

УДК: 912.4

DOI: 10.35595/2414-9179-2020-1-26-12-21

В.С. Тикунов<sup>1</sup>, Т.В. Ватлина<sup>2</sup>

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕРРИТОРИЙ НА ПРИМЕРЕ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ СМОЛЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

### АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрен опыт проведения экологической оценки состояния окружающей среды на глобальном и региональном уровнях исследования. Представлена методика оценки экологической ситуации на муниципальном уровне модельного региона исследования, в качестве которого была выбрана Смоленская область. Для получения индекса загрязнения нами были использованы показатели выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, сброса загрязнённых сточных вод и образования твёрдых коммунальных отходов. Выбор первых двух показателей определялся их воздействием на состояние здоровья населения, а образование твёрдых коммунальных отходов является существенным фактором загрязнения компонентов окружающей среды. Сравнительный анализ экологической ситуации в муниципальных образованиях Смоленской области показал эффективность применяемой методики, что связано с доступностью исходных данных для анализа, информативностью показателей, учётом численности населения и площади территории, на которую приходится загрязнение. Полученные с использованием абсолютных показателей результаты выявили разрыв в значениях индексов при анализе отдельных компонентов и комплекса показателей. Применение методики может способствовать формулированию целей и задач стратегий социально-экономического развития регионов и муниципальных образований, мер по улучшению состояния окружающей среды.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** экологическая оценка, загрязнение атмосферы, твёрдые коммунальные отходы, сточные воды, индекс загрязнения

Vladimir S. Tikunov<sup>3</sup>, Tamara V. Vatlina<sup>4</sup>

## ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF THE TERRITORIES ON THE EXAMPLE OF MUNICIPALITIES OF THE SMOLENSK REGION

### ABSTRACT

The article discusses the experience of environmental assessment at the global and regional levels. The methodology for assessing the environmental situation at the municipal level of the model research region — Smolensk region. To obtain the pollution index, we used indicators of emissions of pollutants into the atmosphere, the discharge of polluted wastewater and the generation of municipal solid waste. The choice of the first two indicators was determined by their impact on the health status of the population, and the formation of municipal solid waste is a significant

---

<sup>1</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Географический факультет, Ленинские горы, д. 1, 119991, Москва, Россия; *e-mail*: [vtikunov@yandex.ru](mailto:vtikunov@yandex.ru)

<sup>2</sup> Смоленский государственный университет, Естественно-географический факультет, ул. Пржевальского, д. 4, 214000, Смоленск, Россия; *e-mail*: [vatlina\\_geo@mail.ru](mailto:vatlina_geo@mail.ru)

<sup>3</sup> Moscow State University named after M.V. Lomonosov, Faculty of Geography, Leninskie Gory, 1, 119991, Moscow, Russia; *e-mail*: [vtikunov@yandex.ru](mailto:vtikunov@yandex.ru)

<sup>4</sup> Smolensk State University, Faculty of Natural Sciences and Geography, Przhevalsky str., 4, 214000, Smolensk, Russia; *e-mail*: [vatlina\\_geo@mail.ru](mailto:vatlina_geo@mail.ru)

factor in the pollution of environmental components. A comparative analysis of the environmental situation in the municipalities of the Smolensk region showed the effectiveness of the methodology used, which is associated with the availability of source data for analysis, the information content of indicators, taking into account the population and the area of the pollution area. The results revealed a gap in the values of the indices in the analysis of individual components and a set of indicators. Application of the methodology can contribute to the formulation of goals and objectives of strategies for the socio-economic development of regions and municipalities, and measures to improve the environment.

**KEYWORDS:** environmental assessment, air pollution, municipal solid waste, wastewater, pollution index

## ВВЕДЕНИЕ

Активное антропогенное преобразование географической оболочки сопровождается изменениями всех её компонентов, что находит отражение в ухудшении показателей здоровья населения. В связи с этим актуальной задачей является экологическая оценка состояния окружающей среды.

