

**АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СВЕЖЕЙ ВОДЫ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ****А.Л. Куленцан, Н.А. Марчук**

Кафедра информационных технологий и цифровой экономики, Ивановский государственный химико-технологический университет, Шереметевский пр., 10, Иваново, Российская Федерация, 153000  
E-mail: kulencan@mail.ru, chyk85@rambler.ru

*Данная статья посвящена исследованию поступления загрязняющих веществ со сточными водами в водоемы Российской Федерации, а также анализу использования свежей воды в нашей стране. Авторами проанализирована динамика поступления загрязняющих веществ в период с 1993 по 2020 г., а также динамике использования свежей воды на производственные нужды, на хозяйственно-питьевые нужды, на орошение и сельскохозяйственное водоснабжение на территории РФ. Подобраны математические модели, которые хорошо отражают изменение исследуемых параметров. А также построен прогноз поступления фенолов, свинца, ртути, хлоридов, сульфатов, нитратов, жиров и масел со сточными водами в водоемы РФ. И прогноз использования свежей воды на хозяйственно-питьевые нужды, на орошение и сельскохозяйственное водоснабжение, на производственные нужды на 2025 г.*

**Ключевые слова:** вода, очистка воды, тяжелые металлы, NH<sub>3</sub>, Fe, Mn, загрязнение, водоочистительная станция, нерастворимые примеси, фильтрование и отстаивание

**ANALYSIS OF THE USE OF FRESH WATER IN THE RUSSIAN FEDERATION****A.L. Kuletsan, N.A. Marchuk**

Department of Information Technologies and Digital Economy, Ivanovo State University of Chemistry and Technology, Sheretevskiy ave., 10, Ivanovo, Russia, 153000  
E-mail: kulencan@mail.ru, chyk85@rambler.ru

*This article is devoted to the study of the intake of pollutants from wastewater into the reservoirs of the Russian Federation, as well as the analysis of the use of fresh water in our country. The authors analyzed the dynamics of the intake of pollutants in the period from 1993 to 2020, as well as 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 of the Russian Federation. Mathematical models have been selected that well reflect the change in the studied parameters. A forecast of the intake of phenols, lead, mercury, chlorides, sulfates, nitrates, fats and oils with wastewater into the reservoirs of the Russian Federation is also built. And the forecast of the use of fresh water for household and drinking needs, for irrigation and agricultural water supply, for production needs for 2025.*

**Key words:** water, water purification, heavy metals, NH<sub>3</sub>, Fe, Mn, pollution, water treatment plant, insoluble impurities, filtration and settling

**Для цитирования:**

Куленцан А.Л., Марчук Н.А. Анализ использования свежей воды в Российской Федерации. *Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва)*. 2022. Т. LXVI. № 2. С. 71–77. DOI: 10.6060/rcj.2022662.11.

**For citation:**

Kuletsan A.L., Marchuk N.A. Analysis of the use of fresh water in the Russian Federation. *Ros. Khim. Zh.* 2022. V. 66. N 2. P. 71–77. DOI: 10.6060/rcj.2022662.11.

Вода одно из самых распространенных веществ в природе. Она является базовым элементом жизнеобеспечения на нашей планете. Вода представляет собой среду обитания для многих организмов. Она является хорошим растворителем не только для солей, но и для многих других веществ. Кроме этого вода является важным источником химических и биохимических реакций, например, для фотосинтеза. Отсутствие воды приводит к увяданию растений, а листья и цветы опадают. Человек может выдержать без воды только несколько дней. Если не восстановить вовремя ее потери в организме, это приведет к верной смерти. На схеме изображены основные виды воды.

Ухудшение качества природной воды и ужесточение норм в отношении показателей пить-

евой воды обуславливают необходимость в разработке различных методов ее очистки [1-3]. Они зависят от того, насколько загрязнена вода и какими примесями. В природе вода богата минералами, фосфатами и другими веществами [5-7]. Многие из них в определенной концентрации вредны для человеческого организма. Поэтому перед применением, воду необходимо очистить от таких веществ, как тяжелые металлы (Pb и As) [8-10], NH<sub>3</sub>, Fe [4], Mn, от пестицидов и растворителей, нитратов и нитритов. От нерастворимых примесей воду обычно очищают с помощью фильтрования и отстаивания. Для очистки сточных вод [11, 12] от органических загрязнителей в настоящее время широко используются методы окисления и сорбции [13]. От растворимых же примесей воду очищают с помощью перегонки (рис. 1) [14, 15].

