

УДК [502.3:613.15](520)

doi: 10.33933/2713-3001-2022-66-71-80

К оценке потенциального риска загрязнения атмосферы на о. Хоккайдо (Япония)

А.И. Банчева

Географический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, ban-sai@mail.ru

Статья посвящена оценке территории с точки зрения ее уязвимости к загрязнению воздуха, выполненной на примере острова Хоккайдо, Япония. На основании формулы, предложенной Ю. Пыхом и И. Малкиной-Пых, рассчитан потенциальный риск загрязнения атмосферы для 134 метеорологических станций, равномерно покрывающих всю территорию острова. В расчетах были использованы суточные данные января и июля за 31-летний временной промежуток: скорость ветра, минимальная и максимальная температуры, количество осадков. Установлено, что лучшие условия для самоочищения атмосферы характерны для юго-западной и западной части острова, а также побережий в целом, худшие — для центральной и юго-восточной части острова. Показатель может быть использован для комплексных оценок устойчивости территории к техногенному загрязнению, в том числе и зарубежных территорий.

Ключевые слова: самоочищение атмосферы, уязвимость, устойчивость, потенциал загрязнения атмосферы, ассимиляционный потенциал атмосферы, экологическая климатология.

On the potential risk of air pollution of Hokkaido island, Japan

A.I. Bancheva

Lomonosov Moscow State University, Department of Geography, Moscow, Russia,
ban-sai@mail.ru

The paper deals with the assessment of the index of air pollution risk potential using the example of Hokkaido Island, Japan. According to the methodology of Yu. Pykh and I. Malkina-Pykh, both factors of accumulation and dispersion of pollution in the atmosphere are analyzed. These features are estimated through climatological characteristics of daily mean data of maximum and minimum temperatures, precipitation and wind speed from the 134 meteorological stations of the Hokkaido prefecture for 31 years (1985—2015), data for which are available at the Japan Meteorological Agency. The research results show that the territory has a stronger difference by the index in the winter season. In January, the south-eastern part of Hokkaido is characterized by high values of the index, which means low self-purification capacity of the atmosphere. The maximum of index values is noted for the station Hombetsu, located in the north-eastern part of Tokachi valley, between the Hidaka Mountains and the Shiranuko Highlands. Here, the wind velocity and precipitation are not high, the accumulation of pollutants dominating the diffusion. On the contrary, the Japan Sea side of Hokkaido is characterized by low index value. The minimum of the index values is found in the Oshima peninsula, station Matsumae, with a lot of precipitation and strong winds, which increase the assimilative capacity of the place. In the summer season, the difference between meteorological stations is not so strong, the seashore territories all over Hokkaido having the best self-purification abilities. The advantage of the method is open-source meteorological data and quite a small number of elements taken into account. It can be of use for regional studies and comprehensive research on the assimilative ca-

capacity of landscapes and their resistance to industrial pressure. It might be used as a preliminary assessment of a region during its industrial development and environmental management. Ecological technologies and monitoring might be recommended especially for the regions with high index of air pollution risk potential.

Keywords: air pollution, assimilative capacity of the atmosphere, environmental climatology, self-purification capacity, environmental impact assessment, regional development, unfavorable meteorological conditions.

For citation: *A.I. Bancheva.* The diffusing capacity of the atmosphere through the index of air pollution risk potential: Hokkaido, Japan. *Gidrometeorologiya i Ekologiya.* Journal of Hydrometeorology and Ecology. 2022, 66: 71—80. [In Russian]. doi: 10.33933/2713-3001-2022-66-71-80

Введение

В условиях возрастающего антропогенного давления на окружающую среду и загрязнения природных сред чрезвычайно важным является вопрос, касающийся способности природы нейтрализовать данное воздействие. Этот вопрос рассматривался, например, в работах [1—5] и др. В контексте проблемы загрязнения одного из компонентов среды — воздуха, а также его способности / неспособности к самоочищению используют понятие регенерационного потенциала атмосферы, который возможно оценить по одному из нескольких похожих показателей.

Одним из наиболее общепризнанных и широко используемых в научных и практических задачах является показатель потенциала загрязнения атмосферы (ПЗА), разработанный Э.Ю. Безуглой [6]. Показатель рассчитывается на основе повторяемости неблагоприятных для самоочищения факторов — туманов, слабых ветров, застоев воздуха и инверсий [7].

