

АНАЛИЗ СБРОСА ЗАГРЯЗНЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД В РЕГИОНАХ ЦЕНТРАЛЬНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА

А.Л. Куленцан, Н.А. Марчук, Д.А. Легошин, М.Ю. Ширяев, А.М. Пузанов, Л.Т. Манукян

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

Данная статья посвящена анализу сброса загрязненных сточных вод в регионах Центрального федерального округа, а также анализу использования свежей воды в ЦФО. Авторами проанализирована динамика изменения показателей сброса загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты, за период с 2005 по 2021 г. А также проанализирована динамика использования свежей воды на производственные нужды, на хозяйственно-питьевые нужды, на орошение и сельскохозяйственное водоснабжение на рассматриваемой территории. Подобраны математические модели, которые хорошо отражают изменение исследуемых параметров. Построен прогноз сброса загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты на 2025 г. в ЦФО.

Ключевые слова: вода, сточные воды, очистка воды, загрязнение, регионы, прогнозирование

ANALYSIS OF POLLUTED WASTEWATER DISCHARGE IN THE REGIONS OF THE CENTRAL FEDERAL DISTRICT

A.L. Kuletsan, N.A. Marchuk, D.A. Legoshin, M.Y. Shiryayev, A.M. Puzanov, L.T. Manukyan

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 is devoted to the analysis of the discharge of contaminated wastewater in the regions of the Central Federal District, as well as the analysis of the use of fresh water in the Central Federal District. The authors analyzed the dynamics of changes in the discharge of contaminated wastewater into surface water bodies for the period from 2005 to 2021. The dynamics of the use of fresh water for industrial needs, for household and drinking needs, for irrigation and agricultural water supply in the territory under consideration is also analyzed. Mathematical models have been selected that reflect well the change in the studied parameters. A forecast of the discharge of contaminated wastewater into surface water bodies for 2025 in the Central Federal District has been built.

Keywords: water, wastewater, water treatment, pollution, regions, forecasting

Для цитирования:

Куленцан А.Л., Марчук Н.А., Легошин Д.А., Ширяев М.Ю., Пузанов А.М., Манукян Л.Т. Анализ сброса загрязненных сточных вод в регионах Центрального федерального округа. *Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва)*. 2025. Т. LXIX. № 2. С. 83–90. DOI: 10.6060/rcj.2025692.10.

For citation:

Kuletsan A.L., Marchuk N.A., Legoshin D.A., Shiryayev M.Y., Puzanov A.M., Manukyan L.T. Analysis of polluted wastewater discharge in the regions of the Central federal district. *Ros. Khim. Zh.* 2025. V. 69. N 2. P. 83–90. DOI: 10.6060/rcj.2025692.10.

ВВЕДЕНИЕ

Вода занимает около 72% площади нашей планеты. В тоже самое время она является не только

базовым элементом жизнеобеспечения, но и представляет собой среду обитания для многих организмов [1-5]. Запасы качественной природной пресной воды в мире уменьшаются очень быст-

рыми темпами. Всемирный доклад Организации Объединенных Наций о состоянии водных ресурсов, опубликованный в 2021 г., фиксирует качественные изменения состава воды и стремительное увеличение доли пресной воды, не соответствующей национальным санитарно-гигиеническим требованиям [6-8]. Для их повышения и устранения химических, механических, биологических и прочих загрязнителей необходима комплексная очистка сточных вод [9-12]. Требования к эффективности очистки сточных вод, независимо от производительности очистных сооружений, определяются состоянием окружающей среды, а точнее, качеством воды в водоемах и водотоках [13-16]. К основным технологическим схемам очистки сточных вод относятся:

- сооружения механической очистки сточных вод;
- сооружения биологической очистки сточных вод;
- сооружения доочистки сточной воды;
- сооружения обеззараживания сточной воды;
- Сооружения обработки и механического обезвоживания осадков сточных вод [17-21].