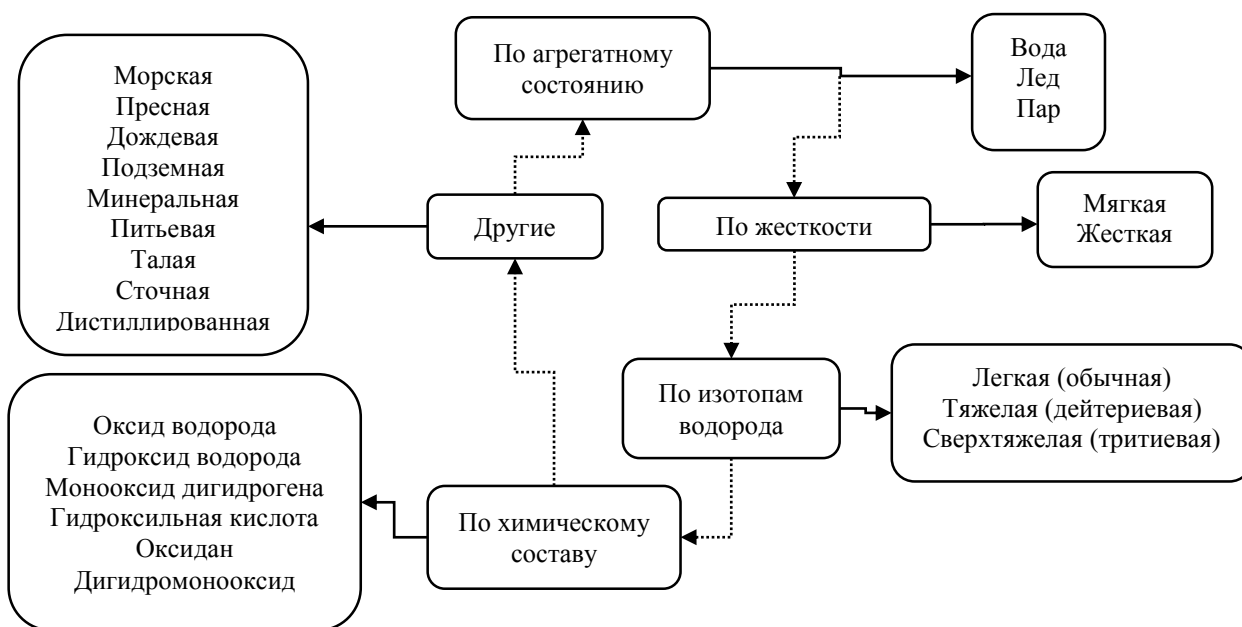


Схема. Виды воды



Рис. 1. Способы очистки воды  
а) перегонка, б) установка по получению дистиллированной воды

