

ПРОИЗВОДСТВО ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА ПО КЛАССАМ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

А.Л. Куленцан, Н.А. Марчук, М.Ю. Башкинов, М.Ю. Ширяев, А.М. Пузанов

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 исследованию объемов производства дизельного топлива по классам экологической безопасности (второй, третий, четвертый и пятый класс). Авторами проанализирована динамика изменения объемов производства дизельного топлива с 2011 по 2019 гг., на территории Российской Федерации. Подобраны математические модели, которые хорошо описывают изменение исследуемых параметров. Построен прогноз данных показателей на 2024 г. Так сделанные расчеты показали, что прогнозируется рост объемов дизельного топлива 5 класса экологической безопасности на 17,9% по сравнению с 2019 г.

Ключевые слова: дизельное топливо, нормы, класс экологической безопасности, технический регламент, требования

DIESEL FUEL PRODUCTION BY ENVIRONMENTAL SAFETY CLASSES

A.L. Kuletsan, N.A. Marchuk, M.Y. Bashkinov, M.Y. Shiryaev, A.M. Puzanov

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

This article is devoted to the study of diesel fuel production volumes by environmental safety classes (second, third, fourth and fifth class). The authors analyzed the dynamics of changes in the volume of diesel fuel production from 2011 to 2019, on the territory of the Russian Federation. Mathematical models have been selected that describe well the change in the studied parameters. The forecast of these indicators for 2024 is constructed. Thus, the calculations made showed that an increase in the volume of diesel fuel of the 5th class of environmental safety is predicted by 17.9% compared to 2019.

Key words: diesel fuel, norms, environmental safety class, technical regulations, requirements

Для цитирования:

Куленцан А.Л., Марчук Н.А., Башкинов М.Ю., Ширяев М.Ю., Пузанов А.М. Производство дизельного топлива по классам экологической безопасности. *Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва)*. 2023. Т. LXVII. № 3. С. 98–103. DOI: 10.6060/RCJ.2023673.14.

For citation:

Kuletsan A.L., Marchuk N.A., Bashkinov M.Y., Shiryaev M.Y., Puzanov A.M. Diesel fuel production by environmental safety classes. *Ros. Khim. Zh.* 2023. V. 67. N 3. P. 98–103. DOI: 10.6060/RCJ.2023673.14.

В настоящее время в среде, окружающей человека, происходят изменения, связанные с влиянием научно - технической революции, хозяйственной деятельности человечества и с постоянно возрастающей взаимозависимостью общественно -

экологических природных процессов. Человечество достигло такого уровня развития, когда результаты его деятельности становятся сравнимыми с глобальными природными катаклизмами [1]. Так, например, действие автомобильного транспорта

оказывает сильное влияние на окружающую среду. А человечество в полном объеме не осознает последствия увеличения транспорта. Большие инвестиции в дизелестроение привели к тому, что как отечественные, так и западные компании все больше и больше наращивают объемы производства данного вида транспорта. Причиной этому является их экономичность, высокий крутящий момент, меньший объем потребления данного топлива автомобилем [2]. Однако, в тоже самое время, необходимо отметить, тот факт, что использование дизельного топлива очень сильно сказывается на окружающей среде, несмотря на его экономические плюсы. Так при сгорании 1 кг дизельного топлива выделяется от 80 до 100 г токсичных компонентов [3–7]. Из них:

- от 20 до 30 г CO₂;
- от 20 до 40 г NO;
- от 4 до 10 г углеводов;
- от 10 до 30 г SO₂;
- от 0,8 до 1,0 г R-СНО;
- от 3 до 5 г С и др. [8-10].

Помимо перечисленного, при сгорании могут выделяться частицы металлов, образующиеся в результате сгорания масла и износа деталей двигателя. В результате данные частицы металлов способны взаимодействовать с частицами сажи, содержащие углеводороды, следствием чего является образование различных соединений, обладающих повышенными мутагенными и канцерогенными свойствами, которые в дальнейшем могут негативно сказываться на состоянии здоровья человека [2, 3].

