

¹А. Тюржанова, ²А. Нурмагамбетова, Ж.Г. Берденов*

Казахстан Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан
(email aliyatyuruzhanova@gmail.com, ²nurmagambetova99@inbox.ru))

*Автор для корреспонденции: berdenov-z@mail.ru

**Моделирование выбросов загрязняющих веществ
в атмосферу города Рудный**

Аннотация. Научная работа основана на современных методах математического моделирования атмосферных процессов, которые позволяют рассчитать, на основе статистических данных, объемы выбросов загрязняющих веществ в отдельных (контрольных) точках и строить изолинейные карты распределения концентраций загрязняющих веществ. В данной научной статье картирование уровня загрязнения атмосферы г. Рудный проводилось с учетом выбросов с территории промышленных предприятий по методике В.А. Петрухина и В.А. Вишенского, позволяющей рассчитать средние значения концентраций загрязняющих веществ по слою перемешивания. Рассмотрен вклад природных факторов в загрязнение атмосферы. Выявлены основные источники загрязнения атмосферы, приведены объемы выбросов согласно данным стационарных постов. В работе составлены модели рассеивания загрязняющих веществ по 4 показателям.

Ключевые слова: моделирование, атмосфера, выбросы, загрязняющие вещества, стационарные источники.

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-6771-2022-138-1-53-61>

Введение

Проблема загрязнения окружающей среды является одной из актуальных проблем человечества. Особенно эта проблема касается промышленных городов любого государства. Наиболее подвержен изменению атмосферный воздух, который выполняет жизнеобеспечивающие, защитные и другие функции. Повышенное загрязнение атмосферного воздуха приводит к негативному влиянию на здоровье населения [1, 2].

Наиболее эффективным способом картографического представления данных о состоянии атмосферного воздуха является изолинейная модель. При ограниченности данных мониторинга они используются преимущественно для верификации, тогда как основным методом картографирования является моделирование процессов рассеивания выбросов от источников с учетом статистических данных и климатических характеристик [3]. Современные методы математического моделирования атмосферных процессов позволяют рассчитать на основе статистических данных об объемах выбросов загрязняющих веществ в отдельных (контрольных) точках и строить изолинейные карты распределения концентраций загрязняющих веществ [4]. Основной областью применения расчетных методов является нормирование выбросов на уровне предприятий, но это не исключает их применения и при решении научных задач, связанных с оценкой экологической обстановки в пределах больших территорий.

Объект и методы исследования

Из методов расчетов рассеивания загрязняющих веществ над большими территориями, не имеющих официального статуса, используются более простые модели, учитывающие мощность выбросов от крупных источников (городов, отдельных предприятий), высоту слоя перемешивания атмосферы, повторяемость и скорость ветров различных направлений. Так, для

оценки загрязнения атмосферного воздуха над территорией г. Рудный нами был использован методический подход, разработанный В.А.Петрухиным и В.А.Вишенским [5], для количественной оценки состояния атмосферного воздуха при распространении загрязняющих веществ на значительные расстояния использовались фондовый материал филиала РГП «Казгидромет» в городе Рудный [6-8], а также повторяемость и скорость ветров различных направлений по данным метеорологических служб [9].

Вопрос применения экологического картографирования городских территорий в целях проведения эффективного анализа и прогноза изменения экологической ситуации рассматривается в [10] коллективом авторов – Н.С. Касимовым, А.С. Курбатовой, В.Н. Башкиным. Картографический материал выступает как средство наглядного отображения пространственно-временных аспектов взаимоотношения природы и человека и служит инструментом для представления результатов комплексной оценки состояния окружающей среды городов.

Объектом исследования является приземный слой атмосферы г. Рудный. Рудный является городом областного значения, расположен в 45 км к юго-западу от областного центра на левом берегу реки Тобол на автомагистрали республиканского значения Костанай – Житикара, образован в 1957 году.