Проблема экологической оценки решается исследователями на основе различных подходов — комплексной эколого-геохимической оценки [Timofeev et al., 2019; Касимов и др., 2014 и др.], оценки уровня техногенного воздействия на окружающую среду [Клепиков и др., 2018; Мячина, Клепиков, 2017 и др.], анализа экологического состояния территории с использованием биоиндикации [Каманина и др., 2019; Иванова, 2018 и др.], определения экологической напряжённости [Битюкова, 2019; Горбанев, Кочуров, 2018; Битюкова, Боровиков, 2016; Черногаева, Зеленов, 2009 и др.]. Отдельно следует упомянуть методики интегральной оценки, основанные или на нескольких критериях, или на сложном комплексе нескольких десятков показателей, которые позволяют оценить экологическую ситуацию на глобальном, региональном, локальном уровнях.

Наиболее известными мировыми показателями, связанными с экологической оценкой, являются индекс загрязнения (Pollution Index)<sup>1</sup>, индекс экологической уязвимости (Environmental Vulnerability Index)<sup>2</sup>, индекс экологической эффективности (Environmental Performance Index)<sup>3</sup>, экологический след (Ecological Footprint)<sup>4</sup>, водный экологический след (Water Footprint)<sup>5</sup>, индекс водного стресса (Water Stress Index)<sup>6</sup>. Определение положения той или иной страны по значению мировых индексов помогает понять глобальные экологические тренды, однако с точки зрения принятия решений они имеют ограничения. Большое практическое значение имеет экологическая оценка на региональном уровне (субъектов РФ и муниципальных образований), учитывающая особенности географических условий, уровень социально-экономического развития.

Есть несколько исследований, позволяющих провести межрегиональное сравнение субъектов РФ. Так, разработанный Н.С. Рубановым и В.С. Тикуновым интегральный

---

<sup>1</sup> Индекс загрязнения (Pollution Index). Электронный ресурс: [https://www.numbeo.com/pollution/rankings\\_by\\_country.jsp](https://www.numbeo.com/pollution/rankings_by_country.jsp) (дата обращения 05.08.2019)

<sup>2</sup> Индекс экологической уязвимости (Environmental Vulnerability Index). Электронный ресурс: <http://www.vulnerabilityindex.net/> (дата обращения 15.09.2019)

<sup>3</sup> Индекс экологической эффективности (Environmental Performance Index). Электронный ресурс: <https://epi.envirocenter.yale.edu/epi-topline> (дата обращения 10.08.2019)

<sup>4</sup> Экологический след (Ecological Footprint). Электронный ресурс: <https://www.footprintnetwork.org/> (дата обращения 06.08.2019)

<sup>5</sup> Водный экологический след (Water Footprint). Электронный ресурс: <https://waterfootprint.org/en/water-footprint/water-footprint-assessment/> (дата обращения 08.08.2019)

<sup>6</sup> Индекс водного стресса (Water Stress Index). Электронный ресурс: <https://www.wri.org/resources/charts-graphs/water-stress-country> (дата обращения 05.09.2019)

индекс экологического состояния окружающей среды включил оценку состояния её компонентов — литосферы, гидросферы, атмосферы, биосферы с анализом основных экологических проблем на локальном уровне и основных источников антропогенного воздействия [2009]. Применение этими же авторами другой методики, полученной на основе экспертной оценки, позволило установить вес исходных показателей. В дальнейшем был определён интегральный индекс, близкий к результатам «покомпонентного» анализа. Эколога-экономический индекс регионов, разработанный WWF России и РИА-Новости, учитывает экологическую устойчивость в широком контексте, включая экологический, экономический и социальные факторы<sup>1</sup>. «Национальный экологический рейтинг», составленный Общероссийской общественной организацией «Зелёный патруль», является сводным рейтингом, включающим природоохранный, промышленно-экологический и социально-экологический индексы, которые базируются на разных информационных источниках (органы власти, СМИ, граждане и др.)<sup>2</sup>.

Существуют методологические трудности проведения экологической оценки, связанные с субъективностью подходов, нехваткой данных [Рубанов, 2019]. Решает эту проблему применение методики интегральной оценки экологической ситуации на основе индексов загрязнения и напряжённости экологической ситуации [Тикунов, Черешня, 2017]. Методика позволила сравнить субъекты РФ, однако на муниципальном уровне отдельных субъектов исследования не проводились.

Нами была поставлена задача произвести интегральную оценку экологического состояния окружающей среды и её отдельных компонентов на примере модельного региона — Смоленской области.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследование проведено на основе данных по 25 районам области и г. Смоленск за 1999–2016 гг., полученных в территориальном органе Федеральной службы государственной статистики по Смоленской области (Смоленскстат)<sup>3</sup>, а также на основе государственных докладов, подготовленных Департаментом Смоленской области по природным ресурсам и экологии<sup>4</sup>.