Поэтому для всех видов транспортных средств были введены нормы на выброс твердых частиц, а также установлены технические регламенты к обозначению марки автомобильного бензина и дизельного топлива.

Автомобильный бензин:

а) первая группа: буква АИ, обозначающие автомобильный бензин;

б) вторая группа: цифровое обозначение октанового числа автомобильного бензина (80, 92, 93, 95, 96, 98 и др.);

- третья группа: экологический класс автомобильного бензина (2, 3, 4, 5 класс).

Дизельное топливо:

а) первая группа: буквы ДТ, обозначающие дизельное топливо;

б) вторая группа: топливо дизельное летнее, зимнее, арктическое и межсезонное.

в) третья группа: экологический класс дизельного топлива (2, 3, 4, 5 класс) [11–13].

Описание требований технического регламента к безопасности топлива для автомобильного бензина и дизельного топлива представлен в табл. 1 и 2 [11, 12]. В данном техническом регламенте впервые приведено определение экологического класса топлива: «экологический класс топлива – классификационный код (К2, К3, К4, К5), определяющий требования безопасности топлива». Переход с одного уровня экологических требований к автотранспортным средствам на другой, более высокий, сопровождается одновременным изменением и ужесточением соответствующих нормативных показателей по экологическим классам для автомобильного бензина и дизельного топлива (табл. 2 и 3) [11, 13].

Помимо негативного действия на окружающую среду топливные соединения могут воздействовать и на организм человека. С потоком воздуха летучие газы разлетаются и попадают в атмосферу [14, 15]. Тем самым, они могут поражать большие группы людей, провоцируя у них проблемы со здоровьем. Продукты горения топлива могут приводить к развитию таких заболеваний у людей, как: анемия, хронический бронхит и вызывать различные злокачественные опухоли [16–22]. Сажа, пыль и копоть после вдыхания людьми оседает у них в дыхательных путях. Мелкие частицы проникают глубоко в легкие. Это приводит к развитию хронических заболеваний дыхательных путей: обструктивному бронхиту, бронхиальной астме [2]. Бензапирен обладает канцерогенной активностью. Он повышает вероятность роста злокачественных новообразований. Прогнозирование объемов производства дизельного топлива является важной задачей, которая позволит в дальнейшем отслеживать влияние данного вида топлива на человека и окружающую среду, а также находить пути их решения.

Цель исследования. Анализ производства дизельного топлива по классам экологической безопасности на территории России за период с 2011 по 2019 г. Построить прогноз данных показателей на 2024 г.

Материалы и методы. Для анализа производства дизельного топлива по классам экологической безопасности на территории Российской Федерации были использованы данные Федеральной службы государственной статистики [14]. Методика основана на использовании корреляционно-регрессионного анализа [23–29], который представляет собой анализ взаимозависимости нескольких переменных [30–34]. В качестве основной задачи корреляционного анализа, в данном случае, было определение коэффициентов детерминации (R^2) [35–39].

Таблица 1

Требования для автомобильного бензина

Характеристики	Ед. из.	Нормы в отношении экологического класса			
		К 2	К 3	К 4	К 5
ω_s	мг/кг	500	150	50	10
ΦC_6H_6	%	5	1	1	1
C_{Pb}	мг/дм ³	5	5	5	5
ω_{O_2}	%	-	2,7	2,7	2,7
$\omega_{\text{ароматические углеводороды}}$	%	-	42	35	35
$\omega_{\text{олефиновые углеводороды}}$	%	-	18	18	18
Октановое число	-	80	80	80	80
$R_{\text{насыщенного пара}}$ летний период	кПа	35-80	35-80	35-80	35-80
$R_{\text{насыщенного пара}}$ зимний период	кПа	35-100	35-100	35-100	35-100
ω_{CH_3OH}	%	-	1	1	1
$\omega_{C_2H_5OH}$	%	-	5	5	5
$\omega_{CH_3CH(OH)CH_3}$	%	-	10	10	10
$\omega_{(CH_3)_3COH}$	%	-	7	7	7
$\omega_{(CH_3)_2CHCH_2OH}$	%	-	10	10	10
$\omega_{C_6H_5NHCH_3}$	%	1,3	1	1	-