Город Рудный входит в состав Костанайской области, занимает площадь 193,13 км² [11]. Данный район характеризуется степным ландшафтом. Основные природные особенности Костанайской области определяются ее внутриматериковым положением на стыке Урала, Западной Сибири и Центрального Казахстана. Город расположен в северной части Торгайского плато, на берегу реки Тобол (рисунок 1). Рельеф в основном равнинный. Высота над уровнем моря 200 – 220 м [12].

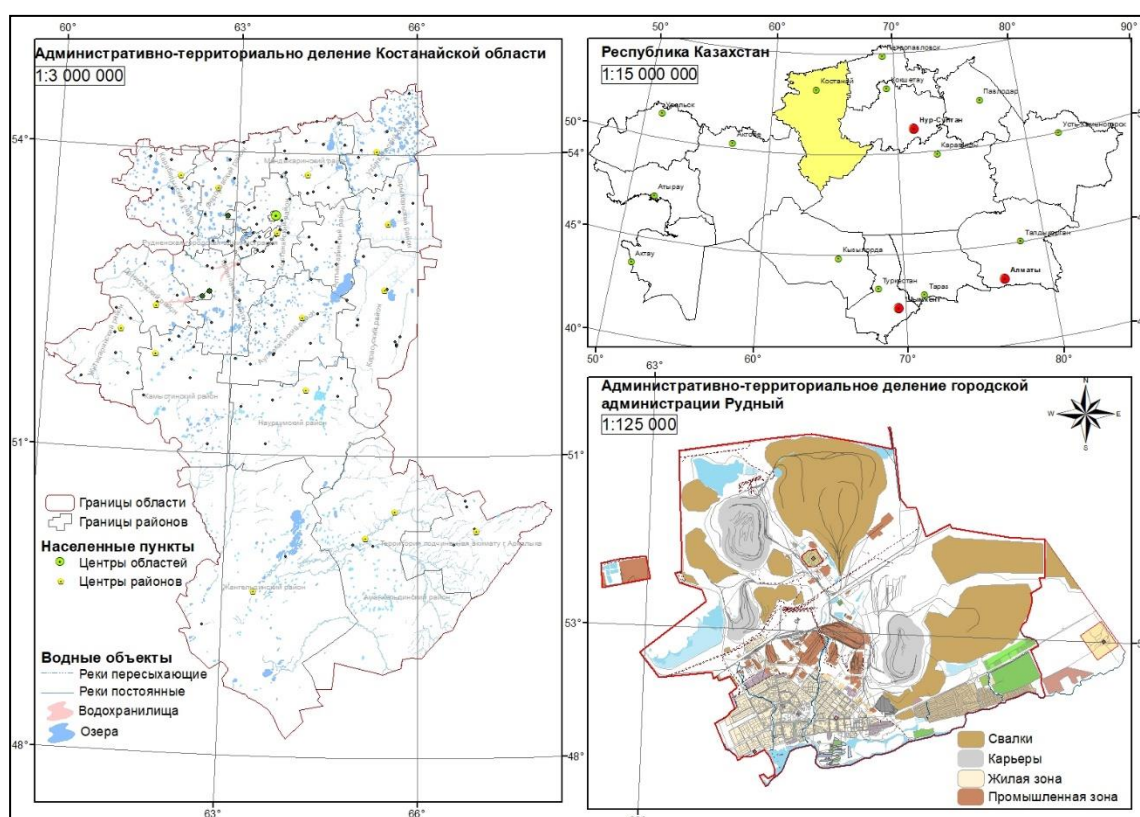


Рисунок 1. Карта расположения города Рудный

Примечание – составлено авторами на основе системы ArcGis 10.1

В состав городской администрации входят 1 город областного значения, 2 городских посёлка и 1 село.

В объеме промышленного производства Костанайской области г. Рудный занимает 37,8%.

Анализ и обсуждение

Город является одним из промышленно-развитых регионов Костанайской области. В городе функционируют предприятия горнодобывающей (АО «ССГПО»), обрабатывающей промышленности (ТОО «Лидер-2010», Рудненский филиал ТОО «Арасан» (производство пива), ТОО «Казогнеупор 2015», ТОО «Рудненский завод металлоконструкций - Имсталькон», ТОО «Злак+», ТОО «Раумена»), предприятия по производству и распределению электроэнергии (Филиал «Сарбайские МЭС» АО «КЕГОК», ТОО «ЭПК Atica», ТОО «Рудненская ЭнергоКомпания), газа (Рудненское газовое хозяйство Костанайского производственного филиала АО «КазТрансГазАймак») и воды (ТОО «Рудненский водоканал»).