Для получения индекса загрязнения были использованы показатели выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, сброса загрязнённых сточных вод и образования твёрдых коммунальных отходов (ТКО). Качество воздуха и воды относятся к главным экологическим факторам, влияющим на состояние здоровья населения, а образование ТКО является существенным фактором загрязнения компонентов окружающей среды.

Исходные абсолютные показатели загрязнения информативны при рассмотрении их вклада в общее загрязнение, но т.к. районы Смоленской области неоднородны по численности населения и площади территории, для более качественной оценки принималась во внимание площадь, на которую приходится загрязнение, антропогенная нагрузка, создаваемая выбросами в атмосферу, сбросом загрязнённых сточных вод и ТКО на территорию каждого региона, на душу населения и по отношению к природоёмкости производства. Индикатор природоёмкости производства рассчитывается, как валовые показатели

<sup>1</sup> Эколога-экономический индекс регионов. Электронный ресурс: <https://wwf.ru/resources/publications/books/ekologo-ekonomicheskiy-indeks-regionov-rf/> (дата обращения 21.09.2019)

<sup>2</sup> Национальный экологический рейтинг. Электронный ресурс: <https://greenpatrol.ru/ru/stranica-dlya-obshchego-reytinga/ekologicheskij-reyting-subektov-rf?tid=380> (дата обращения 22.09.2019)

<sup>3</sup> Смоленскстат. Электронный ресурс: <https://sml.gks.ru/> (дата обращения 05.05.2019)

<sup>4</sup> Доклады о состоянии и охране окружающей среды в Смоленской области. Электронный ресурс: <https://prirod.admin-smolensk.ru/doklad-o-sostoyanii-i-ohrane-okruzhayuschej-sredy-v-smolenskoj-oblasti/> (дата обращения 06.06.2019)

загрязнения на единицу валового регионального продукта (ВРП) [Тикун, Черешня, 2017]. Он позволяет оценить интенсивность загрязнения воздушного бассейна, гидросферы и литосферы, а величина показателя напрямую зависит от природоохранных мероприятий, структуры производства, используемой энергии.

Картографирование в границах административно-территориальных единиц накладывает определённые ограничения. Например, на территории «чистого» Вяземского района основная концентрация промышленных предприятий приходится на г. Вязьму. Однако для принятия управленческих решений именно такое представление данных оказывается предпочтительным.

Для получения интегральной оценки загрязнения подготовленные исходные абсолютные показатели были агрегированы с использованием оценочного алгоритма, разработанного одним из авторов [Тикун, 1997]. Он включает нормировку системы исходных показателей по формуле (1):

$$\hat{X}_{ij} = \frac{\left| x_{ij} - \overset{o}{x}_j \right|}{\left| \underset{\text{max/min}}{x}_j - \overset{o}{x}_j \right|}, \quad \begin{matrix} i=1, 2, 3, \dots, n; \\ j=1, 2, 3, \dots, m \end{matrix} \quad (1)$$

где  $\overset{o}{x}$  — наихудшее значение (по каждому показателю) из всех встречающихся с точки зрения их влияния на экологическую ситуацию в регионах России;  $\underset{\text{max/min}}{x}$  — наиболее отличающиеся от  $\overset{o}{x}$  значения показателей;  $n$  — количество исследуемых территориальных единиц;  $m$  — число показателей использованных для расчетов ( $m = 3$ ). Целью данной нормировки является перевод показателя в отклонение от заданного наилучшего или наихудшего значения. Полученные в результате нормировки ограничены отрезком  $[0, 1]$ .

Обычно при построении классических рейтингов на основе агрегированных показателей используются либо простая сумма нормированных  $x$ , либо простое среднее (в некоторых случаях применяют взвешенную сумму или взвешенное среднее). Осредняя таким образом исходные показатели и превращая их в агрегированный индекс, мы неизбежно сводим всё многообразие информации к некоторому узкому средневзвешенному уровню. Это особенно важно учитывать при оценке экологической ситуации. Для экологической обстановки, которую можно назвать «экологическая катастрофа», вполне достаточно, чтобы всего лишь один из всего множества анализируемых индикаторов превысил критический уровень загрязнения. Если все остальные показатели при этом находятся на нормальном уровне, то построенный с использованием простой аддитивности комплексный индекс может оценить экологическую ситуацию как вполне стабильную.