В оценке самоочищающихся свойств атмосферы может быть реализован и несколько другой подход, учитывающий соотношение неблагоприятных и благоприятных для самоочищения факторов (например, по осадкам). Формулы могут различаться набором слагаемых, т. е. учитываемыми метеорологическими характеристиками и показателями их интенсивности. Так, Селегей Т.С. рассматривает метеорологический потенциал атмосферы [8], Григорьева Е.А. — коэффициент метеорологического загрязнения атмосферы [9], Пых Ю.А. — индекс потенциального риска загрязнения атмосферы [10] и др. Однако в целом, в работах применяется единый подход — сравнение различных факторов, с учетом региональных особенностей [11, 12].

Над обозначенной тематикой, а также смежными вопросами работают и японские ученые [13—15], а также коллективы научно-исследовательских институтов: JICA Ogata Research Institute, National Institute for Environmental Studies [16, 17]. Многие работы посвящены столичному региону, г. Осака и другим крупным агломерациям. Так, Кавамура предложил методику оценки метеорологических характеристик для потенциала загрязнения атмосферы на примере региона Канто [14]. Ряд научно-исследовательских проектов посвящен моделированию загрязнения атмосферы с учетом существующих выбросов и транспортировки загрязняющих веществ, обусловленной метеорологическими условиями [15].

Главным преимуществом формулы Ю.А. Пыха, как кажется автору данной статьи, является то, что в качестве косвенного индикатора температурных

инверсий (непосредственные данные о которых не всегда представлены в открытом доступе в сети Интернет), авторы предлагают использовать показатель суточной амплитуды температуры воздуха. При этом постулируется следующий тезис: если перепад суточных температур составляет более девяти градусов, то предполагается, что в этот день наблюдается инверсия, если перепад составляет менее пяти градусов – инверсия отсутствует. Данный подход был апробирован авторами методики на территории Японии, регионе Тохоку, индекс рассчитан по данным 18 метеостанций за 1978—1998 гг. [12].

Цель настоящего исследования состоит в изучении распределения индекса потенциального риска загрязнения атмосферы на острове Хоккайдо за многолетний период с помощью методики Ю. Пыха и И. Малкиной-Пых.

Методика исследования

В формуле для расчета индекса потенциального риска загрязнения атмосферы (ПРЗА) в числителе сведены условия накопления загрязняющих веществ, в знаменателе — условия рассеивания [12]:

$$\text{ПРЗА} = \frac{P(V \leq 1) + P(A \geq 9) + P(Q \leq 1)}{P(V \geq 3) + P(A \leq 5) + P(Q \geq 3)},$$

где ПРЗА — индекс потенциального риска загрязнения атмосферы, безразмерный показатель;

$P(V \leq 1)$ — число дней в году со скоростью ветра ≤ 1 м/с;

$P(V \geq 3)$ — число дней в году со скоростью ветра ≥ 3 м/с;

$P(A \geq 9)$ — число дней в году с суточной амплитудой температур ≥ 9 °С;

$P(A \leq 5)$ — число дней в году с суточной амплитудой температур ≤ 5 °С;

$P(Q \leq 1)$ — число дней в году с осадками ≤ 1 мм,

$P(Q \geq 3)$ — число дней в году с осадками ≥ 3 мм.

Таким образом, исходными данными для расчетов послужили среднесуточные показатели скорости ветра (м/с), суточное количество осадков (мм), максимальная суточная температура (°С) и минимальная суточная температура (°С) [18]. Данные собраны за 31 год (1985—2015 гг.) для двух месяцев (январь и июль) с 134 метеостанций (соблюдено условие полного ряда наблюдений за указанный период), преобразованы в рабочий формат и сведены в несколько итоговых таблиц: с исходными данными (табл. 1), условиями накопления и условиями рассеивания загрязнителей (табл. 2). Как известно, согласно рекомендациям Всемирной метеорологической организации 30-летний временной промежуток может быть принят в качестве климатической нормы.

Таблицы с данными по условиям накопления и рассеивания загрязнителей были составлены с помощью инструментов «Функция СЧЕТ» и «Функция ЕСЛИ» в программе MS Excel. Например, условия накопления веществ представлены в табл. 2: если скорость ветра в указанный день не превышала 1 м/с, то этому дню присваивалось значение «1», если превышала — «0». Аналогичная процедура выполнялась по двум другим показателям.