Все вышеперечисленные градообразующие предприятия обеспечивают 91% всего объема промышленного производства города. Так как Рудный является городом с промышленной направленностью, то данный сектор играет ключевую роль в экономике города. Ведущая роль горнодобывающей промышленности обуславливает негативное воздействие на состояние атмосферного воздуха в городе. В структуре экономики города удельный вес промышленности составляет 85 %.

Основными источниками загрязнения воздушного бассейна в г. Рудный являются предприятия горнодобывающей и теплоэнергетической промышленности, автомобильный транспорт.

К предприятиям горнодобывающей промышленности относится АО «ССГПО». Обрабатывающая промышленность представлена: ТОО «Лидер-2010», Рудненский филиал ТОО «Арасан», ТОО «Казогнеупор 2015», ТОО «Рудненский завод металлоконструкций - Имсталькон», ТОО «Злак+», ТОО «Раумена».

На долю самого крупного горнодобывающего предприятия Костанайской области - АО «ССГПО» («Соколовско-Сарбайское горно-обогащительное производственное объединение») приходится около 79% выбросов от общего объема промышленных выбросов предприятий области.

Результаты

По данным Комитета по статистике РК, общий объем выбросов в 2021 году составил 130,5 тыс. т. За 2019-2021 годы наблюдается увеличение объемов выбросов (рисунок 2).

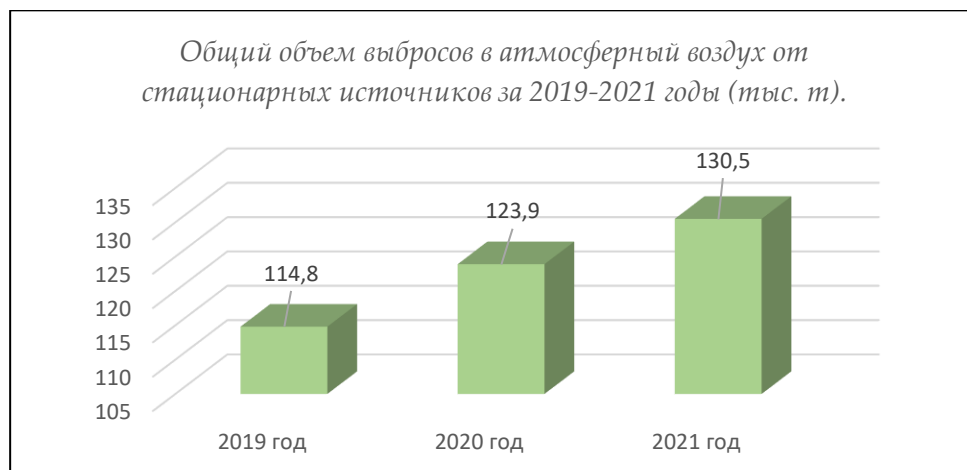


Рисунок 2. Схема объемов выбросов в атмосферный воздух [42]

Примечание – составлено на основе данных Комитета статистики РК

Объем общих выбросов по Костанайской области за 2021 год составил 130,5 тыс. тонн, из них объем промышленных выбросов составляет около 21%, доля выбросов от сжигания автомобильного топлива - около 79% (таблица 1), (рисунок 3) [13].

Таблица 1

Объемы выбросов основных загрязняющих веществ в атмосферный воздух за 2020-2021 годы (тыс. т) [13]

Наименование основных ЗВ	2020 год (тонн в год)	2021 год (тонн в год)
Сернистый ангидрид	22,6	25,1
Оксиды азота	3,7	6,9
Твердые вещества	52,0	55,5
Оксид углерода	18,1	19,7

Примечание – составлено на основе данных Комитета статистики РК

Наблюдения за состоянием атмосферного воздуха на территории города Рудный проводятся на 2 автоматических станциях.