В связи с этим при синтезе интегрального показателя авторами используется метод расстояния до наихудшей единицы. Путём сравнения показателей всех территориальных единиц с условной, характеризуемой значениями  $\overset{o}{x}$ , произведено их ранжирование. Оно осуществлялось с использованием евклидовых расстояний ( $d^\circ$ ), как меры близости всех территориальных единиц к условной, имеющей наихудшие значения ( $\overset{o}{x}$ ) по всему комплексу показателей. Это позволяет подчеркнуть влияние отдельных координат, имеющих аномально большие расстояния, поскольку они возводятся в квадрат. Применение данной меры потребовало обработки информационного массива по методу главных компонент с целью ортогонализации и «свёртки» системы показателей.

Полученные значения вектора-столбца  $d^\circ$  интегральных оценочных характеристик для удобства дальнейшего анализа дополнительно нормируются по формуле (2):

$$\hat{d}_i^o = \frac{d_i^o - \min d^o}{\max d^o - \min d^o}, \quad i=1, 2, 3, \dots, n. \quad (2)$$

Величина  $d^o$  варьирует в пределах от нуля до единицы. Нуль — соответствует наихудшей комплексной оценке, а единица — наилучшей.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные с использованием абсолютных показателей результаты показывают разрыв в значениях индексов при анализе отдельных компонентов и комплекса показателей (рис. 1 а, б, в, 2). Это объясняется тем, что интегральный индекс получен путём сравнения показателей всех территориальных единиц с условной территориальной единицей, характеризующейся наихудшими значениями по всему массиву данных, с применением метода расстояния до наихудшей единицы. Т.о. было подчеркнуто влияние отдельных значений, имеющих аномально большие величины.

Приоритетными загрязнителями атмосферного воздуха в области являются пыль, окислы азота, окись углерода. Среди основных стационарных источников загрязнения — топливно-энергетические предприятия (Дорогубужская ТЭЦ, Смоленская ГРЭС, ТЭЦ-2, ТЭЦ-1 г. Смоленск). В последние десять лет произошло сокращение выбросов от автомобильного транспорта на 10 %, но наблюдался существенный рост выбросов от стационарных источников — на 30 %<sup>1</sup>. В Кардымовском, Починковском, Руднянском, Сафоновском районах Смоленской области наибольший вклад в загрязнение окружающей среды связан с выбросами в атмосферу (рис. 1а).

В Кардымовском, Краснинском, Монастырщинском, Починковском, Хиславичском районах Смоленской области значителен объём сбрасываемых загрязнённых сточных вод (рис. 1 б). В водные объекты области в 2018 г. сброшено 62,24 млн. м<sup>3</sup> сточных вод, из них 54,4 млн. м<sup>3</sup> (87,4 %) загрязнённых<sup>2</sup>. По данным ФГБУ «Центральный УГМС», который осуществляет государственный экологический мониторинг состояния поверхностных вод, за последние пять лет вода основных водных объектов Смоленской области на 23 пунктах наблюдения была отнесена к классу загрязнённых и очень загрязнённых<sup>3</sup>. Основные антропогенные нагрузки приходятся на реки бассейна Днепра [Зверькова, 2011; Шкаликов, Анкинович, 2009; Шкаликов, 2004]. Повышенные концентрации загрязняющих веществ в водных объектах наблюдаются преимущественно в пределах населённых пунктов с развитым промышленным комплексом (Верхнеднепровский, Вязьма, Дорогубуж, Сафонов, Смоленск, Ярцево и др.) [Шкаликов, Анкинович, 2011; Бобров, 2002; Шкаликов, Бобров, 2009]. Основная причина создавшегося неудовлетворительного положения с загрязнением водных объектов — низкая степень очистки сточных вод, сбрасываемых в водные объекты. В большинстве случаев это связано с низкой эффективностью работы очистных сооружений городов и предприятий.

Значительную, но не самую весомую долю от общего загрязнения ТКО занимают лишь Демидовский, Глинковский, Краснинский, Угранский, Холм-Жирковский районы (рис. 1 г). Некоторые районы, показывающие низкий уровень загрязнения атмосферного воздуха, имеют худший результат по показателям загрязнения ТКО (например, Демидовский, Холм-Жирковский районы).

