

ВЫБРОСЫ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ИВАНОВСКОЙ ОБЛАСТИ**А.Л. Куленцан, Н.А. Марчук, М.Ю. Башкинов, А.М. Пузанов, М.Ю. Ширяев**

Кафедра информационных технологий и цифровой экономики, Ивановский государственный химико-технологический университет, Шереметевский пр., 10, Иваново, Российская Федерация, 153000
E-mail: kulencan@mail.ru

В данной статье проведен анализ выбросов загрязняющих веществ в Ивановской области от автомобильного и железнодорожного транспорта, а также от передвижных источников. Показано, что наибольшее влияние на рост заболеваний у населения Ивановской области могут оказывать оксиды азота и углерода, а также летучие органические соединения. В данной статье сделан прогноз объемов загрязняющих веществ CO, NO, NH₃, CH₄, SO₂, C и летучих органических соединений на 2025 г. Полученные данные свидетельствуют о том, что объемы практически всех рассматриваемых загрязняющих веществ в Ивановской области от автомобильного и железнодорожного транспорта увеличатся. Это может привести к неблагоприятным воздействиям, как на почву, так и на организм человека.

Ключевые слова: тяжелые металлы, загрязняющие вещества, загрязнение, окружающая среда, ПДК, автомобильный транспорт, железнодорожный транспорт, передвижные источники

EMISSIONS OF POLLUTANTS IN THE IVANOV REGION**A.L. Kuletsan, N.A. Marchuk, M.Y. Bashkinov, A.M. Puzanov, M.Y. Shiryaev**

Department of Information Technologies and Digital Economy, Ivanovo State University of Chemistry and Technology, Sheretevskiy ave., 10, Ivanovo, 153000, Russia
E-mail: kulencan@mail.ru

This article analyzes the emissions of pollutants in the Ivanovo region from automobile and railway transport, as well as from mobile sources. It has been shown that nitrogen and carbon oxides, as well as volatile organic compounds, can have the greatest impact on the growth of diseases in the population of the Ivanovo region. This article makes a forecast of the volumes of pollutants CO, NO, NH₃, CH₄, SO₂, C and volatile organic compounds for 2025. The data obtained indicate that the volumes of almost all pollutants under consideration in the Ivanovo region from road and rail transport will increase. This can lead to adverse effects on both the soil and the human body.

Keywords: heavy metals, pollutants, pollution, environment, maximum permissible concentrations, road transport, railway transport, mobile sources

Для цитирования:

Куленцан А.Л., Марчук Н.А., Башкинов М.Ю., Пузанов А.М., Ширяев М.Ю. Выбросы загрязняющих веществ в Ивановской области. *Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва)*. 2025. Т. LXIX. № 3. С. 130–139. DOI: 10.6060/rcj.2025693.15.

For citation:

Kuletsan A.L., Marchuk N.A., Bashkinov M.Y., Puzanov A.M., Shiryaev M.Y. Emissions of pollutants in the Ivanovo region. *Ros. Khim. Zh.* 2025. V. 69. N 3. P. 130–139. DOI: 10.6060/rcj.2025693.15.

Транспорт играет ключевую роль в экономике, обеспечивая связь между различными регионами и способствуя развитию торговли, туризма и других секторов. Он предназначен для предоставления услуг по перевозке, перемещению людей и

грузов из одного пункта назначения в другой, то есть для удовлетворения потребностей как населения, так и общественного производства. Транспорт использует значительные объемы топлива, загряз-

няет окружающую среду, требует изъятия сельскохозяйственных угодий под пути и стационарные сооружения, часто становится причиной травмирования и гибели людей [1-3]. В составе транспортной системы выделяют автомобильный, водный, железнодорожный, авиационный и трубопроводный транспорт, каждый из которых вносит свою лепту в загрязнение окружающей среды.

Эффективная транспортная система способствует экономическому росту, улучшению качества жизни и снижению затрат на логистику. Также важно учитывать экологические аспекты и устойчивость транспортных решений, что становится все более актуальным в современных условиях.

Данные Роспотребнадзора показывают, что минимум 50% городского населения России (более 53 млн. человек) живет в городах с высоким и очень высоким уровнем загрязнения воздуха [4-7]. Загрязнение воздуха выбросами вредных веществ является одной из самых серьезных экологических угроз для жизни и здоровья человека. За счет мер по снижению уровня загрязнения воздуха государства могут уменьшить количество различных заболеваний, таких как: острые респираторные заболевания, болезни сердца, рак легких, хронические заболевания, инсульты и др. [8-10].

К основным техногенным загрязнителям атмосферного воздуха можно отнести следующие вещества: оксиды азота (NO_x) – образуются в результате сжигания топлива в автомобилях и промышленных установках. Они способствуют образованию смога и кислотных дождей; диоксид серы (SO_2) – выделяется при сжигании ископаемых видов топлива, таких как уголь и нефть, а также в процессе металлургического производства; оксид углерода (CO) – токсичный газ, образующийся при неполном сгорании углеродсодержащих материалов, например, в автомобилях и отопительных системах; летучие органические соединения (VOC_s) – группа органических химических веществ, которые легко испаряются при нормальных условиях. Они могут выделяться из красок, растворителей, бензина и других химикатов; частицы (PM_{10} и $\text{PM}_{2,5}$) – мелкие твердые частицы или капли жидкости, которые могут проникать в легкие и вызывать серьезные проблемы со здоровьем. Они образуются при сжигании топлива, строительных работах и других промышленных процессах; аммиак (NH_3) – выделяется в основном из сельского хозяйства, особенно при использовании удобрений и в процессе животноводства. Он может способствовать образованию вторичных частиц; свинец и дру-

гие тяжелые металлы – могут выделяться в результате металлургических процессов, сжигания отходов и использования свинцовых добавок в бензине; диоксид углерода (CO_2) – хотя он не является токсичным, его избыток в атмосфере способствует глобальному потеплению и изменению климата. Эти загрязнители могут оказывать негативное воздействие на здоровье человека, экосистемы и климат [11-13]. На долю данных веществ приходится порядка 97% выбросов вредных веществ в атмосферу.

Все перечисленные загрязняющие вещества на территории России образуются в результате деятельности таких отраслей, как предприятия черной металлургии, нефтедобычи и нефтехимии [14, 15], автомобильного и железнодорожного транспорта, а также передвижных источников [8, 16], теплоэнергетики (тепловые и атомные электростанции, промышленные и городские котельные и др.) [8], предприятия цветной металлургии, производство стройматериалов [17].