В целом по городу определяется 6 показателей: 1) взвешенные частицы (пыль); 2) диоксид серы; 3) оксид углерода; 4) диоксид азота; 5) оксид азота; 6) сероводород.

Мониторинг состояния атмосферного воздуха в городе проводится специальными подразделениями РГП «Казгидромет» по проведению экологического мониторинга за состоянием окружающей среды на наблюдательной сети национальной гидрометеорологической службы. Наблюдения ведутся на двух стационарных постах (таблица 2).

Таблица 2

Расположение постов наблюдений по городу Рудный

№ поста	Отбор проб	Адрес поста	Определяемые примеси
1	В непрерывном режиме - каждые 20 минут	ул. Молодой Гвардии, 4-ый переулок	взвешенные частицы РМ-10, диоксид серы, оксид углерода, диоксид и оксид азота, сероводород, мощность эквивалентной дозы гамма-излучения
2		р-н Мечети	взвешенные частицы РМ-10, диоксид серы, оксид углерода, диоксид и оксид азота, мощность эквивалентной дозы гамма-излучения

Примечание – составлено на основе данных Казгидромета

Результаты мониторинга качества атмосферного воздуха г. Рудный за 2021 год по данным стационарной сети наблюдений: уровень загрязнения атмосферного воздуха оценивался низкий (ИЗА=2), определялся значениями СИ равным 4 (повышенный уровень) и НП = 4% (повышенный уровень) по диоксиду азота в районе поста ПНЗ №6 (рядом с мечетью).

