

УДК 502.335+504.054

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ В 2021 г.

Е. А. Жадановская¹⁾, С. А. Громов^{1,2)}

¹⁾Институт глобального климата и экологии им. Ю. А. Израэля, ул. Глебовская, 20Б,
107258, г. Москва, Российская Федерация, zhadanovskaya@gmail.com

²⁾Институт географии Российской академии наук, Старомонетный пер., 29(4),
119017, г. Москва, Российская Федерация, gromov@igras.ru

На основе данных мониторинга атмосферного воздуха, поверхностных пресных вод и почвенного покрова представлен метод оценки уровня загрязненности окружающей среды урбанизированных территорий субъектов Российской Федерации, который позволяет ранжировать регионы и группировать их в зависимости от степени загрязненности. По результатам расчетов за 2021 г. были выявлены регионы с неблагоприятной экологической обстановкой, показано изменение загрязненности субъектов относительно оценок для 2013 г.

Ключевые слова: региональная оценка; загрязнение окружающей среды; данные мониторинга; Российская Федерация.

REGIONAL ASSESSMENT OF THE ENVIRONMENTAL POLLUTION IN THE RUSSIAN FEDERATION IN 2021

E. A. Zhadanovskaya¹⁾, S. A. Gromov^{1,2)}

¹⁾Yu. A. Izrael Institute of Global Climate and Ecology, Glebovskaya str., 20B, 107258,
Moscow, Russian Federation, zhadanovskaya@gmail.com

²⁾Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences, Staromonetnyi lane, 29(4),
119017, Moscow, Russian Federation, gromov@igras.ru

Based on monitoring data for air, surface water and soil, we present a method for assessing the environmental pollution level in urban areas within the constituent entities of the Russian Federation, which allows ranking regions and grouping them depending on pollution degree. By calculated results, regions with an adverse environmental situation were revealed for 2021 and the change relative to the 2013 assessments was shown.

Keywords: regional assessment; environmental pollution; monitoring data; Russian Federation

Оценка загрязненности окружающей среды (ОС) на региональном уровне является одной из важных проблем не только в России, но и во многих промышленно развитых странах. Загрязнение, вызванное

деятельностью человека, приводит к снижению качества ОС, особенно на урбанизированных территориях. Для интегральной сравнительной характеристики интенсивности таких процессов необходима разработка показателя загрязненности ОС, включающего результаты оценки загрязненности ее базовых компонент: атмосферного воздуха, поверхностных пресных вод и почвенного покрова.

Субъекты Российской Федерации различаются по размерам, уровню промышленного развития, плотности населения, климатическим условиям и другим факторам, влияющим на формирование и распространение загрязнения ОС и, как следствие, на ее состояние в регионе. Оценка загрязненности ОС в региональном масштабе сталкивается с проблемой нехватки данных. Очень часто используются статистические показатели, косвенно характеризующие факторы загрязнения ОС и находящиеся в свободном доступе на официальном сайте Федеральной службы государственной статистики России. В качестве базовых составляющих для комплексных показателей качества/загрязненности ОС в основном используются объемы выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, сбросы сточных вод в поверхностные водные объекты, количество незаконных свалок, захоронений твердых бытовых отходов и т. п. [1-5].

Данные мониторинга загрязнения природных сред редко используются при оценке и картировании экологической ситуации в Российской Федерации. Попытка определить уровень загрязненности ОС для каждого региона России по результатам государственного мониторинга была предпринята более 10 лет назад [6]. К сожалению, исследование не получило дальнейшего развития.

В настоящей работе применяется та же концепция, что и в [6]. В основе оценки загрязненности ОС регионов лежат результаты мониторинга Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет).

Показатель загрязненности атмосферного воздуха региона определяется по формуле (1):

$$A^r = \frac{\sum_{i=1}^m \mu_i^r N_i^r}{N^r}, \quad (1)$$

где m – количество городов в субъекте r ; μ_i^r – весовой коэффициент, величина которого зависит от уровня загрязнения воздуха в i -м городе субъекта r (табл. 1); N_i^r – численность населения города i в субъекте r ; N^r – численность городского населения в субъекте r .

Значения весового коэффициента

Уровень загрязнения атмосферного воздуха в городе i	μ_i
Не определен/Нет наблюдений	0
Низкий	0,125
Повышенный	0,375
Высокий	0,625
Очень высокий	1

Государственная сеть мониторинга загрязнения атмосферного воздуха охватывает 22,5 % городов России в 77 субъектах. Пункты наблюдений расположены в жилых районах, в зоне влияния промышленных предприятий, а также вблизи крупных автомагистралей с интенсивным движением городского автотранспорта. Уровень загрязнения воздуха (см. первый столбец таблицы) оценивается с помощью набора параметров. Основным из них является комплексный индекс загрязнения атмосферы, рассчитываемый по значениям среднегодовых концентраций пяти приоритетных загрязнителей в городе. Он характеризует уровень хронического длительного загрязнения воздуха. Перечень городов, в которых проводятся регулярные наблюдения за состоянием атмосферного воздуха и определяется уровень его загрязнения, публикуется в [7] и доступен на сайте <http://voeikovmgo.ru/>. Как источник данных о численности городского населения мы использовали официальные статистические данные, опубликованные в [8].