Ко всем перечисленным способам очистки предъявляются самые современные требования по надежности и экологической безопасности [22-25]. Строительство самых современных очистных сооружений позволит прекратить сброс неочищенных сточных вод, а также улучшит санитарно-экологическое состояние территории и водных объектов [26-30]. Выбор необходимой технологии очистки определяется видом и концентрацией загрязнений [31-34]. Кроме этого, для улучшения экологического состояния поверхностных вод, являющихся показателем благополучия окружающей среды, необходимо также производить проверку и в случае необходимости строительство городской ливневой канализации [35-38].

Цель исследования. Проанализировать динамику изменения показателей сброса загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты регионов Центрального федерального округа РФ, за период с 2005 по 2021 г. Построить прогноз данных показателей на 2025 г.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для анализа динамики сброса загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты регионов ЦФО РФ, использовали данные Федеральной службы государственной статистики [39-44].

Методика основана на использовании корреляционно-регрессионного анализа [45-50].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБСУЖДЕНИЯ

В табл. 1 представлены данные описывающие использование свежей воды в регионах Центрального федерального округа. Полученные данные свидетельствуют о том, что наибольшее использование свежей воды приходится на Костромскую, Московскую, Тверскую области и г. Москва. Далее для данных областей были построены математические модели, которые наилучшим образом описывают объемы использования свежей воды. Полученные данные говорят о том, что математические модели носят полиномиальный характер с коэффициентами детерминации более 0,9700, это говорит о том, что выбранные модели хорошо описывают объемы использования свежей воды. Для Костромской области математическая модель имеет вид $y = 0,7154 \cdot x^5 - 72,039 \cdot x^4 + 3 \cdot 10^3 \cdot x^3 - 6 \cdot 10^4 \cdot x^2 + 6 \cdot 10^5 \cdot x - 2 \cdot 10^6$, $R^2 = 1$, для Московской области - $y = 1,8348 \cdot x^3 - 11,092 \cdot x^2 + 2 \cdot 10^4 \cdot x - 2 \cdot 10^5$, $R^2 = 0,9947$, для Тверской области - $y = 0,2171 \cdot x^4 - 17,477 \cdot x^3 + 5 \cdot 10^4 \cdot x^2 - 7 \cdot 10^5 \cdot x + 4 \cdot 10^6$, $R^2 = 0,9976$, для г. Москва - $y = -1,2874 \cdot x^3 + 77,826 \cdot x^2 - 2 \cdot 10^4 \cdot x + 1 \cdot 10^5$, $R^2 = 0,9786$.

Одним из главных показателей, характеризующих степень загрязненности водоемов Центрального федерального округа, является объем выброса сточных вод. В табл. 2 представлены данные описывающие сброс загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты Центрального федерального округа. Полученные данные свидетельствуют о том, что наибольший сброс наблюдается в Воронежской, Тульской, Ярославской и Московской областях, а также в г. Москва. Далее для данных областей были построены математические модели, которые наилучшим образом описывают объемы сброса загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты Центрального федерального округа. Полученные модели для данных областей носят полиномиальный и линейный характер. Для Воронежской области математическая модель имеет вид - $y = 0,3342 \cdot x^2 - 1348,5 \cdot x + 1 \cdot 10^6$, $R^2 = 0,9928$, для Тульской области - $y = -6,505 \cdot x + 13283$, $R^2 = 0,9435$, для Ярославской области - $y = -8,4703 \cdot x + 17268$, $R^2 = 0,9986$, для Московской области - $y = 1,2104 \cdot x^3 - 7316,6 \cdot x^2 + 1 \cdot 10^7 \cdot x - 1 \cdot 10^{10}$, $R^2 = 0,9994$, для г. Москва - $y = 9,3639 \cdot x^2 - 37763 \cdot x + 4 \cdot 10^7$, $R^2 = 0,9506$.