Таблица 1

Исходные метеорологические данные по станции Нэмуру (фрагмент)

Initial data for Nemuro meteostation (fragment)

Год	Месяц	День	Средняя скорость ветра (м/с), V	Максимальная температура (°C), T_{\max}	Минимальная температура (°C), T_{\min}	Количество осадков (мм), Q
1985	1	1	3,80	-4,10	-10,90	0
1985	1	2	6,10	-5,70	-8,50	0
1985	1	3	2,40	-3,60	-12,70	0
1985	1	4	5,20	-5,20	-8,80	0
1985	1	5	6,00	-7,40	-13,00	0
...						
2015	1	31	11,70	0,60	-1,50	17,00

Таблица 2

Данные по условиям накопления загрязнителей (фрагмент)

Information regarding conditions for the pollutants accumulation (fragment)

Год	Месяц	День	Дни со скоростью ветра ≤ 1 м/с	Суточная амплитуда температуры (°C)	Дни с амплитудой ≥ 9 °C	Дни с количеством осадков ≤ 1 мм
1985	1	1	0	6,80	0	1
1985	1	2	0	2,80	0	1
1985	1	3	0	9,10	1	1
1985	1	4	0	3,60	0	1
1985	1	5	0	5,60	0	1
...						
2015	1	31	0	2,10	0	0
Число дней в году по каждому из параметров (средненное за 31 год)			0,06	-	3,35	25,16

В результате, из всего ряда данных для каждой метеостанции подсчитано количество дней, когда:

- 1) суточная амплитуда температура воздуха превышает 9 °C;
- 2) суточная амплитуда температуры менее 5 °C;
- 3) количество осадков менее 1 мм;
- 4) количество осадков более 3 мм;
- 5) скорость ветра менее 1 м/с;
- 6) скорость ветра более 3 м/с.

После этого вычислено среднее за 31 год количество дней в году (повторяемость явления), удовлетворяющее каждому из шести условий. Так, например, для станции Нэмуру число дней с ветром менее 1 м/с составило 0, с суточной амплитудой температуры, превышающей 9 °C — 3, а с осадками менее 1 мм — 25. Аналогичная таблица была составлена и с данными по условиям рассеивания, после чего рассчитан индекс потенциального риска загрязнения атмосферы для января. Аналогичная работа была проведена с данными по июлю, и в итоге

рассчитан индекс ПРЗА. На основе полученных результатов были рассчитаны среднегодовые значения индекса.

Ранжирование значений проводилось методом заданных интервалов в программе *ArcGIS*. Диапазон полученных значений индекса (от 0,2 до 14,5) разделен на девять категорий.

Результаты исследований

В результате проведения расчетов по вышеописанной методике для 134 метеостанций о. Хоккайдо получены значения индексов потенциального риска загрязнения атмосферы.

Первичный анализ результатов, выполненный по *среднегодовым значениям индекса*, позволил выявить несколько закономерностей. Во-первых, для территории характерен большой диапазон значений ПРЗА по метеостанциям, т. е. дифференциация территории по способности самоочищения атмосферы достаточно велика (рис. 1). Это объясняется существенными различиями в климате