Наряду с другими составляющими окружающей среды с серьезным антропогенным воздействием сталкивается почва. Почва представляет собой открытую динамическую систему и находится в тесной взаимосвязи с атмосферой и гидросферой. Попадая в почву или грунтовые воды загрязняющие вещества способны не только загрязнять напрямую, но и накапливаться, как в почве, так и в воде [8]. Под воздействием же ветров в городах из почвы может образовываться мелкодисперсная пыль, вдыхание которой с атмосферным воздухом приводит к развитию различных заболеваний у населения [5, 18]. Кроме того, в результате загрязнения происходит деградация почвы, снижается урожайность, оказывается прямое токсичное воздействие на растения и микроорганизмы или косвенное загрязнение окружающей среды в результате вымывания из почвы загрязнителей водой [19].

Контроль уровня загрязнения атмосферного воздуха на территории осуществляется с помощью специальных приборов и методов дискретных измерений разовых концентраций загрязняющих веществ с интервалом времени от 20 до 30 мин, а также путем непрерывного отбора проб в течение суток [5, 20, 21]. В результате чего происходит определение максимальной разовой концентрации ($C_{\text{мр}}$) и среднесуточной концентрации ($C_{\text{ср}}$) загрязняющих веществ.

Данные концентрации характеризуют специфику резорбтивного и рефлекторного воздействия загрязняющих веществ на организм чело-

века. Резорбтивное воздействие характеризует возможность развития гонадотоксических, эмбриотоксических, мутагенных, общетоксических, канцерогенных и др. биологических эффектов, проявление которых зависит, как от длительности вдыхания загрязненного воздуха человеком, так и от концентрации загрязняющих веществ в воздухе [8, 22, 23]. Рефлекторное воздействие предполагает реакцию на кратковременное воздействие загрязнителя со стороны рецепторов верхних дыхательных путей человека [5, 24]. Возможная угроза здоровью населения обуславливает необходимость оценки и контроля выбросов загрязняющих веществ [25-29].

Данная работа посвящена исследованию уровней риска окружающей среды и здоровья населения от воздействия NO, CO, NH₃, SO₂, C, CH₄ и летучих органических соединений от железнодорожного и автомобильного транспорта, а также от передвижных источников на территории Ивановской области, за период с 2019 по 2023 г.

Для оценки степени техногенного загрязнения атмосферного воздуха использовали соответствующие нормативные показатели, такие как: предельно допустимую среднесуточную концентрацию вредного вещества в воздухе населенных мест (ПДК_{сс}) [27, 30-33] и предельно допустимую концентрацию максимально разовую (ПДК_{мр}) [27, 34-37]. На основании представленных показателей разрабатываются специальные природоохранные мероприятия, санитарно-гигиенические нормативы, а также средства инженерной защиты окружающей среды [38-42].

Так как воздействие загрязняющих веществ на организм человека при функционировании загрязняющего объекта довольно продолжительно во времени и может составлять годы и даже десятилетия, то наиболее объективной характеристикой негативного воздействия техногенного загрязненного воздуха может служить суммарная (проинтегрированная по времени) концентрация за заданный период времени (1). Также среднегодовую концентрацию в точках с координатами r_i и ϑ_j можно определить путем осреднения расчетных среднемесячных концентраций (2):

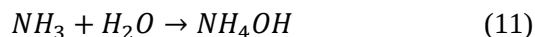
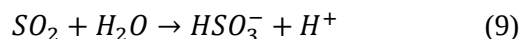
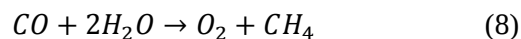
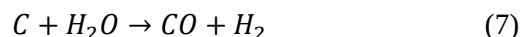
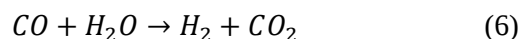
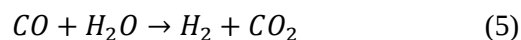
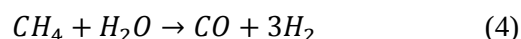
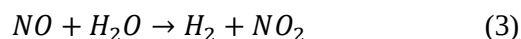
$$\bar{C}(r, \vartheta) = \frac{1}{T} \int_0^T C(r, \vartheta, t) dt \quad (1)$$

$$\bar{C}(r_i, \vartheta_j) = \frac{1}{12} \sum_m \bar{C}_m(r_i, \vartheta_j) \quad (2)$$

где $\bar{C}(r, \vartheta)$ – среднегодовая концентрация, $C(r, \vartheta, t)$ –

измеренная либо расчетная концентрация загрязняющих веществ в момент времени t в точке с полярными координатами r и ϑ относительно источника, помещенного в начало координат, t – период воздействия, T – продолжительность года [8, 43-45].

В атмосферный воздух Ивановской области поступает большое количество различных вредных веществ. Повсеместно выбрасываются такие вредные вещества, как аммиак, метан, оксид азота и диоксид серы, углерод, оксид углерода, а также летучие органические соединения. Воздействие данных веществ, также может приводить к изменению pH атмосферных осадков (3-11) и как следствие может сказаться как на окружающей среде, почве, так и на организме человека.



Все рассмотренные вещества могут оказывать воздействие на организм человека. Так метан вызывает токсическое действие на организм человека. Поражается центральная нервная система, подавляется дыхание, возникает удушье. Поражение метаном наступает, когда его содержание в воздухе превышает 25%. Летучие органические соединения относятся к группе химических соединений. Каждое химическое соединение имеет собственную токсичность и способность влиять на здоровье человека [46-48]. Аммиак – относится к группе веществ удушающего и нейротропного действия, способных вызвать тяжелое поражение функций нервной системы и токсический отек легких. Оксид углерода – способен оказывать на организм человека тяжелое действие. Он может приводить к раздражению дыхательных путей, а также вызывать сильную головную боль, тошноту и рвоту [8, 19, 49-52]. Предельно допустимые концентрации и класс опасности метана, аммиака, углерода, оксида углерода, летучих органических соединений, оксида азота и диоксида серы представлен в табл. 1.

