Geological Survey.

The geoinformation resources developed by us represent an extension of the database technology for coordinate-linked information. The developed geoinformation model contains 4 main sections – natural potential; microclimatic conditions; socio-ecological conditions; environmental safety of the population.

Keywords: geoinformation modeling, remote sensing of the Earth, satellite images, urbanized territories, Central Chernozem region.

References

1. Yeprintsev S.A., Klepilov O.V., Shekoyan S.V., Zhigulina E.V. Study of social and ecological conditions to determine the sustainable development of Russian regions. *Ekologiya. Ekonomika. Informatika. Seriya: Sistemnyy analiz i modelirovaniye ekonomicheskikh i ekologicheskikh system*. [Ecology. Economy. Computer science. Series: System analysis and modeling of economic and ecological systems]. 2019. Vol. 1. No. 4. P. 212–216. (In Russian).
2. Safonov A.I., Gluhov A.Z. Phytomonitoring in a technogenically transformed environment: methodology and practice. *Ekosistemy*. [Ecosystems]. 2021. No. 28. P. 16–28. (In Russian)
3. Yeprintsev S.A., Kurolap S.A., Klepilov O.V., Shekoyan S.V. Assessment of the impact of man-made air pollution on the medical and demographic processes of large urbanized regions. *Geopolitika i ekogeodinamika regionov*. [Geopolitics and ecogeodynamics of regions]. 2020. Vol. 6. No. 3. P. 43–50. (In Russian).
4. Safonov A.I. Empirics of phyto quantification of anthropogenically transformed environment. *Problemy ekologii i okhrany prirody tekhnogenogo regiona*. [Problems of ecology and nature protection of the technogenic region.]. 2021. No. 3–4. P. 42–47. (In Russian).
5. Safonov A.I., Gluhov A.Z. Empirical criteria of phytomonitoring of technogenic load in Donbass. *Ekobiotekh*. [Ecobiotechnology]. 2021. Vol. 4. No. 3. P. 195–202. (In Russian).
6. Yeprintsev S.A., Kurolap S.A., Mamchik N.P., Klepilov O.V. Ecological zoning of the Voronezh city on the basis of using geoinformation technologies. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geografiya. Geoekologiya*. [Bulletin of the Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology]. 2008. No. 1. P. 68–76. (In Russian).
7. Arkhipova O.E., Yeprintsev S.A. Evaluation of the dynamics of the natural framework of urbanized areas of the Voronezh Region based on remote sensing data of the Earth. *Informatsiya i kosmos*. [Information and space]. 2017. No. 3. P. 119–125. (In Russian).
8. Safonova I.V., Yeprintsev S.A., Kaverina N.V. Assessment of anthropogenic pollution of the soil cover of urbanized territories of the Voronezh city district. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geografiya. Geoekologiya*. [Bulletin of the Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology]. 2014. No. 3. P. 99–104. (In Russian).
9. Yeprintsev S.A., Shekoyan S.V. Geoinformation mapping of urbanized territories as a mechanism of social and ecological monitoring. *Ekologiya. Ekonomika. Informatika. Seriya: Geoinformatsionnyye tekhnologii i kosmicheskii monitoring*. [Ecology. Economy. Computer science. Series: Geoinformation technologies and space monitoring]. Vol. 6. No. 3. P. 25–28. (In Russian).

10. Kurolap S.A., Klepilov O.V., Yeprintsev S.A. et al. *Mediko-ekologicheskii atlas goroda Voronezha / Russkoe geograficheskoe obshchestvo, Voronezhskii gosudarstvennyi universitet, Tsentrigigieny i epidemiologii v Voronezhskoi oblasti*. [Medical and ecological Atlas of the city of Voronezh / Russian Geographical Society, Voronezh State University, Center of Hygiene and Epidemiology in the Voronezh Region]. URL: <http://www.geogr.vsu.ru/atlas.htm> (In Russian).

11. Yeprintsev S.A., Klepilov O.V., Shekoyan S.V. Remote sensing of the Earth as a method of assessing environmental quality of urban areas. *Zdorov'ye naseleniya i sreda obitaniya*. [Public health and habitat]. 2020. 4. No. 325. P. 5–12. (In Russian).

12. Yeprintsev S.A., Kurolap S.A., Dubrovin O.I., Dubrovina I.V., Minnikov I.V. Ecological security of population of urban territories (on example of populated settlements of Voronezh region). *Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya: Yestestvennyye i tekhnicheskiye nauki*. [Bulletin of the Tambov University. Series: Natural and Technical Sciences]. 2013. Vol. 18. No. 5-3. P. 2902–2904. (In Russian).

13. Kurolap S.A., Klepikov O.V., Yeprintsev S.A. *Ekologicheskaya ekspertiza i otsenka riska zdorov'iu (uchebno-metodicheskoe posobie dlia vuzov)*. [Environmental expertise and health risk assessment (educational and methodological manual for universities)]. Voronezh, 2012. 108 p. (In Russian).