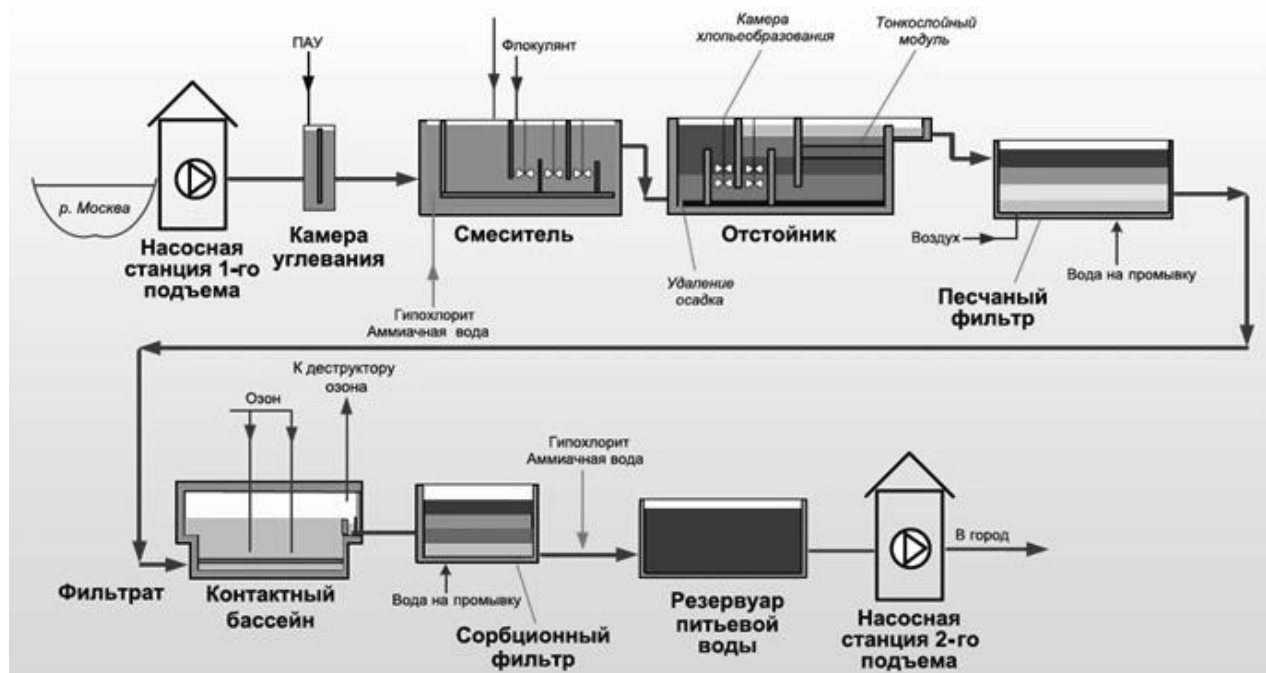


Рис. 2. Схема водоочистительной станции

Питьевую воду получают с помощью очистки природной воды. Для этого сначала отфильтрованную воду направляют в отстойник, где происходит оседание неотфильтрованных частиц. После чего вода направляется на вторичную очистку, где ее обрабатывают хлором (озоном) [24, 25], для того чтобы уничтожить бактерии. Все эти операции происходят на специальных оборудованных площадках водоочистительных станций (рис. 2) [3].

По данным Организации Объединенных Наций к 2025 г. Россия вместе с Южной Америкой, Канадой и Скандинавией, останется наиболее

обеспеченной пресной водой ( $> 20 \text{ тыс. } \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$ ) в расчете на одного жителя. Так как все виды вод на нашей земле взаимосвязаны, то они возобновляются и расходуются в процессах глобального круговорота воды. Скорость циркуляции отдельных видов вод неодинаковы, в результате чего время возобновления и расходования может сильно различаться. Для территории РФ данные о запасах вод представлены в табл. 1 [16]. Несмотря на то, что территория РФ богата водными ресурсами, важно правильно научиться следить за ними и их использовать.

Таблица 1

## Запасы воды на территории РФ и периоды их возобновления

Вид запасов воды	Запасы, км <sup>3</sup>	Период возобновления, год
Большие озера	24860	120
Болота	1530	5
Почво-грунты	6440	1
Подземные воды в верхней части земной коры	2874130	1400
Полярные ледники	13460	9700
Ледники горных районов	134	1600
Подземные льды зоны многолетней мерзлоты	17180	10000
Налеги речных и подземных вод	85	> 1 года
Вода в руслах крупнейших рек	117	> 3 дней
Биологическая вода	131	> 1 ч
Атмосферная влага	182	> 8 дней

*Цель исследования.* Проанализировать динамику поступления загрязняющих веществ со

сточными водами в водоемы, а также использование свежей воды в РФ за период с 1993 по 2020 гг. Построить прогноз данных показателей на 2025 г.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для анализа поступления загрязняющих веществ со сточными водами в водоемы, а также использования свежей воды в РФ, мы в своей работе использовали данные Федеральной службы государственной статистики. Методика основана на использовании корреляционно-регрессионного анализа [17, 18, 22, 23], который представляет собой анализ взаимозависимости нескольких переменных [21]. В качестве основной задачи корреляционного анализа, в данном случае, было определение коэффициентов детерминации ( $R^2$ ) [19, 20].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБСУЖДЕНИЯ

На рис. 3 представлены поступления загрязняющих веществ со сточными водами в водоемы Российской Федерации. Полученные результаты с 1993 по 2020 г. говорят о том, что за исключением нитратов, объемы которых только растут за