Таблица 2

Требования для дизельного топлива

Характеристики	Ед. из.	Нормы в отношении экологического класса			
		К 2	К 3	К 4	К 5
ω_s	мг/кг	500	350	50	10
$T_{\text{вспышки в закрытом тигле}}$	°С				
для летнего и межсезонного дизельного топлива		40	40	55	55
для зимнего и арктического дизельного топлива		30	30	30	30
$\omega_{\text{ароматические углеводороды}}$	%	-	11	11	8
Цетановое число для летнего дизельного топлива	%	45	51	51	51
Цетановое число для зимнего и арктического дизельного топлива	%	-	47	47	47
Предельная $T_{\text{фильтруемости}}$ для зимнего дизельного топлива	°С	-20	-20	-20	-20
Предельная $T_{\text{фильтруемости}}$ для арктического дизельного топлива	°С	-38	-38	-38	-38
Предельная $T_{\text{фильтруемости}}$ для межсезонного дизельного топлива	°С	-15	-15	-15	-15
Смазывающая способность	мкм	460	460	460	460

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБСУЖДЕНИЯ

На рисунке представлены результаты производства дизельного топлива по классам экологической безопасности в Российской Федерации. Полученные результаты с 2011 по 2019 г. говорят о том, что наблюдается рост дизельного топлива с

содержанием серы меньше 10-ти мг/кг (5 класс экологической безопасности). В тоже время объемы дизельного топлива с содержанием серы не больше 500 мг/кг (2 класс экологической безопасности) и с содержанием серы не больше 50 мг/кг (4 класс экологической безопасности) практически не измени-

лись за рассмотренный период. Объемы же дизельного топлива 3 класса экологической безопасности падают, начиная с 2013 г.

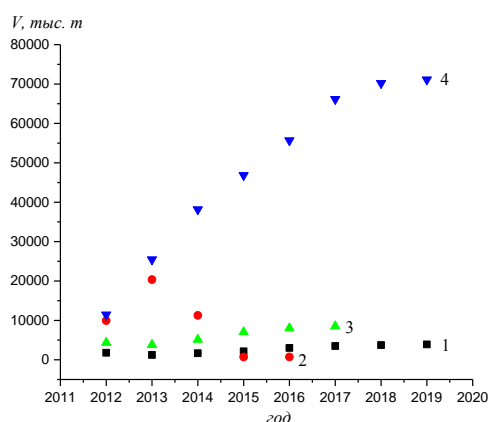


Рисунок. Производство дизельного топлива по классам экологической безопасности: 1) 2 класс, 2) 3 класс, 3) 4 класс, 4) 5 класс

Полученный анализ объемов производства дизельного топлива по классам экологической безопасности, позволил подобрать регрессионные модели, которые наиболее эффективно бы отражали изменение данных показателей. Так, дизельное топливо 2 класса описывается полиномиальным уравнением ($y = -32,652 \cdot x^3 + 197448 \cdot x^2 - 4 \cdot 10^8 \cdot x + 3 \cdot 10^{11}$) с коэффициентом детерминации 0,9886. Дизельное топливо 3 класса описывается экспоненциальным уравнением ($y = 2 \cdot 10^8 \cdot e^{-0,863 \cdot x}$) с коэффициентом детерминации 0,7059. Дизельное топливо 4 и 5 класса описываются полиномиальным