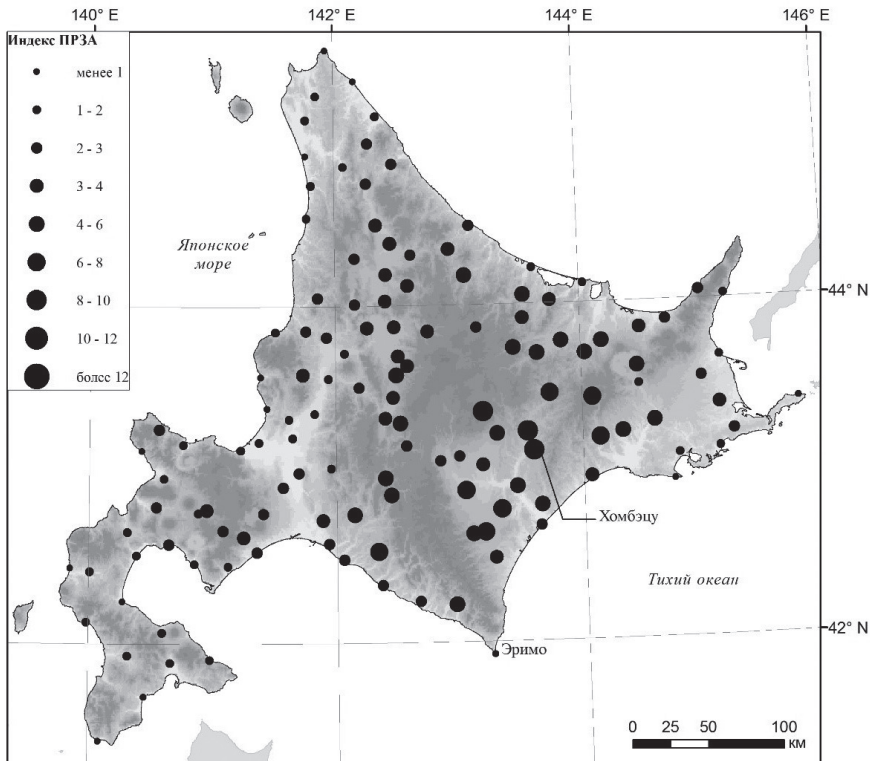


Рис. 1. Распределение индекса потенциального риска загрязнения атмосферы на острове Хоккайдо в среднем за 1985—2015 гг.

Fig. 1. The air pollution risk potential for Hokkaido island, 1985—2015 average, all seasons.

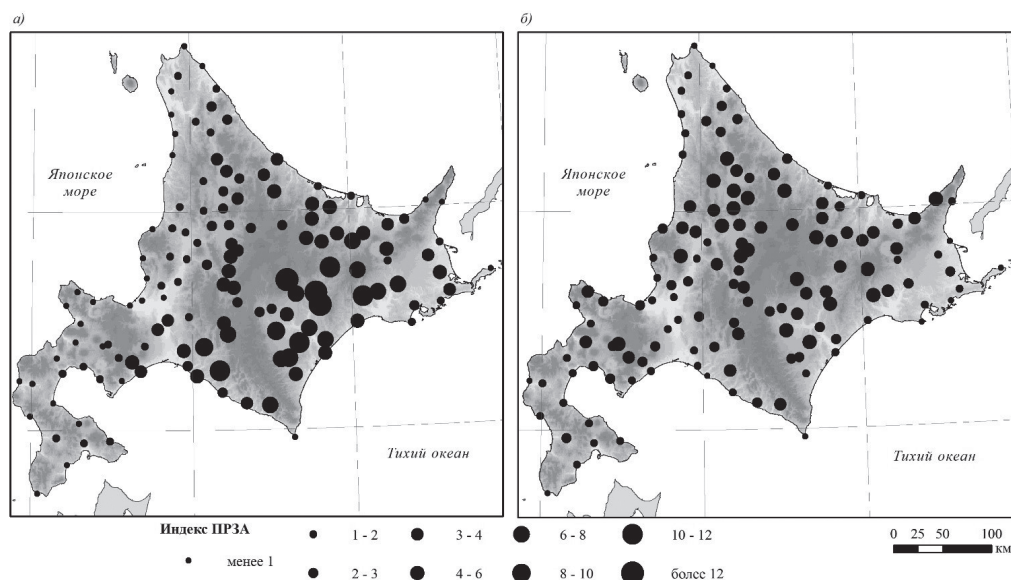


Рис. 2. Среднегодовое (1985—2015) распределение индекса потенциального риска загрязнения атмосферы на острове Хоккайдо в январе (а) и июле (б).

Fig. 2. The air pollution risk potential for Hokkaido island, 1985—2015 average, January (a) and July (b).

различных частей острова. Во-вторых, абсолютное большинство станций (90 %) имеет невысокое значение индекса (ниже среднего по острову). Лишь на юго-востоке острова сконцентрированы станции, характеризующиеся наименее благоприятными для самоочищения атмосферы условиями (например, метеостанция Хомбэцу).

Более подробное рассмотрение результатов, а именно по сезонам года, позволяет отметить, что зимой на острове наблюдаются гораздо более сильные различия в климатических характеристиках и диапазон ПРЗА, чем в летний сезон (рис. 2).