Таблица 1

Использование свежей воды, млн. м³
Table 1. Use of fresh water, m. m³

	2005	2010	2015	2019	2020	2021
ЦФО	10547	10062	9068	8021	7270	8027
Белгородская область	314	237	244	234	238	229
Брянская область	130	117	96	90	87	88
Владимирская область	189	156	134	117	118	120
Воронежская область	556	460	393	405	400	387
Ивановская область	216	168	136	88	92	94
Калужская область	145	129	109	97	98	102
Костромская область	1574	1800	1781	1728	1138	1588
Курская область	323	248	219	211	206	219
Липецкая область	251	175	156	162	156	164
Московская область	1486	2482	2030	1679	1576	1637
Орловская область	122	84	77	69	68	67
Рязанская область	223	186	159	161	148	157
Смоленская область	214	169	148	134	130	135
Тамбовская область	187	100	93	98	95	96
Тверская область	1288	1494	1328	997	1021	1219
Тульская область	359	283	235	224	221	215
Ярославская область	334	278	190	195	180	181
г. Москва	2634	1496	1541	1334	1299	1331

Таблица 2

Сброс загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты, млн. м³
Table 2. Discharge of polluted wastewater into surface water bodies, m. m³

	2005	2010	2015	2019	2020	2021
ЦФО	4341	3761	3203	2879	2810	2839
Белгородская область	11	77	61	69	66	61
Брянская область	89	78	58	51	50	51
Владимирская область	155	129	109	94	95	94
Воронежская область	169	134	117	119	118	117
Ивановская область	144	102	70	61	62	59
Калужская область	99	92	86	71	72	72
Костромская область	64	47	36	35	37	39
Курская область	34	37	11	11	11	8
Липецкая область	127	87	76	76	68	65
Московская область	635	1309	1078	870	853	901
Орловская область	68	50	51	47	46	44
Рязанская область	20	89	82	75	71	78
Смоленская область	90	73	58	46	45	43
Тамбовская область	59	13	41	43	41	43
Тверская область	79	99	84	68	66	73
Тульская область	252	196	164	154	152	135
Ярославская область	287	240	201	169	159	148
г. Москва	1959	909	818	820	799	807

Полученные данные говорят о том, что наблюдается снижение темпов использования объемов свежей воды на территории ЦФО, на производственные, хозяйственно-питьевые нужды и на орошение и сельскохозяйственное водоснабжение (рис. 1). Скорее всего это связано с деятельностью человека, приводящей к сокращению водных ресурсов из-за загрязнения пресноводных экосистем, с изменением климата, а также с последствиями

урбанизации и изменений в землепользовании.

В тоже самое время полученные данные говорят о том, что с каждым годом наблюдается незначительное снижение сброса загрязняющих веществ в поверхностные водные объекты (рис. 2). Это связано с выполнением различных мероприятий, предусмотренных планами снижения сбросов, разработанных с целью достижения нормативов допустимого сброса.