уравнением ($y = -150,43 \cdot x^3 + 909201 \cdot x^2 - 2 \cdot 10^9 \cdot x + 1 \cdot 10^{12}$ и $y = -903,68 \cdot x^2 + 4 \cdot 10^6 \cdot x - 4 \cdot 10^9$) с коэффициентами детерминации 0,9935 и 0,9965, соответственно. Все представленные модели получены с коэффициентом детерминации больше 0,7. Данные показатели говорят о том, что выбранные модели хорошо описывают объемы производства дизельного топлива в России. На основании выбранных моделей и корреляционно-регрессионного анализа сделан прогноз данных показателей на 2024 г. Полученные расчеты показали, что прогнозируется рост объемов дизельного топлива 5 класса экологической безопасности на 17,9% по сравнению с 2019 г. А также снижение объемов дизельного топлива 2, 3 и 4 класса экологической безопасности на 2,8%, 10,7 и 3,5% по сравнению с 2019 г., соответственно.

Большая потребность населения в личном транспорте, рост количества промышленных объектов ухудшают состояние экосистемы с каждым днем. Необходимо разрабатывать различные пути решения экологических проблем. В частности – изменение механизмов образования топлива, повышение его качества, соблюдение правил пользования личным автомобилем, а также использование альтернативных источников энергии и разработка новых типов двигателей. Все рассмотренные действия позволят снизить влияние воздействия топлива на окружающую среду и человека.

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

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

ЛИТЕРАТУРА

1. *Чертov А.А.* Влияние человека на окружающую среду. Материалы XII Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум» URL: https://scienceforum.ru/2020/article/2018018360 (дата обращения: 13.07.2022).
2. *Бояренко А.Г., Подчинок В.М., Гумелев В.Ю.* Экологические проблемы дизеля. Современная техника и технологии. 2016. № 2 [электронный ресурс]. URL: https://technology.snauka.ru/2016/02/9542 (дата обращения: 13.07.2022).
3. *Марков В.А., Баширов Р.М., Габитов И.И.* Токсичность отработавших газов дизелей М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2002. 376 с.
4. *Соколов И.Е., Закалюкин Р.М., Копылова Е.В., Кумсков А.С., Можчиц Р.Н., Ионов А.М., Фомичев В.В.* Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2021. Т. 64. Вып. 5. С. 35–43. DOI: 10.6060/ivkkt.20216405.6060.
5. *Иванова Т.В., Ильин А.А., Румянцев Р.Н., Курникова А.А., Ильин А.П.* Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2021. Т. 64. Вып. 5. С. 50–56. DOI: 10.6060/ivkkt.20216405.6391.

REFERENCES

1. *Chertov A.A.* Human impact on the environment. Materials of the XII International Student Scientific Conference "Student Scientific Forum" URL: https://scienceforum.ru/2020/article/2018018360 (accessed: 13.07.2022).
2. *Boyarenok A.G., Podchinok V.M., Gumelev V.Yu.* Environmental problems of diesel. Modern equipment and technologies. 2016. N 2. [Electronic resource]. URL: https://technology.snauka.ru/2016/02/9542 (accessed: 13.07.2022).
3. *Markov V.A., Bashirov R.M., Gabitov I.I.* Toxicity of diesel exhaust gases M.: Bauman Moscow State Technical University. 2002. 376 p.
4. *Sokolov I.E., Zakalyukin R.M., Kopylova E.V., Kumskov A.S., Mozchil R.N., Ionov A.M., Fomichev V.V.* ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2021. V. 64. N 5. P. 35–43. DOI: 10.6060/ivkkt.20216405.6060.
5. *Ivanova T.V., Il'in A.A., Rumyantsev R.N., Kurnikova A.A., Ilyin A.P.* ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2021. V. 64. N 5. P. 50–56. DOI: 10.6060/ivkkt.20216405.6391.