рассмотренный период, объемы фенолов, свинца, ртути, хлоридов, сульфатов, жиров и масел уменьшаются. Основную массу сброса составляют – сульфаты и хлориды, при этом последнее вещество имеет 4 класс опасности для водоемов. Незначительное снижение с каждым годом сброса загрязняющих веществ обусловлено выполнением мероприятий, предусмотренных планами снижения сбросов, разработанных с целью достижения нормативов допустимого сброса. В тоже самое время, за рассмотренный период, использование свежей воды на территории нашей страны на производственные нужды, на хозяйственно-питьевые нужды и на орошение и сельскохозяйственное водоснабжение снижается (рис. 4). Это может быть связано с последствиями изменения климата, с деятельностью человека, приводящей к сокращению водных ресурсов из-за загрязнения пресноводных экосистем, а также с последствиями урбанизации и изменений в землепользовании.

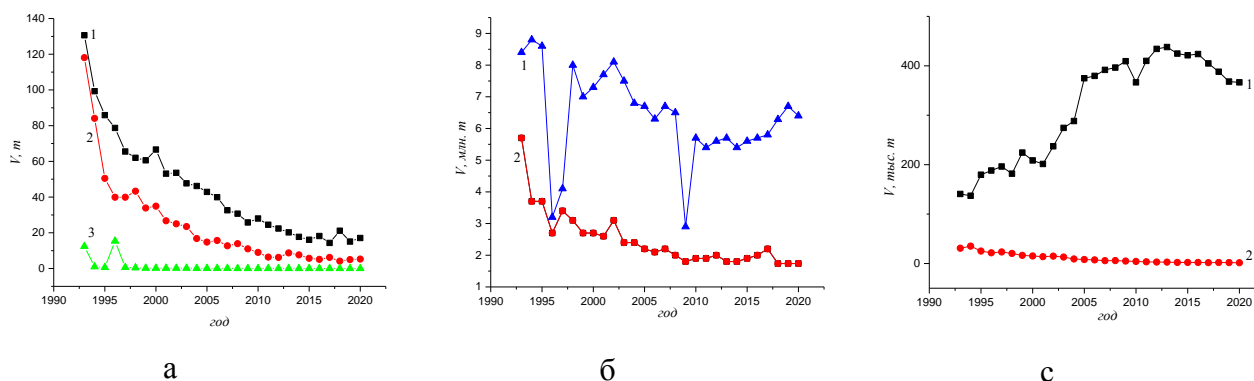


Рис. 3. Поступление загрязняющих веществ со сточными водами в водоемы РФ: а) 1-фенол, 2-свинец, 3-ртуть; б) 1-хлориды, 2-сульфаты; с) 1-нитраты, 2-жиры и масла

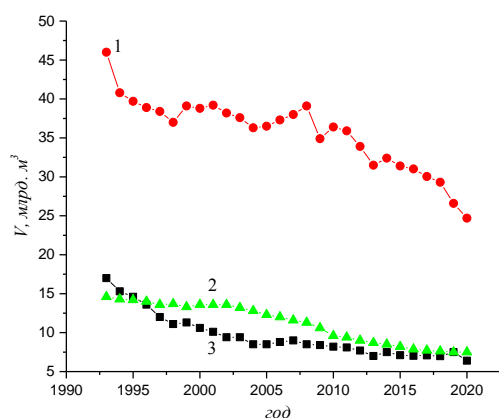


Рис. 4. Использование свежей воды в РФ: 1- на производственные нужды, 2- на хозяйственно-питьевые нужды, 3- на орошение и сельскохозяйственное водоснабжение

Далее мы проанализировали полученные данные за 25 лет по поступлению загрязняющих веществ со сточными водами в водоемы РФ и по использованию свежей воды на различные нужды. Нами были подобраны регрессионные модели, которые наиболее эффективно бы отражали изменение данных показателей. Результаты представлены в табл. 2. Все представленные модели получены с коэффициентом детерминации  $> 0,8$ , это говорит о том, что выбранные модели хорошо описывают данные – по поступлению загрязняющих веществ со сточными водами в водоемы, а также данные по использованию свежей воды на территории России. На основании выбранных моделей и корреляционно-регрессионного анализа сделан прогноз данных показателей на 2025 г. Результаты представлены в табл. 3. Из них видно, что средняя

ошибка прогнозируемых данных за период – 2017 г. составляет < 4,9%, а за 2018 г. < 4,5%. Данные результаты свидетельствуют о том, что рассматриваемый нами данные о поступления загрязняющих веществ со сточными водами в водоемы и данные об использовании свежей воды в Российской Федерации, хорошо предсказывают наблюдаемые значения.