Результаты наблюдений (табл. 2-4 и рис. 1 и 2), за рассмотренный период, показывают, что для Ивановской области, как и для большинства городов Центрального федерального округа, приоритетными загрязнителями воздушного бассейна от железнодорожного транспорта являются – оксид азота, оксид углерода, летучие органические соединения и углерод. Приоритетными загрязнителями воздушного бассейна от автомобильного транспорта и передвижных источников являются – оксид углерода и азота, летучие органические соединения, аммиак, диоксид серы и углерод. При-

том концентрации загрязняющих веществ СО достигают нескольких десятков тыс. т. от действия автомобильного транспорта и передвижных источников, а концентрации загрязняющих веществ NO и летучих органических соединений – единицы тыс. т. Результаты представлены в табл. 2-4. Следовательно, полученные данные свидетельствуют о том, что уровень загрязнения воздушного бассейна в Ивановской области за период с 2019 г. по 2023 г. возрастает, что, вероятно, связано как с увеличением роли автотранспорта, так и с атмосферными выпадениями. Результаты представлены на рис. 1 и 2.

Таблица 1

Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ, мг/м³
Table 1. Maximum permissible concentrations of pollutants, mg/m³

№	Перечень веществ	ПДК _{мр}	ПДК _{сс}	Класс опасности
1	CO	5,0	3,0	4
2	NO	0,4	0,06	3
3	NH ₃	0,2	0,04	4
4	C	0,15	0,025	3
5	CH ₄	-	50	-
6	SO ₂	10	0,05	3
7	взвешенные вещества	0,5	0,15	3

Таблица 2

Объем выбросов загрязняющих веществ в Ивановской области от железнодорожного транспорта, тыс. т
Table 2. Volume of pollutant emissions in the Ivanovo region from rail transport, thousand tons

	2019	2020	2021	2022	2023
SO ₂	0,0003	0,0002	0,00015	0,000167	0,000212
NO _x	0,51	0,45	0,43	0,474	0,419326
ЛОСНМ	0,06	0,053	0,05	0,056	0,04924
CO	0,14	0,12	0,12	0,128	0,11330
C	0,06	0,05	0,05	0,055	0,04849
NH ₃	0,0001	0,0001	0,0001	0,00008	0,00007
CH ₄	0,0023	0,0021	0,0019	0,0022	0,00191
Всего	0,76	0,69	0,64	0,714	0,63255

Таблица 3

Объем выбросов загрязняющих веществ в Ивановской области от автомобильного транспорта, тыс. т
Table 3. Volume of pollutant emissions in the Ivanovo region from motor transport, thousand tons

	2019	2020	2021	2022	2023
SO ₂	0,25	0,25	0,26	0,262	0,26820
NO _x	5,54	5,63	5,76	5,848	5,98011
ЛОСНМ	2,16	2,22	2,27	2,301	2,36204
CO	21,24	21,81	22,31	22,607	23,19452
C	0,15	0,15	0,16	0,160	0,16349
NH ₃	0,34	0,35	0,36	0,362	0,37468
CH ₄	0,05	0,05	0,05	0,051	0,05089
Всего	29,72	30,47	31,16	31,591	32,39392

Таблица 4

Объем выбросов загрязняющих веществ в Ивановской области от передвижных источников, тыс. т

Table 4. Volume of pollutant emissions in the Ivanovo region from mobile sources, thousand tons

	2019	2020	2021	2022	2023
SO ₂	0,25	0,25	0,26	0,262	0,26841
NO _x	6,05	6,09	6,18	6,321	6,39943
ЛОСНМ	2,22	2,27	2,32	2,357	2,41128
CO	21,38	21,94	22,43	22,735	23,30782
C	0,21	0,21	0,21	0,215	0,21199
NH ₃	0,34	0,35	0,36	0,362	0,37475
CH ₄	0,05	0,05	0,05	0,053	0,05279
Всего	30,48	31,15	31,80	32,305	33,02648

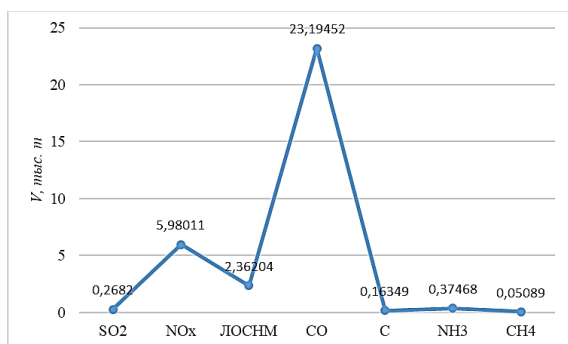


Рис. 1. Распределение тяжелых металлов от автомобильного транспорта в 2023 г. на территории Ивановской области

Fig. 1. Distribution of heavy metals from motor transport in 2023 in the Ivanovo region

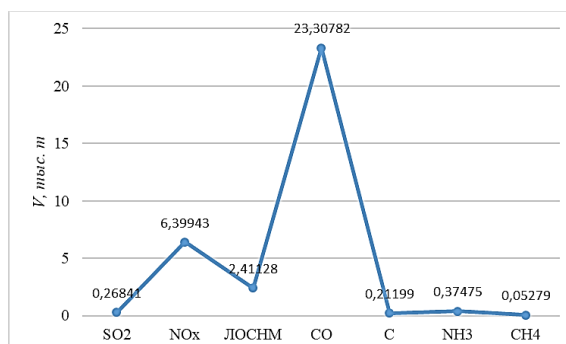


Рис. 2. Распределение тяжелых металлов от передвижных источников в 2023 г. на территории Ивановской области

Fig. 2. Distribution of heavy metals from mobile sources in 2023 in the Ivanovo region

Как показано в работах [53-56], уровень загрязнения почвенного покрова Ивановской области является средним (уровень загрязнения находится в диапазоне от 16 до 32), что говорит о том, что наблюдается повышение уровня общей заболеваемости населения. Полученные результаты также свидетельствуют о том, что территория Ивановской области разделена по уровням загрязнения, и наиболее загрязненной является юго-западная часть территории Ивановской области. Полученные нами усредненные данные среднегодовой розы ветров, для территории Ивановской области, показали, что роза ветров имеет основное направление ветра на юг, запад, северо-запад и юго-запад (рис. 3). В данной части расположены предприятия теплоэнергетики, предприятия химической отрасли, выбросы от которых составляют более 50% всех выбросов от стационарных источников. Также существенный вклад в загрязнение атмосферного воздуха области вносят предприятия текстильной, деревообрабатывающей, машиностроительной промышленности, а также, предприятия жилищно-коммунального хозяйства, имеющие на своем балансе крупные котельные, отопливающие населен-

ные пункты. Кроме того, значительный вклад в загрязнение атмосферного воздуха Ивановской области вносят автомобильные трассы, соединяющие г. Иваново, г. Кинешма, г. Шуя, г. Тейково, г. Вичуга, а также г. Владимир, г. Ярославль и г. Москва, по которым наблюдается интенсивное движение как легкового, так и грузового транспорта. В следствие чего можно говорить о том, что происходит накопление загрязняющих веществ в почве и как следствие – увеличение заболеваемости населения.