<sup>1</sup> Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Смоленской области в 2017 году» Смоленск, 2018. 228 с.

<sup>2</sup> Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Смоленской области в 2018 году» Смоленск, 2019. 204 с.

<sup>3</sup> Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Смоленской области в 2018 году» Смоленск, 2019. 204 с. С. 39–41.

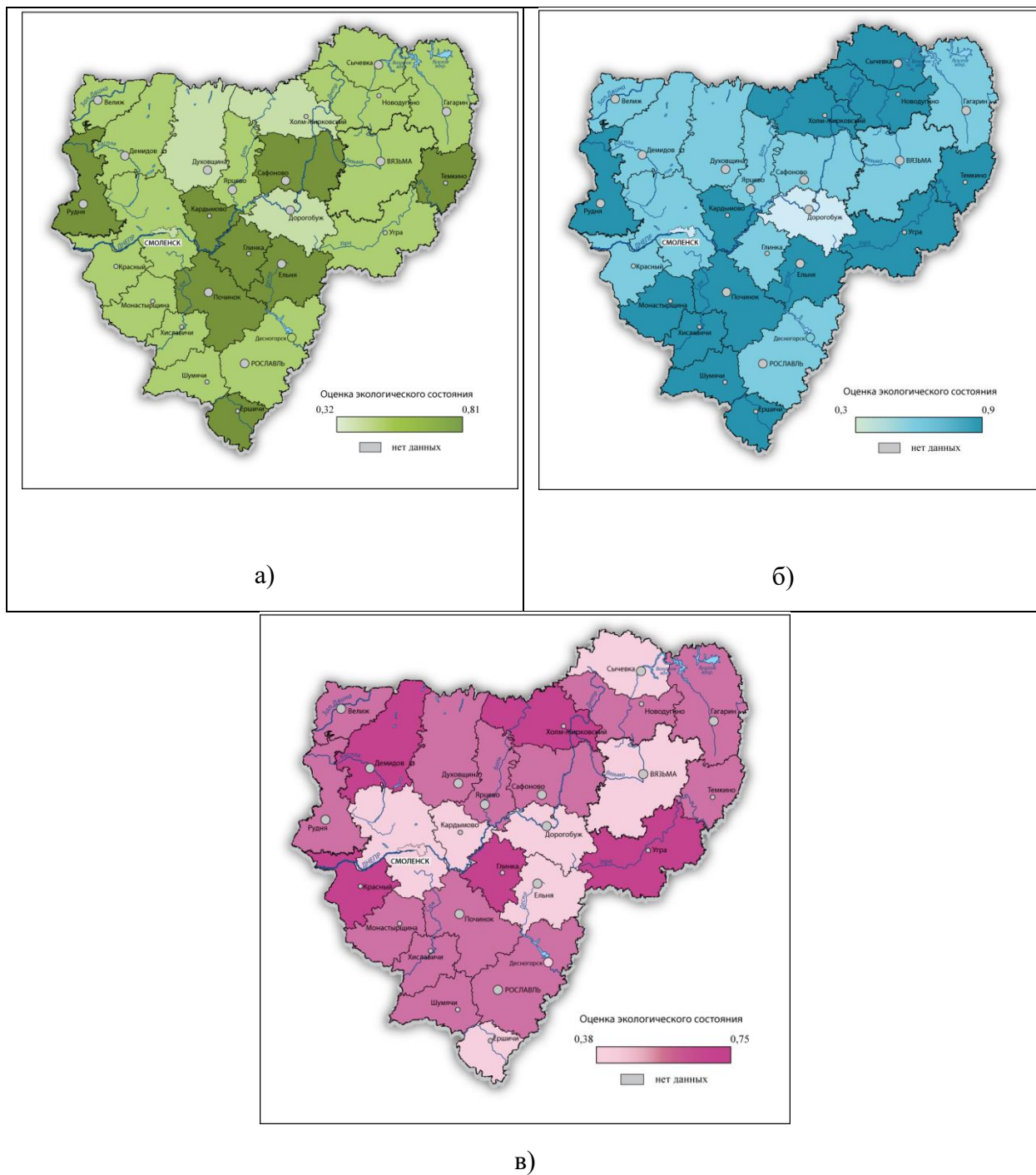
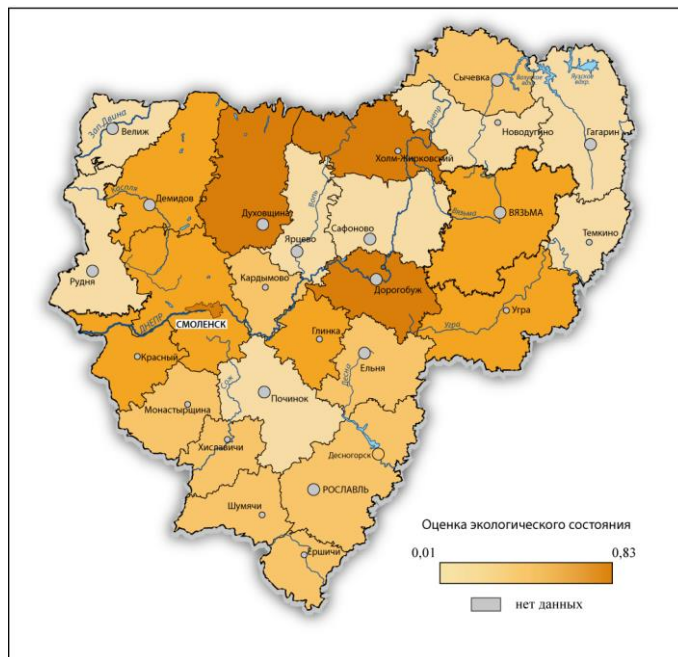