На сегодняшний день очищаются лишь 12% загрязняющих веществ, поступающих со сточными водами в водоемы России. Одной из мер

борьбы с загрязнением водных ресурсов является закон о водоотведении, но не менее важным является моделирование и прогнозирование данных показателей. Таким образом в данной работе подобраны математические модели, которые отражают изменение поступления загрязняющих веществ со сточными водами в водоемы, а также данные об использовании свежей воды в Российской Федерации. Построен прогноз данных показателей на 2025 г.

Таблица 2

## Регрессионные модели

Поступление загрязняющих веществ со сточными водами в водоемы РФ:	Модель	$R^2$
фенол	$y = 2 \cdot 10^{67} e^{-0,075x}$	0,9601
свинец	$y = 2 \cdot 10^{97} e^{-0,11x}$	0,9487
ртуть	$y = -0,002x^3 + 12,2x^2 - 24527x + 2 \cdot 10^7$	0,8232
хлориды	$y = 1 \cdot 10^{-6}x^6 - 0,0148x^5 + 74,184x^4 - 198861x^3 + 3 \cdot 10^8x^2 - 2 \cdot 10^{11}x + 8 \cdot 10^{13}$	0,8044
сульфаты	$y = 4 \cdot 10^{-5}x^4 - 0,3185x^3 + 959,68x^2 - 1 \cdot 10^6x + 6 \cdot 10^8$	0,8657
нитраты	$y = -0,0594x^3 + 357,24x^2 - 715605x + 5 \cdot 10^8$	0,956
жиры и масла	$y = 2 \cdot 10^{107} e^{-0,122x}$	0,9847
Использование свежей воды в РФ:	Модель	$R^2$
на производственные нужды	$y = -2 \cdot 10^{-5}x^5 + 0,2469x^4 - 991,57x^3 + 2 \cdot 10^6x^2 - 2 \cdot 10^9x + 8 \cdot 10^{11}$	0,9533
на хозяйственно-питьевые нужды	$y = -0,3039x + 621,02$	0,953
на орошение и сельскохозяйственное водоснабжение	$y = -0,0012x^3 + 6,9723x^2 - 14025x + 9 \cdot 10^6$	0,9824

Таблица 3

## Результаты итогового прогноза поступления загрязняющих веществ со сточными водами в водоемы и использование свежей воды в РФ

Поступление загрязняющих веществ со сточными водами в водоемы РФ:	V		Прогноз V			Ошибка прогнозируемых данных	
	2017	2018	2017	2018	2025	2017	2018
фенол, т	14,30	21,20	14,90	22,00	10,20	4,2	3,7
свинец, т	6,20	4,20	6,50	4,50	2,30	4,8	7,1
ртуть, т	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	-	-
хлориды, млн. т	5,80	6,30	6,10	6,50	5,80	12,0	3,2
сульфаты, млн. т	2,20	1,70	2,40	1,80	3,00	9,1	5,8
нитраты, тыс. т	404,80	387,90	408,40	400,50	425,50	0,9	3,2
жиры и масла, тыс. т	1,70	1,90	1,80	2,00	1,50	5,8	5,3
Использование свежей воды в РФ:	V		Прогноз V			Ошибка прогнозируемых данных	
на производственные нужды, млрд м <sup>3</sup>	30,00	29,30	31,00	30,00	25,00	3,3	2,4
на хозяйственно-питьевые нужды, млрд м <sup>3</sup>	7,70	7,60	8,00	8,00	5,00	3,9	5,3
на орошение и сельскохозяйственное водоснабжение, млрд м <sup>3</sup>	7,10	7,00	7,50	7,50	10,00	5,6	7,1