Полученные данные свидетельствуют о том, что до конца 2021 г. наблюдался рост заболеваний у жителей населения Ивановской области, связанных с болезнями органов дыхания, кожи, нервной системы, глаз и нарушением обмена веществ (табл. 5). Расчеты показали, что на болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ за период с 2019 по 2023 г. наибольшее влияние оказывали – диоксид углерода и азота, взвешенные вещества, а также бенз(а)пирен. На болезни нервной системы и болезни кожи, подкожной клетчатки наибольшее влияние оказывали – оксид углерода, оксид и диоксид азота, формальдегид и бенз(а)пирен. На бо-

лезни глаза и его придаточного аппарата наибольшее влияние оказывали – диоксид серы, оксид углерода и фенол. На болезни органов дыхания сильное влияния оказывали следующие вещества – оксид углерода и азота, диоксид серы и азота, а также бенз(а)пирен.

Исходя из полученных данных по среднегодовым концентрациям загрязняющих веществ на стационарных постах Ивановской области, были подобраны математические модели, которые наиболее эффективно бы отражали изменение концентраций загрязняющих веществ в Ивановской области. Кроме того, на основании корреляционно-регрессионного анализа сделан прогноз концентраций загрязняющих веществ в Ивановской области на 2025 г. Полученные результаты представлены в табл. 6. Все представленные модели получены с коэффициентом детерминации $> 0,93$, что определяет высокую сходимость наблюдаемых данных и значений, полученных с помощью математических моделей.

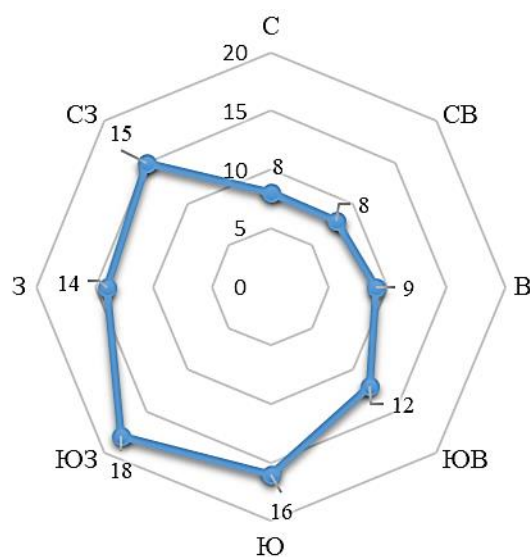


Рис. 3. Среднегодовая роза ветров для Ивановской области
Fig. 3. Average annual wind rose for the Ivanovo region

Таблица 5

Заболееваемость на 1000 человек населения по основным классам болезней
Table 5. Incidence per 1000 population by main classes of diseases

	2019	2020	2021	2022	2023
Болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ	14,5	15,1	18,3	17,2	10,7
Болезни нервной системы	19,0	12,3	16,4	16,1	10,2
Болезни глаза и его придаточного аппарата	47,8	39,5	39,7	49,7	39,3
Болезни органов дыхания	423,7	421,6	442,6	400,8	327,3
Болезни органов пищеварения	25,4	18,3	18,9	29,8	13,0
Болезни кожи и подкожной клетчатки	38,7	40,2	46,8	38,3	33,5

Таблица 6

Регрессионные модели
Table 6. Regression models

Перечень веществ	Модель	С, тыс./т
	Объем выбросов загрязняющих веществ от железнодорожного транспорта	
SO ₂	$y = 3 \cdot 10^{-5} \cdot x^2 - 0,1031 \cdot x + 104,2$	0,000249
NO _x	$y = -0,0116 \cdot x^3 + 70,07 \cdot x^2 - 141623 \cdot x + 1 \cdot 10^8$	0,404211
ЛОСНМ	$y = -0,0014 \cdot x^3 + 8,4687 \cdot x^2 - 17117 \cdot x + 1 \cdot 10^7$	0,04719
CO	$y = -0,0036 \cdot x^3 + 21,576 \cdot x^2 - 43607 \cdot x + 3 \cdot 10^7$	0,10970
C	$y = -0,0018 \cdot x^3 + 10,869 \cdot x^2 - 21968 \cdot x + 1 \cdot 10^7$	0,04736
NH ₃	$y = -8 \cdot 10^{-6} \cdot x + 0,0163$	0,00007
CH ₄	$y = -7 \cdot 10^{-5} \cdot x^4 + 0,5355 \cdot x^3 - 1623,3 \cdot x^2 + 2 \cdot 10^6 \cdot x - 1 \cdot 10^9$	0,00185
Всего	$y = -0,0146 \cdot x^3 + 88,653 \cdot x^2 - 179183 \cdot x + 1 \cdot 10^8$	0,61063
	Объем выбросов загрязняющих веществ от автомобильного транспорта	
SO ₂	$y = 0,0048 \cdot x - 9,5236$	0,27950
NO _x	$y = 0,1098 \cdot x - 216,2$	5,99573
ЛОСНМ	$y = 0,0485 \cdot x - 95,772$	2,38111
CO	$y = 0,4706 \cdot x - 928,86$	23,23247
C	$y = -0,0002 \cdot x^2 + 0,8756 \cdot x - 888,39$	0,16987
NH ₃	$y = 16,443 \cdot \ln(x) - 124,8$	0,37981

Продолжение таблицы

CH ₄	$y = -9 \cdot 10^{-5} \cdot x^3 + 0,5609 \cdot x^2 - 1133,7 \cdot x + 763782$	0,05485
Всего	$y = 0,6469 \cdot x - 1276,3$	32,49334
Объем выбросов загрязняющих веществ от передвижных источников		
SO ₂	$y = 0,0049 \cdot x - 9,6084$	0,28061
NO _x	$y = 0,093 \cdot x - 181,72$	6,44954
ЛОСНМ	$y = 0,047 \cdot x - 92,582$	2,43508
CO	$y = 0,4651 \cdot x - 917,54$	23,48732
C	$y = -0,0008 \cdot x^4 + 6,0657 \cdot x^3 - 18386 \cdot x^2 + 2 \cdot 10^7 \cdot x - 1 \cdot 10^{10}$	0,22601
NH ₃	$y = 16,471 \cdot \ln(x) - 125,01$	0,37999
CH ₄	$y = -0,0003 \cdot x^3 + 1,622 \cdot x^2 - 3278,5 \cdot x + 2 \cdot 10^6$	0,05521
Всего	$y = 0,6248 \cdot x - 1231$	33,31376