Так, относительно благоприятные по ассимиляционному потенциалу атмосферы локации четко ограничены западной частью острова — полуостров Осима, нагорье Сирибеси, равнины Исикари и Румой. Напротив, неблагоприятные условия отмечаются в остальных регионах — это юг (регион Хидака), центральная часть острова (котловина Камикава), северо-восток (низменность и впадина Китами), юго-восток (равнины Токати и Кусиро).

Весомый вклад в дифференциацию условий атмосферы по очищению от загрязнителей вносит, по-видимому, различное количество осадков в западной и восточной части острова. На западные побережья осадки приносят воздушные массы Азиатского антициклона, насыщенные влагой Японского моря. Благодаря этому на западе Хоккайдо и Хонсю в зимние месяцы выпадает до 300 мм, в то

время как на восточных — не более 150 мм. Так, согласно метеоданным, используемых в настоящей работе, количество осадков на метеостанции Саппоро в январе составляет 114 мм, на метеостанции Обихиро — всего 41 мм [18].

Для станций, расположенных во впадине Китами (между горами Тайсецу и возвышенностью Сирануко) — юго-восток острова — важным фактором является также низкая скорость ветра. В зимний период барьером для воздушных масс, приходящих с запада, выступают горы Тайсецу, Исикари и Хидака, а в летний — возвышенность Сирануко (она блокирует юго-восточные ветра с Тихого океана). В результате, для расположенных здесь метеостанций получены максимальные на острове значения ПРЗА.

Так, на основе осреднения суточных метеоданных можно сказать, что на станции «Нукабира гэнсэн гоу» среднемноголетняя скорость ветра в январе составляет 0,65 м/с, количество осадков — 50 мм; на станции «Хомбэцу» — 1 м/с и 31 мм; на станции «Асёро» — 1,3 м/с и 28 мм [18].

В летний сезон дифференциация территории по индексу ПРЗА значительно меньше, диапазон значений составляет от 0,3 до 6 единиц. Относительно высокие значения ПРЗА (до 6 единиц) характерны для внутренних частей острова, относительно низкие (менее 2) — для прибрежных. Распределение осадков летом не так дифференцировано, как зимой: летний муссон до Хоккайдо практически не доходит, а скорости ветра и суточные амплитуды температур распределены согласно общим закономерностям. Можно отметить, что в целом по острову условия для рассеивания загрязнителей летом несколько лучше.

В итоге можно отметить, что остров Хоккайдо достаточно дифференцирован по условиям накопления загрязняющих веществ в воздухе, и потенциальный риск загрязнения атмосферы различается на порядок в западных и юго-восточных частях острова. Наибольшие различия проявляются в зимний сезон, а летом они более сглажены, и в целом условия для рассеивания загрязнителей существенно лучше. Территории с максимально высоким ПРЗА приурочены к центральной и юго-восточной части острова (горы Тайсецу, долина Токати). Западная часть острова, а именно полуостров Осима, нагорье Сирибеси и равнина Румой, а также равнина Консен и прибрежные ландшафты в целом имеют невысокий потенциальный риск загрязнения атмосферы.

Заключение

Индекс потенциального риска загрязнения атмосферы является одним из показателей регенерационного потенциала атмосферы и наряду с уже принятыми и широко используемыми индексами может использоваться в изучении территорий с точки зрения их возможности рассеивания или накопления загрязняющих веществ. Его преимущество заключается в простоте методики и доступности всех необходимых для расчетов данных наблюдений на метеорологических станциях в открытом доступе. В частности, индекс может рассчитываться в случае, если отсутствуют данные по туманам и температурным инверсиям. Индекс ПРЗА также можно рассматривать как одну из характеристик

потенциальной уязвимости ландшафта к загрязнению и использовать в качестве одного из элементов в исследованиях устойчивости территории к техногенному загрязнению.