6. Поletaeva O.Yu., Kolchina G.Yu., Leontev A.Yu., Babayev E.R., Movsumzade E.M. Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2021. Т. 64. Вып. 1. С. 52–58. DOI: 10.6060/ivkkt.20216401.6261.
7. Миллер В.К., Иванова Л.В., Мансур Г., Уэртас Будилова С.К., Кошелев В.Н., Примерова О.В. Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2021. Т. 64. Вып. 10. С. 113–118. DOI: 10.6060/ivkkt.20216410.6370.
8. Полякова А.С., Мурашова Н.М. Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2021. Т. 64. Вып. 2. С. 66–72. DOI: 10.6060/ivkkt.20216402.6287.
9. Хоботова Э.Б., Грайворонская И.В., Калюжная Ю.С., Игнатенко М.И. Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2021. Т. 64. Вып. 6. С. 89–94. DOI: 10.6060/ivkkt.20216406.6302.
10. Лугвищук Д.С., Караева А.Р., Казеннов Н.В., Митберг Э.Б., Мордкович В.З. Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2021. Т. 64. Вып. 12. С. 41–47. DOI: 10.6060/ivkkt.20216412.3у.
11. Гнедова Л.А., Гриценко К.А., Лапушкин Н.А., Люгай С.В., Перетряхина В.Б., Федотов И.В. Транспорт на альтернативном топливе. 2012. № 4 (28). С. 22–27.
12. Автотранспорт – правила, нормы, положения. [электронный ресурс]. URL: <http://avtotrans-consultant.ru/1-klassy-topliva/> (дата обращения: 13.07.2022).
13. Обозначение марки автомобильного бензина и дизельного топлива. [электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_120933/dc6b5eb987ca30342e03fb8200d04eed4eaa82b/ (дата обращения: 13.07.2022).
14. Федеральная служба государственной статистики [электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/13721> (дата обращения: 13.07.2022).
15. Мхитарян В.С., Астафьева Е.В., Миронкина Ю.Н., Трошин Л.И. Теория вероятностей и математическая статистика. М.: МФПУ. Синергия. 2013. 336 с.
16. Kulentsan A.L., Marchuk N.A., Shiryaev M.Y., Puzanov A.M. Russian Journal of General Chemistry Эта ссылка отключена., 2023. 93(6). P. 1627–1630.
17. Kulentsan A.L., Marchuk N.A. Russian Journal of General Chemistry. 2022. 92(12). P. 2976–2981.
18. Гатауллин А.Р., Богданова С.А., Галяметдинов Ю.Г. Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2021. Т. 64. Вып. 3. С. 46–51. DOI: 10.6060/ivkkt.20216403.6192.
19. Алексанян К.Г., Кошелев В.Н., Чебан Э.Г., Стоколос О.А., Килякова А.Ю., Сорокина А.С., Шамсутдинова Л.П., Газизов М.Б., Писцова А.Л., Алексанян Д.Р., Агаджанян С.А. Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2021. Т. 64. Вып. 11. С. 35–43. DOI: 10.6060/ivkkt.20216411.6476.
20. Леванова С.В., Красных Е.Л., Моисеева С.В., Сафронов С.П., Глазко Е.Л. Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2021. Т. 64. Вып. 6. С. 69–75. DOI: 10.6060/ivkkt.20216406.6369.
21. Фефанова М.А., Радин А.С., Малышева Ю.А., Крылов А.А., Никольский В.М. Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2021. Т. 64. Вып. 2. С. 62–65. DOI: 10.6060/ivkkt.20216402.6281.
22. Пивоварова Н.А., Берберова Н.Т., Шинкарь Е.В., Акишина Е.С. Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2020. Т. 63. Вып. 8. С. 39–53. DOI: 10.6060/ivkkt.20206308.6143.
23. Kulentsan A.L., Marchuk N.A. Russian Journal of General Chemistry. 2022. 92(12). P. 2935–2938.