Таким образом полученные в данной работе данные свидетельствуют о том, что несмотря на различные экологические программы, которые работают в Ивановской области, концентрации загрязняющих веществ от автомобильного транспорта и передвижных источников не приведут к снижению. Такие факторы, как рост числа автомобилей, старение транспортного парка, а также недостаточная инфраструктура для общественного транспорта, могут препятствовать снижению концентрации загрязняющих веществ. В связи с чем, можно выделить несколько возможных подходов и решений, которые могут помочь в этой ситуации – это улучшение общественного транспорта, стимулирование использования экологически чистых

транспортных средств, регулирование выбросов, а также установка датчиков для мониторинга качества воздуха в реальном времени, что может помочь в принятии более обоснованных решений. Также подобранные в данной статье математические модели, могут в дальнейшем использоваться для анализа количества выбросов загрязняющих веществ.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

The authors declare the absence of a conflict of interest warranting disclosure in this article.

ЛИТЕРАТУРА

REFERENCES

1. Стадник М.Е. Научный диалог. 2013. № 12 (24). С. 38–47.

2. Афинеевский А.В., Прозоров Д.А., Смирнов Д.В., Гордина Н.Е. Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2024. Т. 67. Вып. 11. С. 6–14. DOI: 10.6060/ivkkt.20246711.7111.

3. Курникова А.А., Румянцев Р.Н., Афинеевский А.В., Борисова Т.Н., Севергина Е.С., Гордина Н.Е. Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2024. Т. 67. Вып. 2. С. 21–29. DOI: 10.6060/ivkkt.20246702.6866.

4. Эксперты составили экологический рейтинг регионов [электронный ресурс]. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/6466824> (дата обращения: 12.02.2025).

5. Загрязнение атмосферного воздуха (воздуха вне помещений) [электронный ресурс]. URL: [https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health) (дата обращения: 12.02.2025).

6. Kulentsan A.L., Marchuk N.A., Shiryayev M.Y., Puзанov A.M. Russian Journal of General Chemistry. 2023. 93(6). P. 1627–1630. DOI: 10.1134/S1070363223060397.

7. Крутова О.Н., Березина Н.М., Волков А.В., Семейкин А.С., Базанов М.И., Черников В.В., Крутов П.Д. Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2024. Т. 67. Вып. 4. С. 28–36. DOI: 10.6060/ivkkt.20246704.6978.

8. Куленцан А.Л., Марчук Н.А. Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2022. Т. 65. Вып. 1. С. 116–121. DOI: 10.6060/ivkkt.20226501.6531.

9. Шарафеев Ш.М., Сергеев Н.П., Меженин А.В. Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2024. Т. 67. Вып. 4. С. 101–107. DOI: 10.6060/ivkkt.20246704.6940.

1. Stadnik M.E. Scientific dialogue. 2013. N 12 (24). P. 38–47.

2. Afineevskii A.V., Prozorov D.A., Smirnov D.V., Gordina N.E. ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2024. V. 67. N 11. P. 6–14. DOI: 10.6060/ivkkt.20246711. 7111.

3. Kournikova A.A., Rumyantsev R.N., Afineevsky A.V., Borisova T.N., Severgina E.S., Gordina N.E. ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2024. V. 67. N 2. P. 21–29. DOI: 10.6060/ivkkt.20246702.6866.

4. Experts have compiled an environmental rating of the regions [electronic resource]. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/6466824> (accessed: 12.02.2025).

5. Pollution of atmospheric air (outdoor air) [electronic resource]. URL: [https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health) (accessed: 12.02.2025).

6. Kulentsan A.L., Marchuk N.A., Shiryayev M.Y., Puзанov A.M. Russian Journal of General Chemistry. 2023. 93(6). P. 1627–1630. DOI: 10.1134/S1070363223060397.

7. Krutova O.N., Berezina N.M., Volkov A.V., Semeikin A.S., Bazanov M.I., Chernikov V.V., Krutov P.D. ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2024. V. 67. N 4. P. 28–36. DOI: 10.6060/ivkkt.20246704.6978.

8. Kulentsan A.L., Marchuk N.A. ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2022. V. 65. N 1. P. 116–121. DOI: 10.6060/ivkkt.20226501.6531.

9. Sharafeev S.M., Sergeev N.P., Mezhenin A.V. ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2024. V. 67. N 4. P. 101–107. DOI: 10.6060/ivkkt.20246704.6940.