Список литературы

1. *Downing R., Ramankutty R., Shah J.* RAINS-ASIA. An Assessment Model for Acid Deposition in Asia. The World Bank, 1997. 67 p.
2. *Дмитриев В.В., Огурцов А.Н.* Подходы к интегральной оценке и ГИС-картографированию устойчивости и экологического благополучия геосистем // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. 2019. № 64(2). С. 162—184. doi: 10.21638/spbu07.2019.201.
3. *Казаков Л.К.* Устойчивость и динамика ландшафтов как факторы природопользования // Рациональное природопользование: теория, практика, образование. М.: МГУ, 2012. С. 40—49.
4. *Васенькина Е.Ю.* Экономико-географическая оценка ландшафтов на основе их природного потенциала: на примере Республики Бурятия: автореф. дисс. ... к.г.н. М., 2008. 247 с.
5. *Банчева А.И.* Геоэкологическая оценка ландшафтов острова Хоккайдо (Япония): автореф. дисс. ... к.г.н. М., 2018. 144 с.
6. *Безуглая Э.Ю.* Метеорологический потенциал и климатические особенности загрязнения воздуха городов. Л.: Гидрометеоздат, 1980. 184 с.
7. Климатические характеристики условий распространения примесей в атмосфере: Справочное пособие / Под ред. Безуглой Э.Ю. и Берлянда М.Е. Л.: Гидрометиздат, 1983. 328 с.
8. *Селегей Т.С.* Метеорологический потенциал самоочищения атмосферы Сибирского экономического района // Труды Зап.-Сиб. регион. науч.-исслед. гидрометеорол. ин-та. Вып. 86. М.: Гидрометеоздат, 1989. С. 84—89.
9. *Григорьева Е.А., Деркачева Л.Н., Тунеголовец В.П.* Методические подходы к оценке пространственно-временной динамики самоочищающей способности атмосферы южной части Дальнего Востока // Проблемы региональной экологии. 2005. № 3. С. 33—38.
10. *Рух Y., Malkina-Rykh I.* Assessing air pollution risk potential: case study of the Tohoku district, Japan // WIT Transactions on Ecology and the Environment. 2011. Vol. 147. P. 267—276. doi: 10.2495/AIR110251.
11. *Осипова О.П.* Метеорологический потенциал рассеивающей способности атмосферы // География и природные ресурсы. 2020. № 1. С. 185—190. doi: 10.21782/GiPR0206-1619-2020-1 (185-190).
12. *Аргучинцева А.В., Кочугова Е.А.* Потенциал самоочищения атмосферы // Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле. 2019. Т. 27. С. 3—15. doi: 10.26516/2073-3402.2019.27.3.
13. *Yokoyama O., Hayashi M., Kitabayashi K., Suzuki M.* Comparative study of air pollution potential at various places in Japan. Pollution Control. 1987. № 22. P. 3—14.
14. JICA Ogata Research Institute. Research project on “A Study in Urban Air Pollution Improvement in Asia”: [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.jica.go.jp/jica-ri/publication/booksandreports/175nbg00000kjwkk-att/Final_report.pdf. Дата обращения: 10.02.2022.
15. *Kawamura T.* Forecasting of air pollution potential in the South Kanto district in Japan // Atmospheric Environment. 1986. № 20 (10). P. 2068.
16. *Chatani S., Yamaji K., Sakurai T., Itahashi S., Shimadera H., Kitayama K., Hayami H.* Overview of model inter-comparison in Japan’s study for reference air quality modeling (J-STREAM). Atmosphere. 2018. № 9 (1). P. 19. doi: 10.3390/atmos9010019.
17. *Shimadera H., Hayami H., Morino Y., Ohara T., Chatani S., Hasegawa S., Kaneyasu N.* Analysis of summertime atmospheric transport of fine particulate matter in Northeast Asia. Asia-Pacific J Atmos Sci. 2013. № 49. P. 347—360. doi: 10.1007/s13143-013-0033-y.
18. Японское метеорологическое агентство. Метеорологические данные прошлых годов наблюдений: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/index.php>. Дата обращения: 08.07.2021.