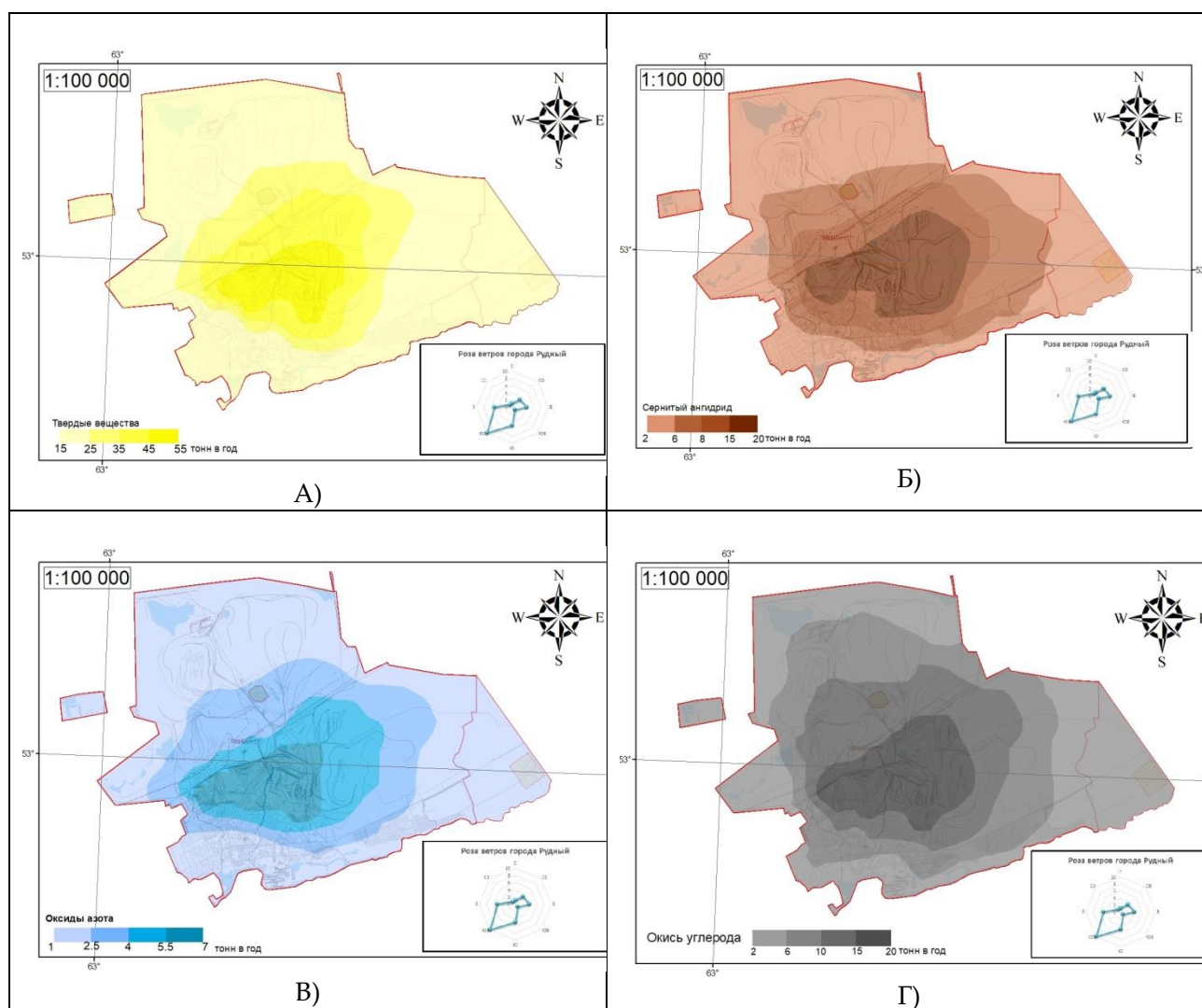


Рисунок 3. Карта распространения выбросов основных загрязняющих веществ в атмосферный воздух города Рудный за 2021 год

А – распространение твердых веществ, Б – распространение сернистого ангидрида, В – распространение оксида азота, Г – распространение окиси углерода по периметру территории

Примечание – составлено автором на основе системы ArcGis 10.1

Согласно РД если ИЗА, СИ и НП попадают в разные градации, то степень загрязнения атмосферы оценивается по ИЗА=9.

Среднемесячные концентрации диоксида азота – 1,57 ПДКс.с., концентрации остальных загрязняющих веществ не превышали ПДК.

Максимально-разовые концентрации диоксида серы – 4,00 ПДКм.р, оксида углерода – 1,30 ПДКм.р, диоксида азота – 4,20 ПДКм.р, оксида азота – 1,73 ПДКм.р, концентрации остальных загрязняющих веществ не превышали ПДК. (таблица 3).

Случаи высокого загрязнения (ВЗ) и экстремально высокого загрязнения (ЭВЗ) атмосферного воздуха не обнаружены.

Таблица 3

Характеристика загрязнения атмосферного воздуха

Примесь	Средняя концентрация (Q _{мес}).		Максимальная разовая концентрация (Q _м)		НП	Число случаев превышения ПДК _{м.р.}		
	мг/м ³	Кратность превышения ПДК _{с.с}	мг/м ³	Кратность превышения ПДК _{м.р}		> ПДК	>5 ПДК	>10 ПДК
г. Рудный								
Взвешенные частицы РМ-10	0,00	0,0	0,0	0,0	0,000	0	0	0
Диоксид серы	0,025	0,491	2,000	4,000	1,912	994	0	0
Оксид углерода	0,1	0,0	6	1,3	0,019	10	0	0
Диоксид азота	0,06	1,57	0,84	4,20	2,579	1341	0	0
Сероводород	0,00		0,00	0,00	0,000	0	0	0
Оксид азота	0,013	0,22	0,69	1,73	0,063	33	0	0
<i>Примечание – составлено на основе ежегодного бюллетеня Казгидромета</i>								

За последние годы (2017-2021гг.) уровень загрязнения атмосферного воздуха изменялся следующим образом (рисунок 4):

