

УДК 502/504; 614.7

С. А. Епринцев¹
С. А. Куролап²
О. В. Клепиков³
С. В. Шекоян⁴

**Геоинформационная оценка экологических,
социально-экономических и
демографических условий населённых
пунктов ЦЧР**

^{1,2,3,4}ФГБОУ ВО «Воронежский государственный
университет», г.Воронеж
e-mail:¹esa81@mail.ru

Аннотация. Целью проведённого исследования является геоинформационная оценка комплекса экологических, социальных и демографических факторов населённых пунктов на примере Павловска и Нововоронежа. Для обеспечения проведённых исследований разработана геоинформационная модель, обобщающая экологические, социально-экономические и демографические условия исследуемых территорий. Полученные результаты показали высокую степень взаимосвязи изученных факторов, что определяет необходимость их постоянного мониторинга.

Ключевые слова: населённые пункты, экологическая безопасность, социальные условия, демографические условия, Центрально-Черноземный регион

Введение

Современные населённые пункты постсоветского пространства претерпевают существенные изменения на протяжении последних десятилетий [1, 2]. Так, если в крупных городах наблюдается стремительный рост населения, развитие транспортно-промышленного потенциала, что делает их центрами острейших экологических проблем, то в небольших населённых пунктах (преимущественно на сельской территории) наблюдается существенная убыль населения, определяющийся преимущественно социальными условиями.

Устойчивое развитие территории определяется тремя основными факторами – экологическими, социально-экономическими и демографическими, которые существенно отличаются в крупных и мелких населённых пунктах [3]. Так, потенциал роста численности населения крупных городов на территории России составляют переселенцы из сельской местности и мелких населённых пунктов, а также трудовые мигранты и вынужденные переселенцы из стран бывшего СССР.

Рост благосостояния населения крупных урбанизированных территорий существенно повышает комфортность для проживающего населения, но при этом возникают факторы, оказывающие существенное воздействие на устойчивое развитие. К данным факторам можно отнести экологическую безопасность территории, что часто является причиной появления и роста экологически-обусловленных заболеваний у населения [4, 5]. Причём источники экологического риска в последние десятилетия претерпели существенную трансформацию. Так, если в XX веке в качестве основных загрязнителей городских экосистем выступали промышленные предприятия, то ужесточение экологического законодательства в XXI веке существенно снизило их удельный вклад. При этом с начала XXI века в результате существенного роста доходов населения крупных

российских городов (что является позитивным фактором) наблюдается существенный рост личного автомобильного транспорта. При этом городские транспортные инфраструктуры часто не справляются с таким количеством автомобилей, что делает их существенным фактором загрязнения окружающей среды. В большинстве крупных российских городов удельный вклад автотранспорта в формирование антропогенного загрязнения составляет 70-75 %.

На территории мелких городов и сельских населённых пунктов наблюдаются принципиально иные экологические, социально-экономические и демографические условия [1, 2]. Так, существенно меньшие доходы населения данных территорий влекут значительный отток населения в крупные города. Данная проблема во многих регионах решается при помощи грантовой поддержки и иных финансовых субсидирований молодых специалистов, проживающих в сельской местности со стороны региональных и федеральных властей. Факторы, определяющие экологическую безопасность здесь также существенно отличаются от крупных урбанизированных территорий.

Таким образом, прослеживается чёткая взаимосвязь между экологическими, социально-экономическими и демографическими условиями. Основными экологическими факторами являются загрязнение атмосферы, почвы, уровни физического и биологического воздействия. Среди социальных факторов следует выделить уровень доходов населения, количество жилой площади на 1 человека, процент квартир, не имеющих водопровода, процент квартир, не имеющих канализации, удельный вес жилой площади, оборудованной центральным отоплением и другие. Экономические условия, определяющие качество жизни населения – уровень доходов, инфраструктура и индустриализация.

Неравномерное распределение доходов и отсутствие эффективных экологических политик могут привести к негативным последствиям для окружающей среды и здоровья населения городов.

Целью проведённого исследования является геоинформационная оценка комплекса экологических, социальных и демографических факторов населённых пунктов на примере Павловска и Нововоронежа.