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

REFERENCES

1. Бобкова Е.С. Разряд атмосферного давления как источник активных частиц для очистки воды от органических поллютантов. *Изв. вузов. Химия и хим. технология.* 2014. Т. 57. Вып. 10. С. 89-91.
2. Харламова Т.А., Алиев З.М., Исаев А.Б. Очистка сточных вод от красителей электролизом под давлением. *Изв. вузов. Химия и хим. технология.* 2004. Т. 47. Вып. 8. С. 56-58.
3. Щенина А.А. Обзор технологических схем очистки природных вод, содержащих антропогенные примеси. Социально-экономическое управление: теория и практика. 2019. № 2 (37). С. 169-171.
4. Барская И.В., Лукашевич О.Д. Технологическое моделирование процесса очистки воды от соединений железа. Вестник томского государственного архитектурно-строительного университета. 2008. № 3 (20). С. 175-180.
5. Гусев Г.И., Гушчин А.А., Гриневиц В.И., Рыбкин В.В., Извекова Т.В., Шаронов А.В. Обработка сточных вод, содержащих 2,4-дихлорофенол, в плазме диэлектрического барьерного разряда. *Изв. вузов. Химия и хим. технология.* 2020. Т. 63. Вып. 7. С. 88-94. DOI: 10.6060/ivkkt.20206307.6182.
6. Куленцан А.Л., Марчук Н.А. Анализ добычи нефти из пластов в Российской Федерации. *Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва).* 2022. Т. LXVI. № 1. С. 71-75. DOI: 10.6060/rj.2022661.10.
7. Куленцан А.Л., Марчук Н.А. Анализ воздействия на человека и окружающую среду загрязняющих веществ. *Изв. вузов. Химия и хим. технология.* 2022. Т. 65. Вып. 1. С. 116-121. DOI: 10.6060/ivkkt.20226501.6531.
8. Колчина Г.Ю., Мовсумзаде Э.М. Сравнительные особенности структуры и свойств биомаркеров Нафталанской нефти. *Изв. вузов. Химия и хим. технология.* 2020. Т. 63. Вып. 7. С. 82-87. DOI: 10.6060/ivkkt.20206307.6253.
9. Поletaeva О.Ю., Колчина Г.Ю., Леонтьев А.Ю., Бабayев Э.Р., Мовсумзаде Э.М. Исследование состава высоковязких тяжелых нефтей методом ядерной магнитно-резонансной спектроскопии. *Изв. вузов. Химия и хим. технология.* 2021. Т. 64. Вып. 1. С. 52-58. DOI: 10.6060/ivkkt.20216401.6261.
10. Авилова М.М., Марьева Е.А., Попова О.В., Иванова Т.Г. Молекулярное моделирование адсорбции газов-поллютантов на кадмийсодержащем полиакрилонитриле. *Изв. вузов. Химия и хим. технология.* 2020. Т. 63. Вып. 4. С. 49-54. DOI: 10.6060/ivkkt.20206304.6008.
11. Миллер В.К., Иванова Л.В., Мансур Г., Уэртас Будилова С.К., Кошелев В.Н., Примерова О.В. Структурные особенности смол и асфальтенов нефтей месторождений Удмуртии. *Изв. вузов. Химия и хим. технология.* 2021. Т. 64. Вып. 10. С. 113-118. DOI: 10.6060/ivkkt.20216410.6370.
12. Марчук Н.А., Куленцан А.Л. Влияние загрязняющих веществ на заболеваемость в Южном Федеральном округе. Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. 2020. № 3(63). С. 129-138.
13. Караневская Т.Н., Шумихин А.Г. Моделирование технологических процессов в целях алгоритмизации задачи управления объектами промышленной подготовки нефти. *Изв. вузов. Химия и хим. технология.* 2020. Т. 63. Вып. 2. С. 84-90. DOI: 10.6060/ivkkt.20206302.6100.