References

1. *Downing R., Ramankutty R., Shah J.* RAINS-ASIA. An Assessment Model for Acid Deposition in Asia. The World Bank, 1997: 67 p.
2. *Dmitriev V.V., Ogurtsov A.N.* Approaches to Assessment and GIS Mapping of Sustainability and Environmental Well-Being of Geosystems. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Nauki o Zemle*. Vestnik SPbSU. Earth Sciences. 2019, 64(2): 162—184. doi: 10.21638/spbu07.2019.201. [In Russian].
3. *Kazakov L.K.* Nature management factors: sustainability and dynamics of landscapes. *Racional'noe prirodopol'zovanie: teorija, praktika, obrazovanie*. Nature Management: theory, practices, education. Moscow: MSU, 2012: 40—49. [In Russian].
4. *Vasen'kina E.Ju.* *Ekonomiko-geograficheskaja ocenka landshaftov na osnove ih prirodnogo potentsiala: na primere Respubliki Burjatija*. Economical and geographical assessment of landscapes basing on their nature potential: the case of the Republic of Buryatia. PhD thesis. Moscow, 2008: 247 p. [In Russian].
5. *Bancheva A.I.* *Geojekologicheskaja ocenka landshaftov ostrova Hokkajdo (Japonija)*. Geoeological assessment of Hokkaido island landscapes (Japan). PhD thesis. Moscow, 2018: 144 p. [In Russian].
6. *Bezuglaja Je.Ju.* *Meteorologicheskii potentsial i klimaticheskie osobennosti zagriazneniia vozdukhha gorodov*. Meteorological potential and climatic features of urban air pollution. Leningrad: Hydrometeoizdat, 1980: 184 p. [In Russian].
7. *Klimaticheskie harakteristiki uslovij rasprostraneniya primesej v atmosfere*. Climatic conditions for the assimilation of pollutants in the atmosphere. Leningrad: Hydrometeoizdat, 1983: 328 p. [In Russian].
8. *Selegej T.S.* Meteorological potential for atmosphere self-purification of the Siberian economic region. *Trudy Zap.-Sib. region. nauch.-issled. gidrometeorol. instituta*. Proc. of the research and development hydrometeorological institute. 1989, 86: 84—89. [In Russian].
9. *Grigor'eva E.A., Derkacheva L.N., Tunegolovec V.P.* Methodological approaches to assessing the spatio-temporal dynamics of the self-purification ability of the atmosphere in the southern part of the Far East. *Problemy regional'noj jekologii*. Regional Environmental Issues. 2005, 3: 33—38. [In Russian].
10. *Pykh Y., Malkina-Pykh I.* Assessing air pollution risk potential: case study of the Tohoku district, Japan. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*. 2011, 147: 267—276. doi: 10.2495/AIR110251.
11. *Osipova O.* Meteorological potential of the diffusing capacity of the atmosphere. *Geografija i prirodnye resursy*. Geography and Natural Resources. 2020, 41 (1): 93—98. doi: 10.21782/GiPR0206-1619-2020-1(185-190). [In Russian].
12. *Arguchintseva A.V., Kochugova E.A.* Atmospheric Self-Purification Potential. *Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Nauki o Zemle*. The Bulletin of Irkutsk State University. Series Earth Sciences. 2019, 27: 3—15. doi: 10.26516/2073-3402.2019.27.3. [In Russian].
13. *Yokoyama O., Hayashi M., Kitabayashi K., Suzuki M.* Comparative study of air pollution potential at various places in Japan. *Pollution Control*. 1987, 22: 3—14.
14. JICA Ogata Research Institute. Research project on “A Study in Urban Air Pollution Improvement in Asia”. Available at: https://www.jica.go.jp/jica-ri/publication/booksandreports/175nbg00000kjwkk-att/Final_report.pdf (accessed 10.02.2022).
15. *Kavamura T.* Forecasting of air pollution potential in the South Kanto district in Japan. *Atmospheric Environment*. 1986, 20 (10): 2068.
16. *Chatani S., Yamaji K., Sakurai T., Itahashi S., Shimadera H., Kitayama K., Hayami H.* Overview of model inter-comparison in Japan's study for reference air quality modeling (J-STREAM). *Atmosphere*. 2018, 9 (1): 19. doi: 10.3390/atmos9010019.
17. *Shimadera H., Hayami H., Morino Y., Ohara T., Chatani S., Hasegawa S., Kaneyasu N.* Analysis of summertime atmospheric transport of fine particulate matter in Northeast Asia. *Asia-Pacific J Atmos Sci*. 2013, 49: 347—360. doi: 10.1007/s13143-013-0033-y.
18. Japan Meteorological Agency. Available at: <http://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/index.php> (accessed 08.07.2021).

Конфликт интересов: конфликт интересов отсутствует.

Статья поступила 13.07.2021

Принята к публикации после доработки 04.02.2022

Сведения об авторе

Банчева Александра Ивановна, канд. геогр. наук, научный сотрудник, кафедра физической географии мира и геоэкологии, Географический факультет МГУ им. М.В.Ломоносова, ban-sai@mail.ru.

Information about author

Bancheva Alexandra Ivanovna, PhD (Geogr. Sci.), researcher, Department of World Physical Geography and Geoecology, Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University.