10. Шишанов М.В., Цветков И.Д., Яшунин Д.В., Кук Х.Г., Досов К.А., Большаков И.А., Морозов Н.В. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2024. Т. 67. Вып. 11. С. 55–62. DOI: 10.6060/ivkkt.20246711.7030.
11. Строкова С.В., Ленский М.А. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2024. Т. 67. Вып. 6. С. 6–13. DOI: 10.6060/ivkkt.20246706.6988.
12. Панова М.О., Буяев Д.И., Шапошникова В.В. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2024. Т. 67. Вып. 11. С. 79–85. DOI: 10.6060/ivkkt.20246711.7051.
13. Сибгатуллин Р.М. *Эффективные технологии в области водоподготовки и очистки в системах водоснабжения и водоотведения*. 2023. С. 63–66.
14. Дейнека В.И., Саласина Я.Ю. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2024. Т. 67. Вып. 6. С. 14–20. DOI: 10.6060/ivkkt.20246706.6989.
15. Бакирова И.Н., Минеева Т.А. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2024. Т. 67. Вып. 11. С. 106–113. DOI: 10.6060/ivkkt.20246711.7040.
16. Писарева И.А., Никулина Н.С., Санникова Н.Ю., Мисин В.М., Власова Л.А., Никулин С.С. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2024. Т. 67. Вып. 11. С. 114–121. DOI: 10.6060/ivkkt.20246711.7048.
17. Гречищева Н.Ю., Запорожская А.А., Алтанбагана Н. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2023. Т. 66. Вып. 10. С. 114–120. DOI: 10.6060/ivkkt.20236610.6770.
18. Grechishcheva N.Yu., Korolev A.M., Zavorotny V.L., Starodubtseva K.A., Ali M.S. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2023. V. 66. N 2. P. 23–35. DOI: 10.6060/ivkkt.20236602.6729.
19. Филиппова Л.С., Акимова А.С. *Международный научно-исследовательский журнал*. 2022. № 11 (125). С. 1–6. DOI: 10.23670/IRJ.2022.125.73.
20. Kulentsan A.L., Marchuk N.A. *Russian Journal of General Chemistry*. 2022. 92(12). P. 2935–2938. DOI: 10.1134/S1070363222120477.
21. Лутфуллина Г.Г., Валеева Э.Э. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2024. Т. 67. Вып. 6. С. 45–54. DOI: 10.6060/ivkkt.20246706.6984.
22. Godzishchevskaya A.A., Lopashinova E.P., Snegireva A.A., Kurasova M.N., Trifonova T.S. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2024. V. 67. N 11. P. 63–68. DOI: 10.6060/ivkkt.20246711.7050.
23. Куленцан А.Л., Марчук Н.А. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2022. Т. 65. Вып. 9. С. 129–137. DOI: 10.6060/ivkkt.20226509.6619.
24. Макаров А.В., Фомина Н.Б. *Природноресурсный потенциал, экология и устойчивое развитие регионов России*. 2023. С. 138–141.
25. Куленцан А.Л., Марчук Н.А. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2019. Т. 62. Вып. 11. С. 156–160. DOI: 10.6060/ivkkt.20196211.6106.
26. Kulentsan A.L., Marchuk N.A. *Russian Journal of General Chemistry*. 2022. 92(12). P. 2976–2981. DOI: 10.1134/S1070363222120556.
27. Федеральная служба государственной статистики [электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/13721> (дата обращения: 12.02.2025).
28. Сутягин А.А. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2024. Т. 67. Вып. 11. С. 33–39. DOI: 10.6060/ivkkt.20246711.7054.
29. Чернышова О.В., Цыганкова М.В., Уваров Б.В. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2023. Т. 66. Вып. 2. С. 78–84. DOI: 10.6060/ivkkt.20236602.6701.
- Tekhnol.]. 2024. V. 67. N 4. P. 101–107. DOI: 10.6060/ivkkt.20246704.6940.
10. Shishanov M.V., Tsvetkov I.D., Yashunin D.V., Kuk Kh.G., Dosov K.A., Bolshakov I.A., Morozov N.V. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2024. V. 67. N 11. P. 55–62. DOI: 10.6060/ivkkt.20246711.7030.
11. Strokov S.V., Lenskiy M.A. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2024. V. 67. N 6. P. 6–13. DOI: 10.6060/ivkkt.20246706.6988.
12. Panova M.O., Buyayev D.I., Shaposhnikova V.V. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2024. V. 67. N 11. P. 79–85. DOI: 10.6060/ivkkt.20246711.7051.
13. Sibgatullin R.M. *Effective technologies in the field of water treatment and purification in water supply and sanitation systems*. 2023. P. 63–66.
14. Deineka V.I., Salasina Ya.Yu. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2024. V. 67. N 6. P. 6–20. DOI: 10.6060/ivkkt.20246706.6989.
15. Bakirova I.N., Mineeva T.A. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2024. V. 67. N 11. P. 106–113. DOI: 10.6060/ivkkt.20246711.7040.
16. Pisareva I.A., Nikulina N.S., Sannikova N.Yu., Misin V.M., Vlasova L.A., Nikulin S.S. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2024. V. 67. N 11. P. 114–121. DOI: 10.6060/ivkkt.20246711.7048.
17. Grechishcheva N.Yu., Zaporozhskaya A.A., Altanbagana N. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2023. V. 66. N 10. P. 114–120. DOI: 10.6060/ivkkt.20236610.6770.
18. Grechishcheva N.Yu., Korolev A.M., Zavorotny V.L., Starodubtseva K.A., Ali M.S. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2023. V. 66. N 2. P. 23–35. DOI: 10.6060/ivkkt.20236602.6729.
19. Filippova L.S., Akimova A.S. *International Scientific Research Journal*. 2022. N 11 (125). P. 1–6. DOI: 10.23670/IRJ.2022.125.73.
20. Kulentsan A.L., Marchuk N.A. *Russian Journal of General Chemistry*. 2022. 92(12). P. 2935–2938. DOI: 10.1134/S1070363222120477.
21. Lutfullina G.G., Valeeva E.E. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2024. V. 67. N 6. P. 45–54. DOI: 10.6060/ivkkt.20246706.6984.
22. Godzishchevskaya A.A., Lopashinova E.P., Snegireva A.A., Kurasova M.N., Trifonova T.S. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2024. V. 67. N 11. P. 63–68. DOI: 10.6060/ivkkt.20246711.7050.
23. Kulentsan A.L., Marchuk N.A. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2022. V. 65. N 9. P. 129–137. DOI: 10.6060/ivkkt.20226509.6619.
24. Makarov A.V., Fomina N.B. *Natural resource potential, ecology and sustainable development of Russian regions*. 2023. P. 138–141.
25. Kuletsan A.L., Marchuk N.A. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2019. V. 62. N 11. P. 156–160. DOI: 10.6060/ivkkt.20196211.6106.
26. Kulentsan A.L., Marchuk N.A. *Russian Journal of General Chemistry*. 2022. 92(12). P. 2976–2981. DOI: 10.1134/S1070363222120556.
27. Federal State Statistics Service [Electronic resource]. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/13721> (accessed: 12.02.2025).
28. Sutyagin A.A. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2024. V. 67. N 11. P. 33–39. DOI: 10.6060/ivkkt.20246711.7054.