Показатель загрязненности поверхностных пресных вод рассчитывается по формуле (2):

$$W^r = N_{\text{ЭВЗ}}^r + 0,2N_{\text{ВЗ}}^r, \quad (2)$$

где $N_{\text{ЭВЗ}}^r$ – количество случаев экстремально высокого загрязнения (ЭВЗ) поверхностных пресных вод в субъекте r ; $N_{\text{ВЗ}}^r$ – количество случаев высокого загрязнения (ВЗ) поверхностных пресных вод в субъекте r .

Сеть мониторинга загрязнения поверхностных пресных вод состоит из более 1800 пунктов наблюдений, установленных более чем на 1100 водных объектах, и охватывает все регионы России. Пункты наблюдений расположены на участках, подверженных влиянию промышленных, хозяйственно-бытовых и сельскохозяйственных стоков и, в основном, обеспечивают контроль влияния антропогенного фактора на качество поверхностных пресных вод. ВЗ устанавливается, если концентрация загрязняющего вещества в пробе превышает предельно допустимую концентрацию в 3-5 раз для веществ 1-2-го класса опасности и в 10-50 раз — для 3-4-го класса

опасности. ЭВЗ означает, что значение концентрации превышает максимальный порог ВЗ. Информация о случаях ВЗ и ЭВЗ поверхностных пресных вод экспортируется из ежемесячно пополняемой базы данных, разработанной в Институте глобального климата и экологии им. Ю. А. Израэля, обрабатывается и публикуется на сайте Росгидромета в разделе «Об аварийном, экстремально высоком и высоком загрязнении окружающей среды на территории России».

В качестве показателя загрязненности почвенного покрова региона была выбрана площадь поверхности, подверженная хроническому кумулятивному промышленному и транспортному загрязнению в городах или промышленных центрах и вокруг них. Площади загрязнения рассчитывались на основе анализа спутниковых изображений в период снеготаяния, когда затенение снежного покрова вокруг населенных пунктов позволяет определить границы превышения фона в 2 раза [9-10].

Учитывая особенности исходных данных, здесь и далее в работе мы рассматривали только урбанизированные территории субъектов.

Для оценки уровня загрязненности ОС необходимо, чтобы все показатели, входящие в ее состав, имели единую размерность. Для этого диапазон варьирования каждого показателя был приведен к 5-балльной шкале (1 — самый низкий, 5 — самый высокий уровень загрязненности; 0 баллов означает отсутствие или недостаточно данных для оценки) методом кластеризации данных *k*-средних [11-12], а каждому субъекту России присвоен соответствующий балл в зависимости от принадлежности к группе (кластеру). Показатель загрязненности ОС рассчитывался как сумма нормированных показателей загрязненности атмосферного воздуха, поверхностных пресных вод и почвенного покрова. Очень высокий уровень загрязненности устанавливался при значении суммарного балла более 11, высокий — при 9-11, средний — при 7-8; умеренный — при 5-6; низкий — менее 5. Подробное описание концепции и алгоритма расчета представлено в [13].

Российские субъекты существенно отличаются по своим географическим размерам и численности населения, поэтому два крупнейших региона азиатской части России площадью 2,3 и 3 млн. кв. км (Красноярский край и Республика Саха (Якутия) соответственно) были разделены на части для отделения густонаселенных территорий от малонаселенных. Три города федерального значения (Москва, Санкт-Петербург, Севастополь) были объединены с соответствующими регионами, в пределах которых они расположены.

Пространственное распределение уровней загрязненности ОС в разрезе субъектов Российской Федерации в 2021 г. представлено на рисунке 1. Наибольшую нагрузку на ОС от антропогенной деятельности

испытывали высоко урбанизированные территории Свердловской, Московской (вместе с г. Москва), Челябинской, Мурманской и Ростовской областей, южной части Красноярского края. Для двух третей регионов страны уровень загрязненности ОС оценивался по комплексному показателю как умеренный или низкий (табл. 2). Тем не менее за 9-летний период наметилась тенденция ухудшения состояния ОС урбанизированных территорий субъектов: в 2021 г. уровень загрязненности повысился относительно оценок 2013 г. в 15 регионах и снизился в 10 (рис. 2).