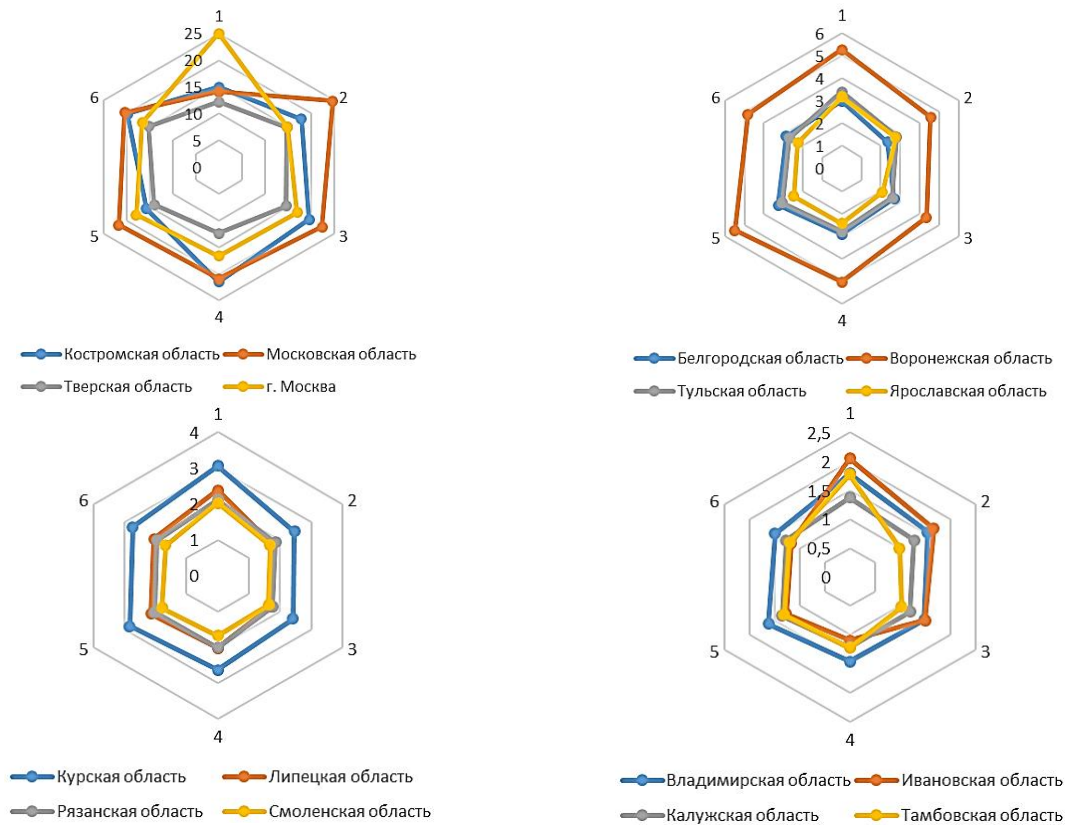


Рис. 1. Темпы изменения показателя «использование свежей воды» по регионам ЦФО за 2005–2021 гг.
Fig. 1. The rate of change in the indicator "fresh water use" by the regions of the Central Federal District in 2005-2021