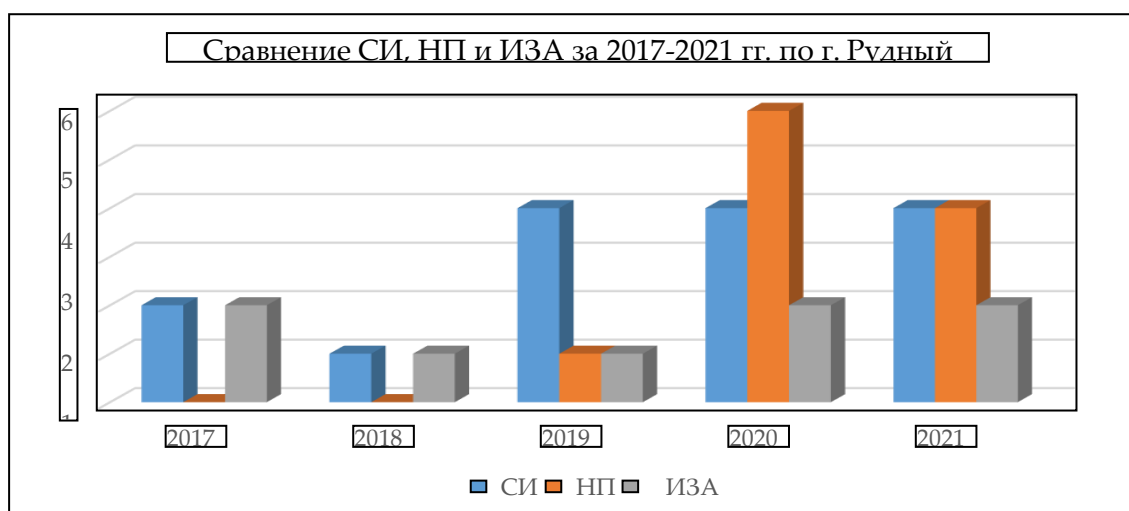


Рисунок 4. Схема показателей загрязнения атмосферы города Рудный

Примечание – составлено на основе данных Казгидромета

Как видно из графика, уровень загрязнения за 2017-2021 гг. оценивался как низкий. Превышения нормативов среднесуточных концентраций наблюдались по диоксиду азота, диоксиду серы. Данное загрязнение характерно для межсезонья, сопровождающегося влиянием выбросов от теплоэнергетических предприятий и отопления частного сектора.

Многолетнее увеличение показателя «наибольшая повторяемость» отмечено в основном за счет диоксида азота и диоксида серы, что свидетельствует о значительном вкладе в загрязнение воздуха как автотранспорта на загруженных перекрестках города, так и отопительного сезона [13].

Выводы

Одной из важнейших геоэкологических проблем является загрязнение воздушного бассейна г. Рудный. Проблема загрязнения воздуха г. Рудный встала особенно остро в последние два года (за 2019-2021 годы наблюдается увеличение объемов выбросов), когда периодически регистрировалась высокая степень загрязнения атмосферного воздуха сероводородом.

ГИС позволяет реализовать традиционные модели переноса, выпадения загрязнений в пространстве и времени. Во-вторых, ГИС содержит богатый инструментарий для отображения и хранения результатов моделирования в виде тематических интерактивных карт. Кроме того, ГИС имеет встроенные функции географического анализа данных и связей между ними (анализ близости, наложения, расчет площадей, длин, периметров и т.д.). Данные возможности позволяют создавать более реалистичные и гибкие модели рассеяния примесей во времени и пространстве.

Список литературы

1. Хадарцев А.А., Хрупачев А.Г., Ганюков С.П. Трансформация техногенных загрязнителей в атмосферном воздухе // Успехи современного естествознания. – 2010. – № 12. – С. 158-164.
2. Безуглая Э.Ю., Смирнова И.В. Воздух городов и его изменения. – Санкт-Петербург: Астерон, 2008. – 253 с.
3. Климатические характеристики условий распространения примесей в атмосфере: справ. пособие. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1983. – 328 с.
4. Безуглая Э.Ю. Метеорологический потенциал и климатические особенности загрязнения воздуха городов. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1980. – 184 с.
5. Макаров В.З. Ландшафтно-экологическая модель территории крупного города // Геологические науки: Избр. тр. межвед. науч. конф. – Саратов, 1999. – 100-103 с.
6. Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды Костанайской области за 2019 г. – Костанай: «Филиал РГП Казгидромет» по Костанайской области, 2019. – 37 с.
7. Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды Костанайской области за 2020 г. – Костанай: «Филиал РГП Казгидромет» по Костанайской области, 2020. – 57 с.
8. Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды Костанайской области за 2021 г. – Костанай: «Филиал РГП Казгидромет» по Костанайской области, 2021. – 45 с.
9. Сайт Центра гидрометеорологического мониторинга г. Алматы. [Электронный ресурс] – URL: www.almatymeteo.kz (дата обращения: 15.01.2022).
10. Касимов Н.С. Экология города / Коллектив авторов под ред. Н.С. Касимова. – Москва: Научный мир, 2004. – 624 с.
11. Костанайская область. Энциклопедия. – Алматы: Издательство «Арыс», 2006. – 736 с.
12. Черныш П.М. Очерки истории Кустанайской области. – Кустанай, 1995. – 276 стр.
13. Тарасова Н.П., Ермоленко Б.В., Зайцев В.А., Макаров С.В. Оценка воздействия промышленных предприятий на окружающую среду: учебное пособие. – Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 230 с.