Материалы и методы

Для пространственной геоинформационной оценки экологических, социально-экономических и демографических условий населённых пунктов были применены следующие методы [6, 7]:

- Методы оценки состояния окружающей среды [8, 9].
- Методы моделирования и прогнозирования. К этой группе относятся технологии дистанционного зондирования Земли, геоинформационные методы, методы системного анализа и другие [8].
- Методы управления качеством окружающей среды, экологическое проектирование и моделирование [10, 11].

Для обеспечения проведённых исследований разработана геоинформационная модель, обобщающая экологические (данные о загрязнении окружающей среды), социально-экономические и демографические условия исследуемых территорий [12].

Изменения природно-антропогенных факторов урбанизированных территорий, на примере Павловска и Нововоронежа изучены на основе данных

дистанционного зондирования Земли с использованием данных портала GeoMixer компании ИТЦ СКАНЭКС. По данным портала создан архив многоканальных космических снимков Landsat-8 и Sentinel-2 за период с 2015 по 2022 годы. Для оценки динамики антропогенной нагрузки территорий на примере Павловска и Нововоронежа за двадцатилетний период, созданный архив был дополнен архивными многоканальными космическими снимками, сделанными со спутника Landsat-7 за период с 1999 по 2001 годы. Архивные космические снимки были получены на портале USGS.

Обработка и последующее тематическое дешифрирование полученных космических снимков местности производилось в программном пакете Scanex Image Processor, позволяющем осуществлять тематическую классификацию изображений, используя различные алгоритмы. Кроме того, ряд задач, связанных с хранением, анализом и визуализацией данных дистанционного зондирования Земли были решены с использованием программного пакета ArcGIS [7].

Собранные в архиве мультиспектральные снимки позволяют использовать различные варианты цветового синтеза для автоматизированного тематического дешифрирования территории Павловска и Нововоронежа [7].

Для комплексного исследования социально-экономических и демографических условий территорий Павловска и Нововоронежа в созданную ГИС внесены статистические данные природоохранных ведомств.

Разработанная геоинформационная модель содержит 4 основных раздела.

1. Раздел «Природный потенциал». В данном разделе обобщена и проанализирована информация о параметрах ландшафта исследуемой территории, факторах, определяющих его устойчивость. 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 населённого пункта. Это требование обусловлено не только эстетическими соображениями, но и важностью обеспечения экологической устойчивости и благополучия территории населённого пункта. Озелененные зоны играют важную роль в очищении воздуха от загрязнений, создании комфортной атмосферы для проживания и отдыха населения, а также в сохранении биологического разнообразия. Таким образом, создание и поддержание зеленых зон в населённых пунктах является неотъемлемой частью архитектурной практики и способствует улучшению качества жизни. Главный принцип организации зеленых зон заключается в сохранении природных зеленых насаждений и использовании устойчивых к газам и пыли древесных пород.

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

3. Раздел «Социально-экологические и демографические условия». Геоданные этого раздела отображают факторы, воздействующие на экологическую обстановку в населённых пунктах (экологические условия, а также и социальные факторы, которые могут непосредственно или косвенно влиять на демографическую ситуацию).

Одним из основных источников антропогенных загрязнителей является выбросы промышленных предприятий, автотранспорта и энергетических установок. В результате повышенного содержания вредных веществ в атмосфере происходят 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 демографическую ситуацию населённых пунктов можно отнести такие факторы, как плотность автодорог, количество автомобилей у населения, условия проживания, уровень доходов и так далее.

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

Результаты и обсуждение

Территорию Павловска, являющегося одним из исторических центров России, с севера на юг, пересекает автомагистраль федерального значения М-4 «Дон», разделяющая её на две части: западную и восточную. В восточной части поселения расположены основные промышленно-коммунальные предприятия, массив современной индивидуальной усадебной застройки и земли сельскохозяйственного назначения. В западной части – кварталы жилой и общественной застройки Павловска, лесные массивы, расположенные вдоль Дона с севера на юг, пойменные территории р. Осередь и земли сельскохозяйственного назначения.

Городской округ город Нововоронеж – многофункциональная урбанизированная территория с особым режимом хозяйственной деятельности. Основной градообразующей отраслью является атомная энергетика, представленная филиалом АО «Концерн Росэнергоатом» «Нововоронежская атомная электростанция». При этом основным источником антропогенного загрязнения окружающей среды является автотранспорт.