30. Koshelev V.N., Ilkov K.V., Primerova O.V., Gladkikh A.A. *ChemChemTech* [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2023. V. 66. N 9. P. 71–76. DOI: 10.6060/ivkkt.20236609.6906.
31. Guschin A.A., Grinevich V.I., Kvitkova E.Yu., Gusev G.I., Shutov D.A., Ivanov A.N., Manukyan A.S., Rybkin V.V. *ChemChemTech* [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2023. V. 66. N 7. P. 120–131. DOI: 10.6060/ivkkt.20236607.6835j.
32. Manukyan A.S., Seyoum M.B., Rybkin V.V. *ChemChemTech* [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2021. V. 64. N 3. P. 4–12. DOI: 10.6060/ivkkt.20216403.6339.
33. Бурмистров В.А., Александрийский В.В., Новиков И.В., Печникова Н.Л., Шилов И.В., Любимцев А.В., Агеева Т.А., Коифман О.И. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2023. Т. 66. Вып. 7. С. 31–51. DOI: 10.6060/ivkkt.20236607.6832j.
34. Медведева И.В., Медведева О.М., Студенок А.Г., Студенок Г.А., Цейтлин Е.М. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2023. Т. 66. Вып. 1. С. 6–27. DOI: 10.6060/ivkkt.20236601.6538.
35. Nikonov I.P., Sharavyeva Yu.O., Makhmudov R.R., Shipilovskikh D.A., Gorbunova I.A. *ChemChemTech* [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2024. V. 67. N 11. P. 22–32. DOI: 10.6060/ivkkt.20246711.7055.
36. Лаврухина О.И., Амелин В.Г., Киш Л.К., Третьяков А.В. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2023. Т. 66. Вып. 12. С. 6–24. DOI: 10.6060/ivkkt.20236612.6799.
37. Силкин С.А., Кусманов С.А., Перков А.С., Парфенюк В.И. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2024. Т. 67. Вып. 11. С. 69–78. DOI: 10.6060/ivkkt.20246711.7033.
38. Колчина Г.Ю., Полетаева О.Ю., Леонтьев А.Ю., Мовсумзаде Э.М., Логинова М.Е., Колчин А.В. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2023. Т. 66. Вып. 6. С. 94–101. DOI: 10.6060/ivkkt.20236606.6783.
39. Извекова Т.В., Гусев Г.И., Гордина Н.Е., Ситанов Р.Д., Гушчин А.А. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2024. Т. 67. Вып. 11. С. 145–153. DOI: 10.6060/ivkkt.20246711.7140.
40. Манakov А.Ю., Шиц Е.Ю., Цекков О.О., Адамова Т.П., Корякина В.В. *Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва)*. 2024. Т. LXVIII. № 4. С. 20–31. DOI: 10.6060/rcj.2024684.3.
41. Ignatiev A.A., Guschin A.A., Shutov D.A., Ivanov A.N., Manukyan A.S., Ivanova P.A., Rybkin V.V. *ChemChemTech* [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2023. V. 66. N 8. P. 135–140. DOI: 10.6060/ivkkt.20236608.6890.
42. Власкина Е.С., Соотц Ю.Н., Липина А.А., Яминзода З.А., Одинцова О.И. *Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва)*. 2024. Т. LXVIII. № 4. С. 110–122. DOI: 10.6060/rcj.2024684.14.
43. Pham Thi Be, Phan Tu Quy, Bui Cong Trinh, Nguyen Thi Kim Giang, Nguyen Thi Thu Ha *ChemChemTech* [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2024. V. 67. N 12. P. 73–79. DOI: 10.6060/ivkkt.20246712.7115.
44. Данилова С.Н., Тарасова П.Н., Ярусова С.Б., Капитонова Ю.В., Осипова В.Н., Охлопкова А.А., Гордиенко П.С. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2024. Т. 67. Вып. 12. С. 102–112. DOI: 10.6060/ivkkt.20246712.7064.
45. Мелешкин А.В., Морозов В.С., Князьков В.А., Климов Б.А. *Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва)*. 2024. Т. LXVIII. № 4. С. 52–59. DOI: 10.6060/rcj.2024684.6.
29. Chernyshova O.V., Tsygankova M.V., Uvarov B.V. *ChemChemTech* [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2023. V. 66. N 2. P. 78–84. DOI: 10.6060/ivkkt.20236602.6701.
30. Koshelev V.N., Ilkov K.V., Primerova O.V., Gladkikh A.A. *ChemChemTech* [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2023. V. 66. N 9. P. 71–76. DOI: 10.6060/ivkkt.20236609.6906.
31. Guschin A.A., Grinevich V.I., Kvitkova E.Yu., Gusev G.I., Shutov D.A., Ivanov A.N., Manukyan A.S., Rybkin V.V. *ChemChemTech* [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2023. V. 66. N 7. P. 120–131. DOI: 10.6060/ivkkt.20236607.6835j.
32. Manukyan A.S., Seyoum M.B., Rybkin V.V. *ChemChemTech* [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2021. V. 64. N 3. P. 4–12. DOI: 10.6060/ivkkt.20216403.6339.
33. Burmistrov V.A., Aleksandriiskii V.V., Novikov I.V., Pechnikova N.L., Shilov I.V., Lyubimtsev A.V., Ageeva T.A., Koifman O.I. *ChemChemTech* [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2023. V. 66. N 7. P. 31–51. DOI: 10.6060/ivkkt.20236607.6832j.
34. Medvedeva I.V., Medvedeva O.M., Studenok A.G., Studenok G.A., Tseytlin E.M. *ChemChemTech* [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2023. V. 66. N 1. P. 6–27. DOI: 10.6060/ivkkt.20236601.6538.
35. Nikonov I.P., Sharavyeva Yu.O., Makhmudov R.R., Shipilovskikh D.A., Gorbunova I.A. *ChemChemTech* [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2024. V. 67. N 11. P. 22–32. DOI: 10.6060/ivkkt.20246711.7055.
36. Lavrukhina O.I., Amelin V.G., Kish L.K., Tretyakov A.V. *ChemChemTech* [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2023. V. 66. N 12. P. 6–24. DOI: 10.6060/ivkkt.20236612.6799.
37. Silkin S.A., Kusmanov S.A., Perkov A.S., Parfenyuk V.I. *ChemChemTech* [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2024. V. 67. N 11. P. 69–78. DOI: 10.6060/ivkkt.20246711.7033.
38. Kolchina G.Yu., Poletaeva O.Yu., Leontev A.Yu., Movsumzade E.M., Loginova M.E., Kolchin A.V. *ChemChemTech* [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2023. V. 66. N 6. P. 94–101. DOI: 10.6060/ivkkt.20236606.6783.
39. Izveкова Т.В., Гусев Г.И., Гордина Н.Е., Ситанов Р.Д., Гущин А.А. *ChemChemTech* [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2024. V. 67. N 11. P. 145–153. DOI: 10.6060/ivkkt.20246711.7140.
40. Manakov A.Yu., Shits E.Yu., Tsekov O.O., Adamova T.P., Koryakina V.V. *Ros. Khim. Zh.* 2024. V. 68. N 4. P. 20–31. DOI: 10.6060/rcj.2024684.3.
41. Ignatiev A.A., Guschin A.A., Shutov D.A., Ivanov A.N., Manukyan A.S., Ivanova P.A., Rybkin V.V. *ChemChemTech* [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2023. V. 66. N 8. P. 135–140. DOI: 10.6060/ivkkt.20236608.6890.
42. Vlaskina E.S., Soots Yu.N., Lipina A.A., Yaminzoda Z.A., Odintsova O.I. *Ros. Khim. Zh.* 2024. V. 68. N 4. P. 110–122. DOI: 10.6060/rcj.2024684.14.
43. Pham Thi Be, Phan Tu Quy, Bui Cong Trinh, Nguyen Thi Kim Giang, Nguyen Thi Thu Ha *ChemChemTech* [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2024. V. 67. N 12. P. 73–79. DOI: 10.6060/ivkkt.20246712.7115.
44. Danilova S.N., Tarasova P.N., Yarusova S.B., Kapitonova Yu.V., Osipova V.N., Okhlopova A.A., Gordienko P.S. *ChemChemTech* [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2024. V. 67. N 12. P. 73–79. DOI: 10.6060/ivkkt.20246712.7115.