А. Тюржанова, А. Нурмагамбетова, Ж.Г. Берденов

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

Рудный қаласының атмосферасына шығарылатын заттарды модельдеу

Аңдатпа. Ғылыми жұмыс атмосфералық үрдістерді математикалық модельдеудің заманауи әдістері негізделген, ол әдістер статистикалық деректер негізінде жеке (бақылау) нүктелердегі ластаушы заттар шығарындыларының көлеміне септеуге және ластаушы заттардың концентрацияларының таралуыны жоқ шауланған карталарын құруға мүмкіндік береді. Бұл ғылыми мақалада В.А.Петрухин және В.А. Вишенский әдістері бойынша, Рудный қаласының атмосфералы қауасының ластану деңгейі картографияланған, бұл дегеніміз араласқан қабаттағы ластаушы заттардың концентрациясының орташа мәндерін есептеуге мүмкіндік береді. Атмосфераның ластануына үлесін тигізетін табиғи факторлар қарастырылды. Атмосфераны ластайтын негізгі көздер анықталды, стационарлық посттардың мәліметтері бойынша шығарындылардың көлемдері келтірілді. Жұмыста 4 көрсеткіш бойынша ластаушы заттардың модельдері құрастырылды.

Түйін сөздер: модельдеу, атмосфера, шығарындылар, ластаушызаттар, стационарлық көздер.

A. Turyuzhanova, A. Nurmagambetova, Zh.G. Berdenov

L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan

Modeling of emissions of pollutants into the atmosphere of the city of Rudnyy

Abstract. The scientific article is based on modern methods of mathematical modeling of atmospheric processes, which allow calculating, based on statistical data, the volume of pollutant emissions at individual (control) points, and building isoline maps of the distribution of pollutant concentrations. In this scientific article, the mapping of the level of air pollution in the city of Rudny was carried out taking into account emissions from the territory of industrial enterprises according to the method of V.A. Petrukhin and V.A. Vishensky, which makes it possible to calculate the average values of pollutant concentrations over the mixing layer. The article considers contribution of natural factors to atmospheric pollution. The authors identified main sources of air pollution and the volumes of emissions according to the data of stationary posts. The authors compiled models of dispersion of pollutants according to 4 indicators.

Keywords: modeling, atmosphere, emissions, pollutants, stationary sources.

References

1. Hadarcev A.A., Hrupachev A.G., Ganyukov S.P. Transformaciya tekhnogennyh zagryaznitelej v atmosfernom vozduhe, Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya [Transformation of technogenic pollutants in the atmospheric air, Successes of modern natural science], 12, 158-164 (2010).
2. Bezuglaya E.YU., Smirnova I.V. Vozduh gorodov i ego izmeneniya [The air of cities and its changes] (Sankt-Peterburg, Asteron, 2008, 253 s.) [St. Petersburg, Asteron, 2008, 253 p.]. [in Russian]
3. Klimaticheskie harakteristiki uslovij rasprostraneniya primesej v atmosfere: sprav. posobie [Climatic characteristics of the conditions for the spread of impurities in the atmosphere: Ref. allowance] (Leningrad, Gidrometeoizdat, 1983, 328 s.) [Leningrad, Gidrometeoizdat, 1983, 328 p.]. [in Russian]
4. Bezuglaya E.YU. Meteorologicheskij potencial i klimaticheskie osobennosti zagryazneniya vozduha gorodov [Meteorological potential and climatic features of urban air pollution] (Leningrad, Gidrometeoizdat, 1980, 184 s.) [Leningrad, Gidrometeoizdat, 1980, 184 p.]. [in Russian]