Анализ социальных условий Павловска показал существенное преобразование за двадцатилетний период. Так, исследование степени антропогенной нагрузки за многолетний период по данным дистанционного зондирования Земли позволяет сделать вывод о большом росте территорий с сильной антропогенной нагрузкой. Существенные изменения наблюдаются в городской черте вдоль трассы М4-Дон. Данный факт объясняется возрастающей

ролью автотрассы и увеличением автомобильного трафика на ней с начала XXI века, что обусловило активное развитие придорожной инфраструктуры, пик которого наблюдался накануне и в период проведения зимних олимпийских игр в городе Сочи в начале 2014 года.

Кроме того, увеличение доли территорий с сильной антропогенной нагрузкой наблюдается в пригородной зоне – месте расположения горнодобывающих объектов, что говорит об активной производственной деятельности ОАО «Павловскгранит» (в настоящее время АО «Павловск Неруд») за двадцатилетний период.

Территории, отнесённые к зоне природного каркаса в городе Павловске, а также в десятикилометровой пригородной зоне также подвержены сокращению на 35 км², что составляет около 8% от общей площади исследуемой территории. Данный факт объясняется сильными пожарами летом 2010 года, приведшими к безвозвратной потере ценных лесных массивов (таблица 1). Территория города Павловска относится к степной зоне, в связи с чем естественное восстановление лесных массивов происходит здесь крайне слабо, что обуславливает необходимость вмешательства региональных властей в данные процессы. Большая часть территории, относящейся к природному каркасу вблизи города Павловск расположена в пойме реки Дон к западу от города.

Таблица 1.

Пространственное зонирование территорий населённых пунктов и прилегающих десятикилометровых зон (% площади территории)

Вид участка	Населённые пункты			
	Павловск		Нововоронеж	
	2001г.	2021 г.	2001 г.	2021 г.
С сильной антропогенной нагрузкой	29	45	17	39
Со слабой антропогенной нагрузкой	44	36	68	30
Природный каркас	25	18	12	27
Водные объекты	2	1	3	4

Составлено авторами

Анализируя розу ветров данной территории следует отметить преимущественное преобладание ветров западного направления, что даёт основание предположить положительное влияние природного каркаса вокруг урбанизированной территории города Павловска на микроклиматические условия города.

Анализ антропогенной нагрузки территории городского округа города Нововоронежа, по данным дистанционного зондирования Земли, показал существенное увеличение доли площади территории с сильной антропогенной нагрузкой – более чем на 20% (таблица 1). Данный факт объясняется развитием градообразующего предприятия «Нововоронежская атомная электростанция» (в 2017 г. введен в эксплуатацию энергоблок №6, в 2019 г. - энергоблок №7).

Наряду с этим следует отметить значительный рост территорий природного каркаса (на 15 %) на территории городского округа города Нововоронежа,

являющегося важным социальным фактором, положительно влияющим на интегральный показатель экологической безопасности (таблица 1).

Анализ динамики демографических показателей исследуемых территорий за тридцатилетний период (таблица 2) показал снижение численности населения на 15-25 %.

Таблица 2.

Динамика численности населения исследуемых территорий за тридцатилетний период

Населённый пункт	Численность населения, человек			
	1991 г.	2001 г.	2011 г.	2021 г.
Павловск	25400	26800	25100	22384
Нововоронеж	39900	39800	32600	30658

Составлено авторами

Данный факт представляется возможным объяснить в первую очередь социально-экологическими причинами. Так, уровень заработной платы в областном центре (городском округе городе Воронеже) выше, чем в Павловске и Нововоронеже на 50-80 %.

Рост населения в городе Павловске в 2001 году обусловлен ростом объёмов добывающей промышленности на всей территории России в начале XXI века.

Выводы

Геоинформационная оценка комплекса экологических, социальных и демографических факторов населённых пунктов на примере Павловска и Нововоронежа показала высокую степень взаимосвязи изученных факторов, что определяет необходимость их постоянного мониторинга для обеспечения повышения качества жизни населения. Для решения данной задачи создана специальная геоинформационная система, основным источником данных которой служит социально-экологический мониторинг.

Социально-экологический мониторинг населённого пункта на основе ГИС-технологий представляет собой:

- систему наблюдений за изменениями геохимического состава основных природных сред – почвы и атмосферы под воздействием техногенного прессинга, а также под влиянием градопланировочных и аэрационных факторов экологического риска;
- систему наблюдений за состоянием здоровья населения, как «отклика среды» на содержание загрязнителей природных сред;
- систему наблюдений за социально-экономическими и демографическими условиями, определяющими качество жизни населения;
- выработку мер по оптимизации социально-экологических условий территории, оптимизирующих общую демографическую ситуацию.