24. 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.
6. Poletaeva O.Yu., Kolchina G.Yu., Leontev A.Yu., Babayev E.R., Movsumzade E.M. ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2021. V. 64. N 1. P. 52–58. DOI: 10.6060/ivkkt.20216401.6261.
7. Miller V.K., Ivanova L.V., Mansur G., Uertas Budilova S.K., Koshelev V.N., Primerova O.V. ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2021. V. 64. N 10. P. 113–118. DOI: 10.6060/ivkkt.20216410.6370.
8. Polyakova A.S., Murashova N.M. ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2021. V. 64. N 2. P. 66–72. DOI: 10.6060/ivkkt.20216402.6287.
9. Khabotova E.B., Hraivoronska I.V., Kaliuzhna Iu.S., Ihnatenko M.I. ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2021. V. 64. N 6. P. 89–94. DOI: 10.6060/ivkkt.20216406.6302.
10. Lugvishchuk D.S., Karaeva A.R., Kazennov N.V., Mitberg E.B., Mordkovich V.Z. ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2021. V. 64. N 12. P. 41–47. DOI: 10.6060/ivkkt.20216412.3у.
11. Gnedova L.A., Gritsenko K.A., Lapushkin N.A., Lyugai S.V., Peretryakhina V.B., Fedotov I.V. Transport on alternative fuel. 2012. N 4 (28). P. 22–27.
12. Motor transport – rules, norms, regulations. [Electronic resource]. URL: <http://avtotrans-consultant.ru/1-klassy-topliva/> (accessed: 13.07.2022).
13. Designation of the brand of motor gasoline and diesel fuel. [Electronic resource]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_120933/dc6b5eb987ca30342e03fb8200d04eed4eaa82b/ (accessed: 13.07.2022).
14. Federal State Statistics Service [Electronic resource]. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/13721> (accessed: 13.07.2022).
15. Mkhitaryan V.S., Astafyeva E.V., Mironkina Yu.N., Troshin L.I. Probability theory and Mathematical Statistics. Moscow: IFPU. Synergy. 2013. 336 p.
16. Kulentsan, A.L., Marchuk, N.A., Shiryaev, M.Y., Puzanov, A.M. Russian Journal of General Chemistry. 2023. 93(6). P. 1627–1630.
17. Kulentsan A.L., Marchuk N.A. Russian Journal of General Chemistry. 2022. 92(12). P. 2976–2981.
18. Gataullin A.R., Bogdanova S.A., Galyametdinov Yu.G. ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2021. V. 64. N 3. P. 46–51. DOI: 10.6060/ivkkt.20216403.6192.
19. Aleksanyan K.G., Koshelev V.N., Cheban E.G., Stokolos O.A., Kilyakova A.Yu., Sorokina A.S., Shamsutdinova L.P., Gazizov M.B., Pistsova A.L., Aleksanyan D.R., Agadzhanian S.A. ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2021. V. 64. N 11. P. 35–43. DOI: 10.6060/ivkkt.20216411.6476.
20. Levanova S.V., Krasnykh E.L., Moiseeva S.V., Safronov S.P., Glazko I.L. ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2021. V. 64. N 6. P. 69–75. DOI: 10.6060/ivkkt.20216406.6369.
21. Feofanova M.A., Radin A.S., Malysheva Yu.A., Krylov A.A., Nikolskiy V.M. ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2021. V. 64. N 2. P. 62–65. DOI: 10.6060/ivkkt.20216402.6281.
22. Pivovarova N.A., Berberova N.T., Shinkar E.V., Akishina E.S. ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2020. V. 63. N 8. P. 39–53. DOI: 10.6060/ivkkt.20206308.6143.
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.