1. Bobkova E.S. Atmospheric pressure discharge as a source of active particles for water purification from organic pollutants. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2014. V. 57. N 10. P. 89-91.
2. Kharlamova T.A., Aliyev Z.M., Isaev A.B. Wastewater treatment from dyes by electrolysis under pressure. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2004. V. 47. N 8. P. 56-58.
3. Shchenina A.A. Review of technological schemes for the purification of natural waters containing anthropogenic impurities. *Socio-economic management: theory and practice*. 2019. N 2 (37). P. 169-171.
4. Barskaya I.V., Lukashevich O.D. Technological modeling of the process of water purification from iron compounds. *Bulletin of the Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering*. 2008. N 3 (20). P. 175-180.
5. Gusev G.I., Gushchin A.A., Grinevich V.I., Rybkin V.V., Izvekova T.V., Sharonov A.V. Treatment of wastewater containing 2,4-dichlorophenol in dielectric barrier discharge plasma. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2020. V. 63. N 7. P. 88-94. DOI: 10.6060/ivkkt.20206307.6182.
6. Kuletsan A.L., Marchuk N.A. Analysis of oil production from reservoirs in the Russian Federation. *Ros. Khim. Zh.* 2022. V. LXVI. N 1. P. 71-75. DOI: 10.6060/rj.2022661.10.
7. Kulentsan A.L., Marchuk N.A. Analysis of the impact of pollutants on humans and the environment. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2022. V. 65. N 1. P. 116-121. DOI: 10.6060/ivkkt.20226501.6531.
8. Kolchina G.Yu., Movsumzade E.M. Comparative features of structure and properties of biomarkers of Naphthalan petroleum. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2020. V. 63. N 7. P. 82-87. DOI: 10.6060/ivkkt.20206307.6253.
9. Poletaeva O.Yu., Kolchina G.Yu., Leontev A.Yu., Babayev E.R., Movsumzade E.M. Study of composition of high-viscous heavy oils by method of nuclear magnetic resonant spectroscopy. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2021. V. 64. N 1. P. 52-58. DOI: 10.6060/ivkkt.20216401.6261.
10. Avilova M.M., Maryeva E.A., Popova O.V., Ivanova T.G. Molecular modeling of adsorption of pollutant gases on cadmium-containing polyacrylonitrile. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2020. V. 63. N 4. P. 49-54. DOI: 10.6060/ivkkt.20206304.6008.
11. Miller V.K., Ivanova L.V., Mansur G., Uertas Budilova S.K., Koshelev V.N., Primerova O.V. The structural features of resins and asphaltenes of Udmurtia oilfields. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2021. V. 64. N 10. P. 113-118. DOI: 10.6060/ivkkt.20216410.6370.
12. Marchuk N.A., Kuletsan A.L. Influence of pollutants on morbidity in the Southern Federal District. *Modern high-tech technologies. Regional application*. 2020. N 3(63). P. 129-138.
13. Karanevskaya T.N., Shumikhin A.G. Modeling of technological processes for algorithmization of problem of management of oil field treatment facilities. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2020. V. 63. N 2. P. 84-90. DOI: 10.6060/ivkkt.20206302.6100.