Рис. 1. Индексы загрязнения: а) загрязнение воздуха; б) загрязнение воды; в) образование ТКО  
Fig. 1. Pollution indexes: a) air pollution; б) water pollution; в) the formation of solid waste

Некоторые районы Смоленской области, имеющие относительно невысокие показатели загрязнения по отдельным параметрам, выделяются по комплексу показателей (рис. 2). Так, максимальные значения приходятся на Дорогобужский район и г. Смоленск, далее следуют Холм-Жирковский и Духовщинский районы.





*Рис. 2. Индекс загрязнения по комплексу показателей*  
*Fig. 2. Pollution index of complex indicators*

## ВЫВОДЫ

Сравнительный анализ экологической ситуации в муниципальных образованиях Смоленской области показал эффективность применяемой методики. Она связана с доступностью исходных данных для анализа, информативностью показателей, учётом численности населения и площади территории, на которую приходится загрязнение.

Полученные с использованием абсолютных показателей результаты выявили разрыв в значениях индексов при анализе отдельных компонентов и комплекса показателей.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено при поддержке РФФИ, грант № 18-05-00236 в области характеристики общественного здоровья и РНФ, грант № 20-47-01001 в области характеристики экологической оценки территорий.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The research was supported by the Russian Found for Basic Research, grant No 18-05-00236 in the field of public health characteristics, and the Russian Scientific Found, grant No 20-47-01001 in the field of environmental assessment characteristics of territories.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Битюкова В.Р. Методы оценки экологической ситуации в городах: полимасштабность подходов. Теоретические и методические подходы в экономической и социальной географии. Москва: Географический факультет МГУ, 2019. С. 223–249.
2. Битюкова В.Р., Боровиков М.С. Экологическое состояние регионов России и Казахстана: возможности измерения и факторы дифференциации. Региональные исследования, 2016. № 54. С. 57–80.