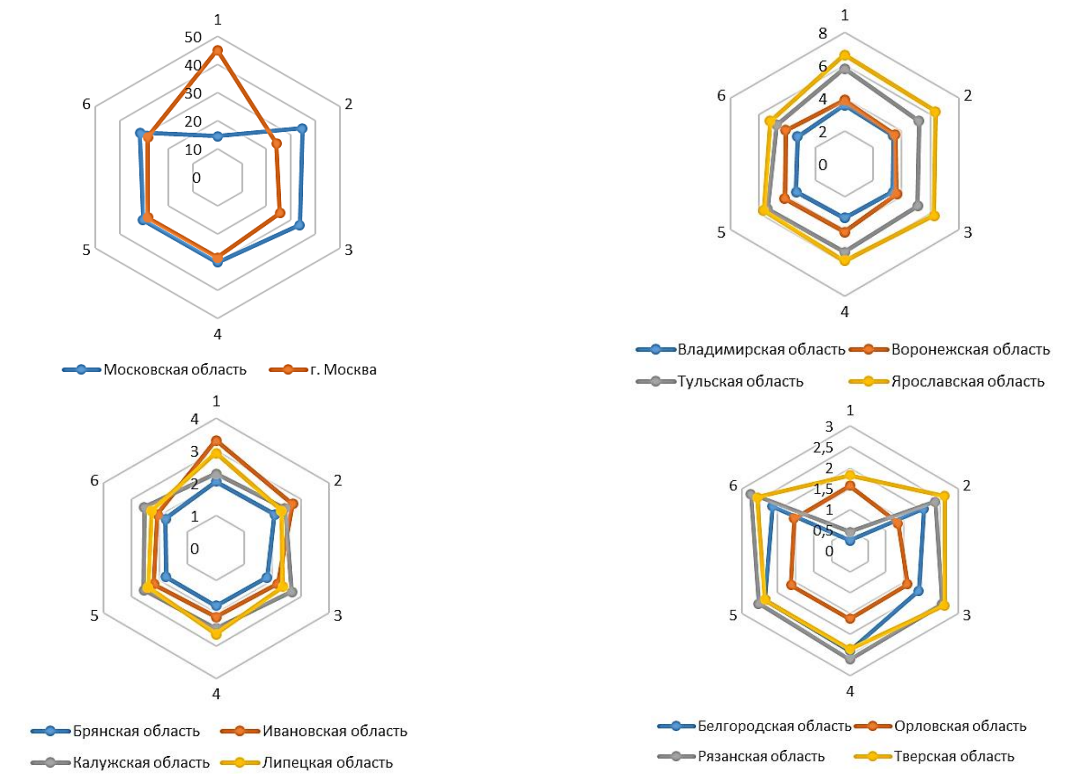


Рис. 2. Темпы изменения показателя «сброс загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты» по регионам ЦФО за 2005–2021 гг.
Fig. 2. The rate of change in the indicator "discharge of polluted wastewater into surface water bodies" by regions of the Central Federal District for 2005-2021

Основными источниками сброса загрязненных сточных вод являются объекты жилищно-коммунального хозяйства городов ЦФО. Так, например, вклад ЖКХ в г. Москва составляет порядка 95% общегородского сброса загрязненных сточных вод. В московской области данные показатели составляют ~ 90%. На рис. 3 представлен прогноз сброса загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты на 2025 г. в ЦФО. Полученные данные говорят, о том, что будет наблюдаться рост объемов сброса загрязненных сточных вод по сравнению с 2021 г. Одной из мер борьбы с загрязнением водных ресурсов является закон о водоотведении, который регулирует отношения, связанные с использованием водных ресурсов, для сброса сточных вод и управления ими, но не менее важным является моделирование и прогнозирование данных показателей.

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.



Рис. 3. Прогноз сброса загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты на 2025 г.

Fig. 3. Forecast of polluted wastewater discharge into surface water bodies for 2025

ЛИТЕРАТУРА

1. Kulentsan A.L., Marchuk N.A., Shiryayev M.Y., Puza-nov A.M. *Russian Journal of General Chemistry*. 2023. 93(6). P. 1627–1630. DOI: 10.1134/S1070363223060397.
2. 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.
3. 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.
4. Sharafeyev S.M., Sergeev N.P., Mezhenin A.V. *Chem-ChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2024. V. 67. N 4. P. 101–107. DOI: 10.6060/ivkkt.20246704.6940.
5. Якуцени С.П. *Горная промышленность*. 2022. № 4. С. 120–128. DOI: 10.30686/1609-9192-2022-4-120-128.
6. 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.
7. Obuzdina M.V., Rush E.A. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2022. V. 65. N 3. P. 107–114. DOI: 10.6060/ivkkt.20226503.6470.
8. Сибгатуллин Р.М. *Эффективные технологии в области водоподготовки и очистки в системах водоснабжения и водоотведения*. 2023. С. 63–66.
9. 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.
10. Москалюк Е.А., Боголицын К.Г., Костогоров Н.М., Шульгина Е.В., Почтовалова А.С. *Анализ взаимосвязи обобщенных показателей качества сточных вод ЦБП. Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2022. Т. 65. Вып. 4. С. 108–116. DOI: 10.6060/ivkkt.20226504.6524.
11. Belovodsky E.A., Sverguzova S.V., Shaikhiev I.G., Voronina Yu.S., Ievleva E.S. *ChemChemTech [Izv. Vyssh.*

REFERENCES

1. Kulentsan A.L., Marchuk N.A., Shiryayev M.Y., Puza-nov A.M. *Russian Journal of General Chemistry*. 2023. 93(6). P. 1627–1630. DOI: 10.1134/S1070363223060397.
2. 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.
3. 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.
4. Sharafeyev S.M., Sergeev N.P., Mezhenin A.V. *Chem-ChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2024. V. 67. N 4. P. 101–107. DOI: 10.6060/ivkkt.20246704.6940.
5. Yakutseni S.P. *Russian Mining Industry*. 2022. N 4. P. 120–128. DOI: 10.30686/1609-9192-2022-4-120-128.
6. 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.
7. Obuzdina M.V., Rush E.A. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2022. V. 65. N 3. P. 107–114. DOI: 10.6060/ivkkt.20226503.6470.
8. Sibgatullin R.M. *Effective technologies in the field of water treatment and purification in water supply and sanitation systems*. 2023. P. 63–66.
9. 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.
10. Moskalyuk E.A., Bogolitsyn K.G., Kostogorov N.M., Shulgina E.V., Pochtvalova A.S. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2022. V. 65. N 4. P. 108–116. DOI: 10.6060/ivkkt.20226504.6524.
11. Belovodsky E.A., Sverguzova S.V., Shaikhiev I.G., Voronina Yu.S., Ievleva E.S. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2022. V. 65. N 9. P. 121–128. DOI: 10.6060/ivkkt.20226509.6638.

- Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.*, 2022. V. 65. N 9. P. 121–128. DOI: 10.6060/ivkkt.20226509.6638.
12. 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.
13. 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.
14. Tyunina E. Yu. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2022. V. 65. N5. P. 6–13. DOI: 10.6060/ivkkt.20226505.6572.
15. 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.
16. Зубкова О.А., Шепеленко Т.С., Саркисов Д.Ю., Малетина Л.В., Саркисов Ю.С. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2022. Т. 65. Вып. 8. С. 15–21. DOI: 10.6060/ivkkt.20226508.6632.
17. 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.
18. Макаров А.В., Фомина Н.Б. *Природноресурсный потенциал, экология и устойчивое развитие регионов России*. 2023. С. 138–141.
19. 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.
20. Kulentsan A.L., Marchuk N.A. *Russian Journal of General*. 2022. 92(12). P. 2976–2981. DOI: 10.1134/S1070363222120556.
21. Федеральная служба государственной статистики [электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/13721> (дата обращения: 01.05.2023).
22. Kulentsan A.L., Marchuk N.A. *Russian Journal of General Chemistry*. 2022. 92(12). P. 2935–2938. DOI: 10.1134/S1070363222120477.
23. 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.
24. 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.
25. 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.
26. Камышишкова А.С., Охлобыстин А.О., Каратун О.Н., Стороженко В.Н., Зорина-Тихонова Е.Н., Берберова Н.Т. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2023. Т. 66. Вып. 2. С. 92–99. DOI: 10.6060/ivkkt.20236602.6705.
27. 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.
28. 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.
12. 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.
13. 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.
14. Tyunina E. Yu. Pressure dependence of molar viscosity of water in liquid and fluid states. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2022. V. 65. N5. P. 6–13. DOI: 10.6060/ivkkt.20226505.6572.
15. Lutfullina G.G., Valeeva E.E. Synthesis of surfactants from natural raw materials. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2024. V. 67. N 6. P. 45–54. DOI: 10.6060/ivkkt.20246706.6984.
16. Zubkova O.A., Shepelenko T.S., Sarkisov D.Yu., Maletina L.V., Sarkisov Yu.S. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2022. V. 65. N 8. P. 15–21. DOI: 10.6060/ivkkt.20226508.6632.
17. 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.
18. Makarov A.V., Fomina N.B. *Natural resource potential, ecology and sustainable development of Russian regions*. 2023. P. 138–141.
19. Kulentsan 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.
20. Kulentsan A.L., Marchuk N.A. *Russian Journal of General*. 2022. 92(12). P. 2976–2981. DOI: 10.1134/S1070363222120556.
21. Federal State Statistics Service [Electronic resource]. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/13721> (accessed: 01.05.2023).
22. Kulentsan A.L., Marchuk N.A. *Russian Journal of General Chemistry*. 2022. 92(12). P. 2935–2938. DOI: 10.1134/S1070363222120477.
23. 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.
24. 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.
25. 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.
26. Kamyshnikova A.S., Okhlobystin A.O., Karatun O.N., Storozhenko V.N., Zorina-Tikhonova E.N., Berberova N.T. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2023. V. 66. N 2. P. 92–99. DOI: 10.6060/ivkkt.20236602.6705.
27. 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.
28. 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.