46. Иванов К.В., Филимонова Ю.А., Агафонов А.В., Назаров С.Б. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2024. Т. 67. Вып. 12. С. 6–14. DOI: 10.6060/ivkkt.20246712.7077.
47. Бабкин М.Ю., Филиппов Д.В., Захаров О.В., Гушин А.А., Агеева А.А. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2023. Т. 66. Вып. 8. С. 129–134. DOI: 10.6060/ivkkt.20236608.6779.
48. Plechkova N.V., Karpunichkina I.A., Artemkina Yu.M., Shcherbakov V.V. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2023. V. 66. N 12. P. 82–90. DOI: 10.6060/ivkkt.20236612.6830.
49. Дидух-Шадрина С.Л., Буйко О.В., Лосев В.Н., Чашоол Н.Н. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2023. Т. 66. Вып. 3. С. 27–35. DOI: 10.6060/ivkkt.20236603.6714.
50. Раменская Л.М., Гришина Е.П., Кудрякова Н.О. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2023. Т. 66. Вып. 3. С. 36–44. DOI: 10.6060/ivkkt.20236603.6752.
51. Заболотных С.А., Денисова С.А., Наговицын Р.Р., Ватулина В.Н. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2023. Т. 66. Вып. 3. С. 45–51. DOI: 10.6060/ivkkt.20236603.6651.
52. Меньшова И.И., Аверина Ю.М., Заболотная Е. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2023. Т. 66. Вып. 3. С. 52–58. DOI: 10.6060/ivkkt.20236603.6715.
53. Суан Минь Ву, Тхи Лан Фам, Тхи Ми Хань Ле, Тхи Тху Хоай Фам, Чи Май Нгуен, Дай Лам Чан *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2023. Т. 66. Вып. 3. С. 59–65. DOI: 10.6060/ivkkt.20236603.6722.
54. Кузнецова Т.С., Бураков А.Е., Пасько Т.В., Буракова И.В., Дьячкова Т.П., Меметова А.Е. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2023. Т. 66. Вып. 3. С. 66–76. DOI: 10.6060/ivkkt.20236603.6726.
55. Машкин Д.В., Извекова Т.В., Гушин А.А., Гриневич В.И. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2017. Т. 60. Вып. 5. С. 94–99.
56. Овчинников Н.Л., Виноградов Н.М., Гордина Н.Е., Бутман М.Ф. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2023. Т. 66. Вып. 5. С. 59–71. DOI: 10.6060/ivkkt.20236605.6798.
45. Meleshkin A.V., Morozov V.S., Knyazkov V.A., Klimov B.A. *Ros. Khim. Zh.* 2024. V. 68. N 4. P. 52–59. DOI: 10.6060/rcj.2024684.6.
46. Ivanov K.V., Filimonova Yu.A., Agafonov A.V., Nazarov S.B. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2024. V. 67. N 12. P. 6–14. DOI: 10.6060/ivkkt.20246712.7077.
47. Babkin M.Yu., Filippov D.V., Zakharov O.V., Gushchin A.A., Ageeva A.A. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2023. V. 66. N 8. P. 129–134. DOI: 10.6060/ivkkt.20236608.6779.
48. Plechkova N.V., Karpunichkina I.A., Artemkina Yu.M., Shcherbakov V.V. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2023. V. 66. N 12. P. 82–90. DOI: 10.6060/ivkkt.20236612.6830.
49. Didukh-Shadrina S.L., Buyko O.V., Losev V.N., Chashool N.N. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2023. V. 66. N 3. P. 27–35. DOI: 10.6060/ivkkt.20236603.6714.
50. Ramenskaya L.M., Grishina E.P., Kudryakova N.O. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2023. V. 66. N 3. P. 36–44. DOI: 10.6060/ivkkt.20236603.6752.
51. Zabolotnykh S.A., Denisova S.A., Nagovitsyn R.R., Vaulina V.N. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2023. V. 66. N 3. P. 45–51. DOI: 10.6060/ivkkt.20236603.6651.
52. Menshova I.I., Averina Yu.M., Zabolotnaya E. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2023. V. 66. N 3. P. 52–58. DOI: 10.6060/ivkkt.20236603.6715.
53. Xuan Minh Vu, Thi Lan Pham, Thi My Hanh Le, Thi Thu Hoai Pham, Chi Mai Nguyen, Dai Lam Tran *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2023. V. 66. N 3. P. 59–65. DOI: 10.6060/ivkkt.20236603.6722.
54. Kuznetsova T.S., Burakov A.E., Pasko T.V., Burakova I.V., Dyachkova T.P., Memetova A.E. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2023. V. 66. N 3. P. 66–76. DOI: 10.6060/ivkkt.20236603.6726.
55. Mashkin D.V., Izvekova T.V., Gushchin A.A., Grinevich V.I. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2017. V. 60. N 5. P. 94–99.
56. Ovchinnikov N.L., Vinogradov N.M., Gordina N.E., Butman M.F. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2023. V. 66. N 5. P. 59–71. DOI: 10.6060/ivkkt.20236605.6798.

Поступила в редакцию 12.03.2025
Принята к опубликованию 04.08.2025

Received 12.03.2025
Accepted 04.08.2025