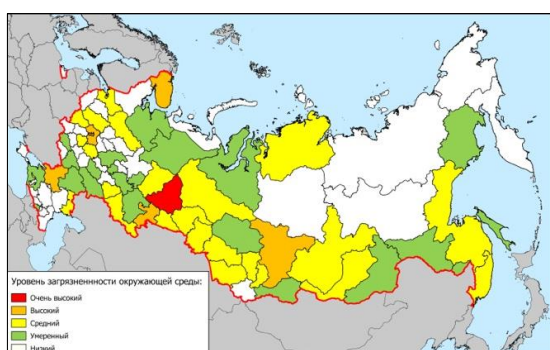


Рис. 1. Оценка загрязненности ОС урбанизированных территорий субъектов Российской Федерации в 2021 г.

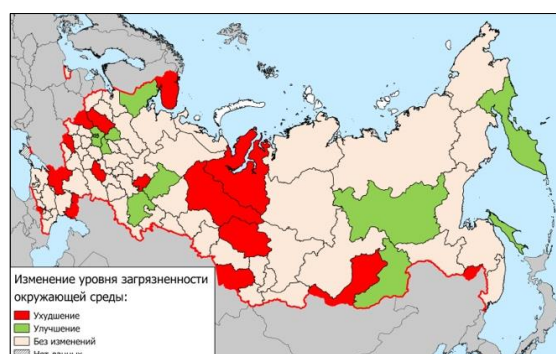


Рис. 2. Тенденция изменения уровня загрязненности ОС Российской Федерации за период 2013-2021 гг.

Таблица 2

Распределение количества субъектов Российской Федерации по уровню загрязнения окружающей среды

Уровень загрязненности	Количество регионов	
	2013	2021
Очень высокий	2	1
Высокий	3	5
Средний	21	23
Умеренный	23	22
Низкий	35	34

Таким образом, мы продемонстрировали, как данные мониторинга могут быть использованы для оценки регионального уровня загрязненности ОС. Такие оценки можно проводить регулярно, анализировать пространственно-временную динамику уровней загрязненности, а также эффективность выполнения природоохранных мероприятий и достижение целей государственных программ и проектов в области экологии и охраны ОС.

Исследование выполнено в рамках темы НИОКТР АААА-А20-120020490070-3 «Развитие и модернизация методов и технологий комплексного фонового мониторинга и комплексной оценки состояния и загрязнения окружающей среды РФ и ее динамики (по интегрированным результатам сетей мониторинга Росгидромета)». Обработка и картографирование сделано в работах по государственному заданию Института географии РАН FMWS-2024-0009 №1023032700199-9.

Библиографические ссылки

1. Состояние окружающей среды [Электронный ресурс] // Национальный атлас России. Т. 2: Природа. Экология. Москва: ФГУП ПКО «Картография», 2007. С. 426-456. URL: <https://nationalatlas.ru/tom2/> (дата обращения: 12.11.2022).
2. Экологический атлас России / глав. ред. Н. С. Касимов. Москва: Феория, 2017.
3. Битюкова В. Р. Региональный анализ экологической ситуации в России в 1990–2012 гг. // Вопросы географии. Сб. 141: Проблемы регионального развития России. С. 275-295.
4. Petrov A. I., Petrova D. A. Atmospheric pollution of the Ural Federal District subjects (2016): regional features // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2018. 181 012025.
5. Тикунов В. С., Черешня О. Ю. Индекс загрязнения и индекс напряженности экологической ситуации в регионах Российской Федерации // Теоретическая и прикладная экология. 2017. № 3. С. 34-38.
6. Черногаева Г. М., Зеленов А. С. Сравнение урбанизированных территорий субъектов РФ по степени напряженности экологической ситуации // Известия РАН. Сер. географ. 2009. № 4. С. 86-93.
7. Состояние загрязнения атмосферы в городах на территории России : ежегодник. Санкт-Петербург: ФГБУ ГГО, Росгидромет, 2022.
8. Численность населения Российской Федерации по муниципальным образованиям на 1 января 2022 г. [Электронный ресурс] // Росстат: официальный сайт. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Chisl_nasel_RF_MO_01-01-2022.xlsx (дата обращения 30.12.2022).
9. Прокачева В. Г., Усачев В. Ф. Загрязненные земли в регионах России. Гидрографический аспект : справочные данные. Санкт-Петербург : Недра, 2004.
10. Prokacheva V. G., Usachev V. F. Snow cover as an indicator of cumulative man-made pollution in the area of influence of cities and roads // Russ. Meteorol. Hydrol. 2013. Vol. 38. P. 206-215.
11. Berkhin P. A Survey of clustering data mining techniques. In: (J. Kogan, C. Nicholas and M. Teboulle , eds.) Grouping Multidimensional Data. Berlin, Heidelberg : Springer, 2006. P. 25-71.
12. Witten I. H., Frank E. Data mining: practical machine learning tools and techniques, 2nd ed. San Francisco : Morgan Kaufmann Publishers, 2005.
13. Черногаева Г. М., Жадановская Е. А., Журавлева Л. Р., Малеванов Ю. А. Загрязнение окружающей среды в регионах России в начале XXI века. Москва: Полиграф-Плюс, 2019.