5. Makarov V.Z. Landshaftno-ekologicheskaya model' territorii krupnogo goroda, Geologicheskije nauki: Izbr. tr. mezhved. nauch. konf., Saratov: Novyi proekt [Landscape-ecological model of the territory of a large city. Geological Sciences: Selected Proceedings of the International Scientific Conference, Saratov: New Project], 100-103 (1999).

6. Informacionnyj bjulleten' o sostojanii okruzhajushhej sredy Kostanajskoj oblasti za 2019 g [Information bulletin on the state of the environment of the Kostanay region for 2019] (Kostanaj, «Filial RGP Kazgidromet» po Kostanajskoj oblasti, 2019, 37 s.) [Kostanay, Branch of RSE Kazhydromet in Kostanay region, 2019, 37 p.]. [in Russian].

7. Informacionnyj bjulleten' o sostojanii okruzhajushhej sredy Kostanajskoj oblasti za 2019 g [Information bulletin on the state of the environment of the Kostanay region for 2020] (Kostanaj, «Filial RGP Kazgidromet» po Kostanajskoj oblasti, 2020, 57 s.) [Kostanay, Branch of RSE Kazhydromet in Kostanay region, 2020, 57 p.]. [in Russian]

8. Informacionnyj bjulleten' o sostojanii okruzhajushhej sredy Kostanajskoj oblasti za 2021 g [Information bulletin on the state of the environment of the Kostanay region for 2021] (Kostanaj, «Filial RGP Kazgidromet» po Kostanajskoj oblasti, 2021, 45 s.) [Kostanay, Branch of RSE Kazhydromet in Kostanay region, 2019, 45 p.]. [in Russian].

9. Sajt Centra gidrometeorologicheskogo monitoringa g. Almaty [Website of the Center for Hydrometeorological Monitoring of Almaty]. [Electronic resource] – Available at: www.almatymeteo.kz. (Accessed: 15.01.2022). [in Russian]

10. Kasimov N.S. Ekologiya gorod [Ecology of the city] (Moskva: Nauchnyj mir, 2004, 624 s.) [Moscow, Nauchnyj mir, 2004, 624 p.]. [in Russian]

11. Kostanajskaya oblast'. Enciklopediya [Kostanay region. Encyclopedia]. (Almaty, Arys, 2006, 736 s.) [Almaty, Arys, 2006, 736 p.]. [in Russian]

12. CHernysh P.M. Oчерki istorii Kustanajskoj oblasti [Essays on the history of the Kustanai region]. (Kostanaj, 1995, 276 s.) [Kostanay, 1995, 276 p.]. [in Russian]

13. N.P. Tarasova, B.V. Ermolenko, V.A. Zaitsev, S.V. Makarov. Ocenka vozdeystviya promyshlennyh predpriyatij na okruzhayushchuyu sredu: uchebnoe posobie [Assessment of the impact of industrial enterprises on the environment]. (Moskva: BINOM. Laboratoriya znaniy, 2012, 230 s.) [Moscow: BINOM. Knowledge Lab, 2012, 230 p.]. [in Russian]

Сведения об авторах:

Тюружанова А.Т. – студентка 4 курса по образовательной программе «5В060900 География» Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан.

Нурмагамбетова А.М. – магистрант 2 курса образовательной программы «7М05213 География» Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан.

Берденов Ж.Г. – PhD, Ассоциированный профессор Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан.

Tyuruzhanova A.T. – The 4th year student in Geography, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan.

Nurmagambetova A.M. – The 2nd year master's degree student in Geography, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan.

Berdenov Zh.G. – Ph.D., Associate Professor, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan.