14. Гуров Ю.П., Землянский Е.О., Мозырев А.Г., Агаев С.Г. Параметры процессов кристаллизации и растворения твердых углеводородов нефти. Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2020. Т. 63. Вып. 6. С. 90–94. DOI: 10.6060/ivkkt.20206306.6181.
15. Куленцан А.Л., Марчук Н.А. Анализ основных видов продукции химического производства. Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2019. Т. 62. Вып. 11. С. 156–160. DOI: 10.6060/ivkkt.20196211.6106.
16. Водный фонд Российской Федерации. [электронный ресурс]. URL: <http://www.protown.ru/information/hide/8131.html> (дата обращения: 25.06.2021).
17. Куленцан А.Л., Марчук Н.А. Анализ объемов производства овощных культур в Ивановской, Владимирской и Ярославской областях. Вестник Ростовского государственного экономического университета (РИНХ). 2020. № 3 (71). С. 168–175.
18. Федеральная служба государственной статистики [электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/13721> (дата обращения: 20.06.2021).
19. Мхитарян В.С., Астафьева Е.В., Миронкина Ю.Н., Трошин Л.И. Теория вероятностей и математическая статистика. М.: МФПУ. Синергия. 2013. 336 с.
20. Куленцан А.Л., Марчук Н.А. Анализ объемов производства продукции растениеводства в различных хозяйствах. Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2020. Т. 6. № 1. С. 92–100. DOI: 10.30914/2411-9687-2020-6-1-92-100.
21. Полякова А.С., Мурашова Н.М. Диаметр капель обратных микроэмульсий ди-(2-этилгексил)фосфата натрия и додецилсульфата натрия: экспериментальные данные и методы расчета. Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2021. Т. 64. Вып. 2. С. 66–72. DOI: 10.6060/ivkkt.20216402.6287.
22. Куленцан А.Л., Марчук Н.А. Анализ доли занятых и безработных лиц среди мужского и женского населения Российской Федерации. Социально-экономические и технические системы: исследование, проектирование, оптимизация. 2020. № 3 (86). С. 64–69.
23. Куленцан А.Л., Марчук Н.А. Анализ динамики заболеваемости населения социально-значимыми болезнями в РФ. Известия высших учебных заведений. Серия «Экономика, финансы и управление производством» [Ивэкофин]. 2020. Вып. 3 (45). С. 67–70.
24. Войтович Р., Коцевьяк К., Липин А.А. Определение реологических свойств растворов полиэтиленоксид - вода. Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2020. Т. 63. Вып. 9. С. 82–87. DOI: 10.6060/ivkkt.20206309.6236.
25. Хоботова Э.Б., Грайворонская И.В., Калюжная Ю.С., Игнатенко М.И. Сорбционная очистка сточных вод от органических красителей с помощью гранулированного доменного шлака. Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2021. Т. 64. Вып. 6. С. 89–94. DOI: 10.6060/ivkkt.20216406.6302.
14. Gurov U.P., Zemlianskii E.O., Mozyrv A.G., Agaev S.G. Parameters crystallization processes and solid petroleum hydrocarbons dissolution. ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2020. V. 63. N 6. P. 90–94. DOI: 10.6060/ivkkt.20206306.6181.
15. Kuletsan A.L., Marchuk N.A. Analysis of the main types of chemical products. ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2019. V. 62. N 11. P. 156–160. DOI: 10.6060/ivkkt.20196211.6106.
16. Water Fund of the Russian Federation. [Electronic resource]. URL: <http://www.protown.ru/information/hide/8131.html> (accessed: 25.06.2021).
17. Kuletsan A.L., Marchuk N.A. Analysis of the production volumes of vegetable crops in the Ivanovo, Vladimir and Yaroslavl regions. Bulletin of the Rostov State University of Economics (RINH). 2020. N 3 (71). P. 168–175.
18. Federal State Statistics Service [Electronic resource]. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/13721> (accessed: 20.06.2021).
19. Mkhitaryan V.S., Astafyeva E.V., Mironkina Yu.N., Troshin L.I. Probability theory and Mathematical Statistics. Moscow: IFPU. Synergy. 2013. 336 p.
20. Kuletsan A.L., Marchuk N.A. Analysis of the production volumes of crop production in various farms. Bulletin of the Mari State University. The series " Agricultural Sciences. Economic sciences". 2020. V. 6. N 1. P. 92–100. DOI: 10.30914/2411-9687-2020-6-1-92-100.
21. Polyakova A.S., Murashova N.M. Diameter of sodium di-(2-ethylhexyl)phosphate and sodium dodecylsulfate reverse micro-emulsion droplets: experimental data and calculation methods. ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2021. V. 64. N 2. P. 66–72. DOI: 10.6060/ivkkt.20216402.6287.
22. Kuletsan A.L., Marchuk N.A. Analysis of the share of employed and unemployed persons among the male and female population of the Russian Federation. Socio-economic and technical systems: research, design, optimization. 2020. N 3 (86). P. 64–69.
23. Kuletsan A.L., Marchuk N.A. Analysis of the dynamics of morbidity of the population with socially significant diseases in the Russian Federation. News of higher educational institutions. The series "Economics, Finance and Production Management" [Ivekofin]. 2020. N 3 (45). P. 67–70.
24. Wójtowicz R., Kocewiak K., Lipin A.A. Identification of rheological properties of poly(ethylene oxide) – water solutions. ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2020. V. 63. N 9. P. 82–87. DOI: 10.6060/ivkkt.20206309.6236.
25. Khabotova E.B., Hraivoronska I.V., Kaliuzhna Iu.S., Ignatenko M.I. Sorption purification of wastewater from organic dyes using granulated blast-furnace slag. ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2021. V. 64. N 6. P. 89–94. DOI: 10.6060/ivkkt.20216406.6302.

Поступила в редакцию 14.04.2022  
Принята к опубликованию 16.05.2022

Received 14.04.2022  
Accepted 16.05.2022