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

Литература

1. Зеленцова С. Ю., Крупко А. Э., Преображенский Б. 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. 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.
4. Касимов Н. С., Битюкова В. Р., Малхазова С. М. и др. Регионы и города России: интегральная оценка экологического состояния. М., 2016. 560 с.
5. Келлер А. А., Кувакин В. И. Медицинская экология. СПб, 1998. 255 с.
6. Сафонов А. И., Глухов А. З. Фитомониторинг в техногенно трансформированной среде: методология и практика // Экосистемы. 2021. № 28. С. 16-28.
7. 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 - ЗНиСО. 2020. № 4 (325). С. 5-12.
8. Сафонов А. И. Эмпирика фитоквантификации антропогенно трансформированной среды // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2021. № 3-4. С. 42-47.
9. 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.
10. Прохоров Б. Б., Горшкова И. В., Шмаков Д. И, Тарасова Е. В. Общественное здоровье и экономика. М., 2007. 292 с.
11. Сафонов А. И., Глухов А. З. Эмпирические критерии фитомониторинга техногенной нагрузки в Донбассе // Экобиотех. 2021. Т. 4. № 3. С. 195-202.
12. Стёпкин Ю. И., Клепиков О. В., Епринцев С. А., Шекоян С. В. Заболеваемость населения регионов россии как критерий социально-гигиенической безопасности территории // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. 2020. № 6. С. 94-99.

S. A. Yeprintsev¹,
S.A. Kurolap²,
O. V. Klepikov³,
S. V. Shekoyan⁴

Geoinformation assessment of environmental, socio-economic and demographic conditions of settlements of the Central Chernozem region

^{1,2,3,4} Voronezh State University, Voronezh
e-mail:¹esa81@mail.ru

Abstract. *Modern settlements of the post-Soviet space have undergone significant changes over the past decades. So, if in large cities there is a rapid population growth, the development of transport and industrial potential, which makes them centers of the most acute environmental problems, then in small settlements (mainly in rural areas) there is a significant population decline, determined mainly by social conditions. The sustainable development of the territory is determined by three main factors - environmental, socio-economic and demographic, which differ significantly in large and small settlements. Uneven income distribution and lack of effective environmental policies can lead to negative environmental and health impacts in cities.*

The purpose of the study is a geoinformation assessment of a complex of environmental, social and demographic factors of settlements on the example of Pavlovsk and Novovoronezh.

For spatial geoinformation assessment of environmental, socio-economic and demographic conditions of settlements, it is advisable to use the following methods:

- *Methods for assessing the state of the environment.*
- *Methods of modeling and forecasting. This group includes technologies for remote sensing of the Earth, geoinformation methods, methods of system analysis, and others.*
- *Methods of environmental quality management, environmental design and modeling.*

To support the research, a geoinformation model has been developed that summarizes the environmental (data on environmental pollution), socio-economic and demographic conditions of the studied territories.

Changes in natural and anthropogenic factors in urban areas, using the example of Pavlovsk and Novovoronezh, were studied on the basis of Earth remote sensing data using data from the GeoMixer portal of ScanEx RDC. According to the portal, an archive of multi-channel satellite images Landsat-8 and Sentinel-2 was created for the period from 2015 to 2022. To assess the dynamics of the anthropogenic load of territories on the example of Pavlovsk and Novovoronezh over a twenty-year period, the created archive was supplemented with archival multi-channel satellite images taken from the Landsat-7 satellite for the period from 1999 to 2001. Archival space images were obtained from the USGS portal.

For a comprehensive study of the socio-economic and demographic conditions of the territories of Pavlovsk and Novovoronezh, statistical data of environmental departments were included in the created GIS.

The developed geoinformation model contains 4 main sections. 1. Section "Natural potential". 2. Section "Microclimatic conditions". 3. Section "Socio-ecological and demographic conditions". 4. Section Model "Environmental safety of the population".

Thus, the developed geoinformation model opens up new opportunities for automating processes, increasing work efficiency and improving the quality of decisions made. The use of geoinformation resources created by us contributes to more efficient planning of geographic and geoecological research.