3. *Бобров Е.А.* Эколого-гидрологические проблемы городских территорий (на примере г. Смоленска). Актуальные проблемы современной географии. Смоленск: Универсум, 2002. С. 71–76.
4. *Горбанев В.И., Кочуров Б.И.* Новое географо-экологическое районирование России. Пространственная организация общества: теория, методология, практика. Сборник материалов Междунар. науч.-практ. конф., 2018. С. 10–16.
5. *Зверькова Ю.С.* Современное состояние реки Днепр на территории Смоленской области в условиях антропогенного воздействия. Вестник МГОУ. Серия «Естественные науки», 2011. № 3. С. 112–116.
6. *Иванова Е.Ю.* Динамика изменения состояния приземного слоя атмосферы в городе Нововоронеж, определяемая биологическими методами. Экогеохимия и биоиндикация техногенных рисков территорий интенсивного антропогенного освоения: сборник научных статей. Воронеж: Издательство «Научная книга», 2018. С. 95–105.
7. *Каманина И.З., Каплина С.П., Макаров О.А., Кликодуева Н.А.* Комплексная оценка экологического состояния наукограда Дубна. Дубна: Дубна, 2019. 168 с.
8. *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.* Регионы и города России: интегральная оценка экологического состояния. Москва: ИП Филимонов М.В., 2014. 560 с.
9. *Клепиков О.В., Самойлов А.С., Ушаков И.Б., Попов В.И., Куролан С.А.* Комплексная оценка состояния окружающей среды промышленного города. Гигиена и санитария, 2018. № 97 (8). С. 686–692.
10. *Мячина О.В., Клепиков О.В.* Комплексная оценка состояния окружающей среды и риска для здоровья населения промышленного города. Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология, 2017. № 1. С. 100–107.
11. *Рубанов И.Н.* Описание методики разработки интегральных индикаторов для оценки свойств пространственных объектов и анализ типовых ошибок исследований (на примере индикаторов устойчивого развития и регионов России). ИнтерКарто. ИнтерГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий: Материалы Междунар. конф. М.: Издательство Московского университета, 2019. Т. 25. Ч. 1. С. 5–17. DOI: <http://doi.org/10.35595/2414-9179-2019-1-25-5-17>.
12. *Рубанов И.Н., Тикунов В.С.* Оценка экономической устойчивости регионов Российской Федерации. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Материалы Междунар. конф. Пермь, 2009. Т. 15. С. 3–11.
13. *Тикунов В.С.* Классификации в географии: ренессанс или увядание? (Опыт формальных классификаций). Москва – Смоленск: Издательство СГУ, 1997. 367 с.
14. *Тикунов В.С., Черешня О.Ю.* Индекс загрязнения и индекс напряжённости экологической ситуации в регионах Российской Федерации. Теоретическая и прикладная экология, 2017. № 3. С. 34–38.
15. *Черногаева Г.М., Зеленов А.С.* Сравнение урбанизированных территорий субъектов РФ по степени напряжённости экологической ситуации. Известия РАН. Серия географическая, 2009. № 4. С. 86–93.
16. *Шкаликов В.А., Анкинович И.В.* Влияние Дорогобужского промышленного комплекса на гидрохимический режим р. Днепр. Творческое наследие В.В. Докучаева и современность: Материалы Всероссийской научно-практической конференции молодых учёных. Смоленск: Универсум, 2011. С. 240–257.
17. *Шкаликов В.А., Анкинович И.В.* Изменение гидрохимического режима р. Днепр под влиянием стоков с территории г. Смоленска. И.И. Орловский и современные проблемы краеведения: Сб. научных статей. Смоленск: Универсум, 2009. С. 491–511.
18. *Шкаликов В.А., Бобров Е.А.* Социально-экологические проблемы города (на примере Смоленска и других городов Смоленской области). Смоленск: Смоленская городская типография, 2009. 279 с.



19. Шкаликов В.А. Основные особенности гидрологического режима Днепра и его изменения под влиянием хозяйственной деятельности. Региональные исследования, 2004. № 1 (3). Смоленск: Универсум, 2004. С. 88–95.
20. Timofeev I., Shartova N., Kosheleva N., Kasimov N. Potentially toxic elements in urban topsoils and health risk assessment for the mining w–mo center in the Baikal region. Environmental Geochemistry and Health, 2019. P. 1–20.