25. Куленцан А.Л., Шутков Д.А., Рыбкин В.В. Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2017. Т. 60. Вып. 6. С. 52–58. DOI: 10.6060/tcct.2017606.5566.
26. Силаев Д.В., Шестопалова Н.Б., Фомина Ю.А., Русанова Т.Ю. Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2022. Т. 65. Вып. 2. С. 50–59. DOI: 10.6060/ivkkt.20226502.6497.
27. Нуштаева А.В., Вилкова Н.Г. Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2021. Т. 64. Вып. 3. С. 41–45. DOI: 10.6060/ivkkt.20216403.6321.
28. Расулов Ч.К., Агамалиев З.З., Нагиева М.В., Гасанова Г.Д., Гасимова Ф.И. Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2021. Т. 64. Вып. 4. С. 79–84. DOI: 10.6060/ivkkt.20216404.6265.
29. 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.
30. Цыгулева Э.И., Доронин С.Ю. Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2021. Т. 64. Вып. 8. С. 35–41. DOI: 10.6060/ivkkt.20216408.6436.
31. Кольцов Н.И. Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2022. Т. 65. Вып. 2. С. 111–119. DOI: 10.6060/ivkkt.20226502.6497.
32. Нагдалян А.А., Блинов А.В., Голык А.Б., Блинова А.А., Гвозденко А.А., Маглакелидзе Д.Г. Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2022. Т. 65. Вып. 12. С. 24–29. DOI: 10.6060/ivkkt.20226512.6677.
33. Талыбов Г.М., Ширинова Н.А., Юсубов Ф.В., Гурбанов Г.Р., Залов А.З. Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва). 2022. Т. LXVI. № 2. С. 46–50. DOI: 10.6060/rcj.2022662.8.
34. Хюнь Тху Суонг, Ла Те Винь, Нгуен Куанг Бак. Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2022. Т. 65. Вып. 12. С. 53–58. DOI: 10.6060/ivkkt.20226512.6676.
35. Гришин Р.А., Зимнуров А.Р., Санжеева Е.Б., Козлова О.В., Одинцова О.И. Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва). 2022. Т. LXVI. № 2. С. 28–32. DOI: 10.6060/rcj.2022662.5.
36. Самонин В.В., Спиридонова Е.А., Подвязников М.Л., Хрылова Е.Д., Хохлачев С.П., Клищевская Л. Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2022. Т. 65. Вып. 12. С. 67–75. DOI: 10.6060/ivkkt.20226512.6662.
37. Васинкина Е.Ю., Калганова С.Г., Тригорлый С.В., Сивак А.С., Яковлев А.С., Кадыкова Ю.А. Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва). 2022. Т. LXVI. № 2. С. 16–21. DOI: 10.6060/rcj.2022662.3.
38. Филатова Н.В., Косенко Н.Ф., Денисова О.П., Садкова К.С. Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2022. Т. 65. Вып. 8. С. 85–93. DOI: 10.6060/ivkkt.20226508.6656.
39. Чанышева А.Р., Суфиярова А.Л., Привалов Н.В., Зорин В.В. Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2022. Т. 65. Вып. 8. С. 111–116. DOI: 10.6060/ivkkt.20226508.6637.
24. Kuletsan 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.
25. Kuletsan A.L., Shutov D.A., Rybkin V.V. ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2017. V. 60. N 6. P. 52–58. DOI: 10.6060/tcct.2017606.5566.
26. Silaev D.V., Shestopalova N.B., Fomina Yu.A., Rusanova T.Yu. ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2022. V. 65. N 2. P. 50–59. DOI: 10.6060/ivkkt.20226502.6497.
27. Nushtaeva A.V., Vilkovala N.G. ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2021. V. 64. N 3. P. 41–45. DOI: 10.6060/ivkkt.20216403.6321.
28. Rasulov Ch.K., Aghamaliyev Z.Z., Nagiyeva M.V., Gasanova G.D., Gasimova F.I. ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2021. V. 64. N 4. P. 79–84. DOI: 10.6060/ivkkt.20216404.6265.
29. Kuletsan 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.
30. Tsygulyova E.I., Doronin S.Yu. ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2021. V. 64. N 8. P. 35–41. DOI: 10.6060/ivkkt.20216408.6436.
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.20226502.6497.
32. 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.
33. 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.
34. 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.
35. 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.
36. Samonin V.V., Spiridonova E.A., Podvyaznikov M.L., Khrlyova 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.
37. Vasinkina E.Y., Kalganova S.G., Trigorry 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.
38. 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.
39. 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.

Поступила в редакцию 04.09.2023

Принята к опубликованию 17.11.2023

Received 04.09.2023

Accepted 17.11.2023