The territories assigned to the natural frame zone in the city of Pavlovsk, as well as in the ten-kilometer suburban area, are also subject to a reduction of 35 km², which is about 8% of the total area of the study area. This fact is explained by strong fires in the summer of 2010, which led to the irretrievable loss of valuable forest areas. The territory of the city of Pavlovsk belongs to the steppe zone, and therefore the natural restoration of forests is extremely weak here, which necessitates the intervention of regional authorities in these processes. Most of the territory belonging to the natural frame near the city of Pavlovsk is located in the floodplain of the Don River to the west of the city.

An analysis of the anthropogenic load on the territory of the urban district of the city of Novovoronezh according to the data of remote sensing of the Earth showed a significant increase in the territory of strong anthropogenic load - more than 20%. This fact shows a high demand in the work of industrial enterprises of the city, in particular, the city-forming enterprise Novovoronezh Nuclear Power Plant, which is expressed in a significant increase in jobs.

Along with this, it should be noted a significant increase in the territories of the natural frame (by 15%) in the urban district of the city of Novovoronezh, which is an important social factor that positively affects the integral indicator of environmental safety.

An analysis of the dynamics of the demographic indicators of the studied territories over a thirty-year period showed a decrease in the population by 15-25%.

Geoinformation assessment of the complex of environmental, social and demographic factors of settlements on the example of Pavlovsk and Novovoronezh showed a high degree of interrelation of the studied factors, which determines the need for their constant monitoring in order to improve the quality of life of the population. To solve this problem, a special geoinformation system has been created, the main source of data of which is social and environmental monitoring.

Keywords: *settlements, environmental safety, social conditions, demographic conditions, Central Black Earth region*

References

1. Zelencova S. YU., Krupko A. E., Preobrazhenskij B. 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. Eprincev S. A., Klepikov O. V., SHEkoyan S. V., ZHigulina E. V. Issledovanie social'no-ekologicheskikh uslovij, opredelyayushchih ustojchivoe razvitie regionov Rossii // Ekologiya. Ekonomika. Informatika. Seriya: Sistemnyj analiz i modelirovanie ekonomicheskikh i ekologicheskikh sistem. 2019. T. 1. № 4. S. 212-216. (in Russian)

4. Kasimov N. S., Bityukova V. R., Malhazova S. M. i dr. Regiony i goroda Rossii: integral'naya ocenka ekologicheskogo sostoyaniya. M., 2016. 560 s. (in Russian)
5. Keller A. A., Kuvakin V. I. Medicinskaya ekologiya. SPb, 1998. 255 s. (in Russian)
6. Safonov A. I., Gluhov A. Z. Fitomonitoring v tekhnogenno transformirovannoy srede: metodologiya i praktika // Ekosistemy. 2021. № 28. S. 16-28. (in Russian)
7. Eprincev S. A., Klepikov O. V., SHekoyan S. V. Distancionnoe zondirovanie Zemli kak sposob ocenki kachestva okruzhayushchej sredy urbanizirovannyh territorij // Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya - ZNiSO. 2020. № 4 (325). S. 5-12. (in Russian)
8. Safonov A. I. Empirika fitokvantifikacii antropogenno transformirovannoy sredy // Problemy ekologii i ohrany prirody tekhnogenno regiona. 2021. № 3-4. S. 42-47. (in Russian)
9. Eprincev S. A., Kurolap S. A., Mamchik N. P., Klepikov O. V. Ekologicheskoe zonirovanie goroda Voronezha s primeneniem geoinformacionnyh tekhnologij // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geografiya. Geoekologiya. 2008. № 1. S. 68-76. (in Russian)
10. Prohorov B. B., Gorshkova I. V., SHmakov D. I., Tarasova E. V. Obshchestvennoe zdorov'e i ekonomika. M., 2007. 292 s. (in Russian)
11. Safonov A. I., Gluhov A. Z. Empiricheskie kriterii fitomonitoringa tekhnogennoj nagruzki v Donbasse // Ekobiotekh. 2021. T. 4. № 3. S. 195-202. (in Russian)
12. Styopkin YU. I., Klepikov O. V., Eprincev S. A., SHekoyan S. V. Zabolevaemost' naseleniya regionov rossii kak kriterij social'no-gigienicheskoy bezopasnosti territorii // Vestnik novyh medicinskih tekhnologij. Elektronnoe izdanie. 2020. № 6. S. 94-99. (in Russian)

Поступила в редакцию 01.08.2023 г.