## REFERENCES

1. Bityukova V.R. Methods for assessing the environmental situation in cities: multi-scale approaches. Theoretical and methodological approaches in economic and social geography. Moscow: Faculty of Geography of Moscow State University, 2019. P. 223–249 (in Russian).
2. Bityukova V.R., Borovikov M.S. The ecological state of the regions of Russia and Kazakhstan: measurement capabilities and differentiation factors. Regional Studies, 2016. No 54. P. 57–80 (in Russian).
3. Bobrov E.A. Ecological and hydrological problems of urban areas (for example, Smolensk). Actual problems of modern geography. Smolensk: Universum, 2002. P. 71–76. (in Russian).
4. Gorbanev V.I., Kochurov B.I. New geo-ecological regionalization of Russia. The spatial organization of society: theory, methodology, practice. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, 2018. P. 10–16 (in Russian).
5. Zver'kova Yu.S. The current state of the Dnieper River in the Smolensk region under conditions of anthropogenic impact. Bulletin of MGOU. Series “Natural Sciences”, 2011. No 3. P. 112–116. (in Russian).
6. Ivanova E.Yu. The dynamics of the state of the surface layer of the atmosphere in the city of Novovoronezh, determined by biological methods. Ecogeochemistry and bioindication of technogenic risks of territories of intensive anthropogenic development: collection of scientific articles. Voronezh: Scientific book publishing house, 2018. P. 95–105 (in Russian).
7. Kamanina I.Z., Kaplina S.P., Makarov O.A., Klikodueva N.A. Comprehensive assessment of the ecological state of the science city of Dubna. Dubna: Dubna, 2019. 168 p. (in Russian).
8. Kasimov N.S., Bityukova V.R., Malkhazova S.M., Kosheleva N.E., Nikiforova E.M., Shartova N.V., Vlasov D.V., Timonin S.A., Krainov V.N. Regions and cities of Russia: an integrated assessment of the ecological state. Moscow: IE Filimonov M.V., 2014. 560 p. (in Russian).
9. Klepikov O.V., Samoilo A.S., Ushakov I.B., Popov V.I., Kurolap S.A. Integrated environmental assessment of an industrial city. Hygiene and sanitation, 2018. No 97 (8). P. 686–692 (in Russian).
10. Myachina O.V., Klepikov O.V. Comprehensive assessment of the state of the environment and the risk to the health of the population of an industrial city. Bulletin of Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology, 2017. No 1. P. 100–107 (in Russian).
11. Rubanov I.N. Description of the methodology for developing integrated indicators for assessing the properties of spatial objects and analysis of typical research errors (by the example of indicators of sustainable development and regions of Russia). InterCarto. InterGIS. GI support of sustainable development of territories: Proceedings of the International conference. Moscow: Moscow University Press, 2019. V. 25. Part 1. P. 5–17. DOI: <http://doi.org/10.35595/2414-9179-2019-1-25-5-17> (in Russian, abs English).
12. Rubanov I.N., Tikunov V.S. Assessment of the economic stability of the regions of the Russian Federation. InterCarto. InterGIS. Proceedings of the International conference. Perm, 2009. V. 15. P. 3–11 (in Russian).
13. Tikunov V.S. Classifications in geography: renaissance or wilting? (Experience in formal classifications). Moscow – Smolensk: Publishing House of SSU, 1997. 367 p. (in Russian).
14. Tikunov V.S., Chereshnya O.Yu. Pollution index and environmental stress index in the regions of the Russian Federation. Theoretical and Applied Ecology, 2017. No 3. P. 34–38.

15. *Chernogaeva G.M., Zelenov A.S.* Comparison of the urbanized territories of the constituent entities of the Russian Federation according to the degree of environmental stress. Proceedings of the RAS. Geographical Series, 2009. No 4. P. 86–93 (in Russian).
  16. *Shkalikov V.A., Ankinovich I.V.* The influence of the Dorogobuzh industrial complex on the hydrochemical regime of the river. Dnieper. The creative heritage of V.V. Dokuchaev and modernity: Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference of Young Scientists, 2011. Smolensk: Universum, 2011. P. 240–257.
  17. *Shkalikov V.A., Ankinovich I.V.* Change in the hydrochemical regime of the river. The Dnieper is influenced by effluents from the territory of Smolensk. I.I. Orlovsky and modern problems of local history. Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference. Smolensk: Universum, 2009. P. 491–511 (in Russian).
  18. *Shkalikov V.A., Bobrov E.A.* Social and environmental problems of the city (on the example of Smolensk and other cities of the Smolensk region). Smolensk: Smolensk city printing house, 2009. 279 p. (in Russian).
  19. *Shkalikov V.A.* The main features of the hydrological regime of the Dnieper and its changes under the influence of economic activity. Regional Studies, 2004. No 1 (3). Smolensk: Universum, 2004. P. 88–95 (in Russian).
  20. *Timofeev I., Shartova N., Kosheleva N., Kasimov N.* Potentially toxic elements in urban topsoils and health risk assessment for the mining w–mo center in the Baikal region. Environmental Geochemistry and Health, 2019. P. 1–20.
-