29. Силаев Д.В., Шестопалова Н.Б., Фомина Ю.А., Русанова Т.Ю. *Иzv. вузов. Химия и хим. технология*. 2022. Т. 65. Вып. 2. С. 50–59. DOI: 10.6060/ivkkt.20226502.6497.
30. Лаврухина О.И., Амелин В.Г., Киш Л.К., Третьяков А.В. *Иzv. вузов. Химия и хим. технология*. 2023. Т. 66. Вып. 12. С. 6–24. DOI: 10.6060/ivkkt.20236612.6799.
31. Кольцов Н.И. *Иzv. вузов. Химия и хим. технология*. 2022. Т. 65. Вып. 2. С. 111–119. DOI: 10.6060/ivkkt.20226502.6288.
32. Колчина Г.Ю., Поletaева О.Ю., Леонтьев А.Ю., Мовсумзаде Э.М., Логинова М.Е., Колчин А.В. *Иzv. вузов. Химия и хим. технология*. 2023. Т. 66. Вып. 6. С. 94–101. DOI: 10.6060/ivkkt.20236606.6783.
33. Нагдалян А.А., Блинов А.В., Голик А.Б., Блинова А.А., Гвозденко А.А., Маглакелидзе Д.Г. *Иzv. вузов. Химия и хим. технология*. 2022. Т. 65. Вып. 12. С. 24–29. DOI: 10.6060/ivkkt.20226512.6677.
34. Талыбов Г.М., Ширинова Н.А., Юсубов Ф.В., Гурбанов Г.Р., Залов А.З. *Рос. хим. жс. (Ж. Рос. хим. об-ва)*. 2022. Т. LXVI. № 2. С. 46–50. DOI: 10.6060/rcj.2022662.8.
35. Huynh Thu Suong, La The Vinh, Nguyen Quang Bac *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2022. V. 65. N 12. P. 53–58. DOI: 10.6060/ivkkt.20226512.6676.
36. Гришин Р.А., Зимнуров А.Р., Санжеева Е.Б., Козлова О.В., Одинцова О.И. *Рос. хим. жс. (Ж. Рос. хим. об-ва)*. 2022. Т. LXVI. № 2. С. 28–32. DOI: 10.6060/rcj.2022662.5.
37. Samonin V.V., Spiridonova E.A., Podvyaznikov M.L., Khrylova E.D., Khokhlachev S.P., Klishchevskaya L. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2022. V. 65. N 12. P. 67–75. DOI: 10.6060/ivkkt.20226512.6662.
38. Васинкина Е.Ю., Калганова С.Г., Тригорлый С.В., Сивак А.С., Яковлев А.С., Кадыкова Ю.А. *Рос. хим. жс. (Ж. Рос. хим. об-ва)*. 2022. Т. LXVI. № 2. С. 16–21. DOI: 10.6060/rcj.2022662.3.
39. Filatova N.V., Kosenko N.F., Denisova O.P., Sadkova K.S. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2022. V. 65. N 8. P. 85–93. DOI: 10.6060/ivkkt.20226508.6656.
40. Chanysheva A.R., Sufiyarova A.L., Privalov N.V., Zorin V.V. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2022. V. 65. N 8. P. 111–116. DOI: 10.6060/ivkkt.20226508.6637.
41. Овсянникова В.С., Фуфаева М.С., Ким Е., Алтунина Л.К. *Иzv. вузов. Химия и хим. технология*. 2023. Т. 66. Вып. 11. С. 126–134. DOI: 10.6060/ivkkt.20236611.6t.
42. 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.
43. 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.
44. Раменская Л.М., Гришина Е.П., Кудрякова Н.О. Взаимодействие ионных жидкостей на основе аниона бис(трифтор-метилсульфонил)имид с нанотрубками галлаузитопо данным ИК-Фурье спектроскопии. *Иzv. вузов. Химия и хим. технология*. 2023. Т. 66. Вып. 3. С. 36–44. DOI: 10.6060/ivkkt.20236603.6752.
45. Zabolotnykh S.A., Denisova S.A., Nagovitsyn R.R., Vaulina V.N. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2022. V. 65. N 2. P. 50–59. DOI: 10.6060/ivkkt.20226502.6497.
30. Lavrukhnina 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.
31. Kol'tsov N.I. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2022. V. 65. N 2. P. 111–119. DOI: 10.6060/ivkkt.20226502.6288.
32. 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.
33. Nagdalian A.A., Blinov A.V., Golik A.B., Blinova A.A., Gvozdenko A.A., Maglakelidze D.G. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2022. V. 65. N 12. P. 24–29. DOI: 10.6060/ivkkt.20226512.6677.
34. Talybov G.M., Shirinova N.A., Yusubov F.V., Gurbanov G.R., Zalov A.Z. *Ros. Khim. Zh.* 2022. V. 66. N 2. P. 46–50. DOI: 10.6060/rcj.2022662.8.
35. Huynh Thu Suong, La The Vinh, Nguyen Quang Bac *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2022. V. 65. N 12. P. 53–58. DOI: 10.6060/ivkkt.20226512.6676.
36. Grishin R.A., Zimnurov A.R., Sanzheeva E.B., Kozlova O.V., Odintsova O.I. *Ros. Khim. Zh.* 2022. V. 66. N 2. P. 28–32. DOI: 10.6060/rcj.2022662.5.
37. Samonin V.V., Spiridonova E.A., Podvyaznikov M.L., Khrylova E.D., Khokhlachev S.P., Klishchevskaya L. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2022. V. 65. N 12. P. 67–75. DOI: 10.6060/ivkkt.20226512.6662.
38. Vasinkina E.Y., Kalganova S.G., Trigorly S.V., Sivak A.S., Yakovlev A.S., Kadykova Yu.A. *Ros. Khim. Zh.* 2022. V. 66. N 2. P. 16–21. DOI: 10.6060/rcj.2022662.3.
39. Filatova N.V., Kosenko N.F., Denisova O.P., Sadkova K.S. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2022. V. 65. N 8. P. 85–93. DOI: 10.6060/ivkkt.20226508.6656.
40. Chanysheva A.R., Sufiyarova A.L., Privalov N.V., Zorin V.V. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2022. V. 65. N 8. P. 111–116. DOI: 10.6060/ivkkt.20226508.6637.
41. Ovsyannikova V.S., Fufaeva M.S., Kim E., Altunina L.K. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2023. V. 66. N 11. P. 126–134. DOI: 10.6060/ivkkt.20236611.6t.
42. 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.
43. 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.
44. 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.
45. Zabolotnykh S.A., Denisova S.A., Nagovitsyn R.R., Vaulina V.N. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2022. V. 65. N 2. P. 50–59. DOI: 10.6060/ivkkt.20226502.6497.

- Khim. Tekhnol.*]. 2023. V. 66. N 3. P. 45–51. DOI: 10.6060/ivkkt.20236603.6651.
46. 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.
47. 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.
48. 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.
49. Солопчук М.С., Григорян Н.С., Аснис Н.А., Ваграмян Т.А., Шмелькова П.О., Бардина О.И. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2023. Т. 66. Вып. 3. С. 100–107. DOI: 10.6060/ivkkt.20236603.6708.
50. Худеев И.И., Лебедева Е.С., Артемьев А.И., Казеев И.В., Меньшутина Н.В. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2023. Т. 66. Вып. 3. С. 108–118. DOI: 10.6060/ivkkt.20236603.6737.
- Khim. Tekhnol.*]. 2023. V. 66. N 3. P. 45–51. DOI: 10.6060/ivkkt.20236603.6651.
46. 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.
47. 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.
48. 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.
49. Solopchuk M.S., Grigoryan N.S., Asnis N.A., Vagramyan T.A., Shmelkova P.O., Bardina O.I. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2023. V. 66. N 3. P. 100–107. DOI: 10.6060/ivkkt.20236603.6708.
50. Khudeev I.I., Lebedeva E.S., Artemiev A.I., Kazeev I.V., Menshutina N.V. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2023. V. 66. N 3. P. 108–118. DOI: 10.6060/ivkkt.20236603.6737.

Поступила в редакцию 11.01.2025
Принята к опубликованию 18.04.2025

Received 11.01.2025
Accepted 18.04.2025