

• ISSN 2072-8158 •



ХИМИЯ И ЭКОЛОГИЯ

НАУЧНО – ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

№6, 2023



г. Москва



Всероссийский научно–практический журнал «Вода: Химия и Экология» публикует оригинальные научные статьи и обзоры теоретического и практического характера, посвященные:

- ✓ органической химии;
- ✓ биорганической химии;
- ✓ неорганической химии;
- ✓ процессов химической, мембранной технологии
- ✓ экологии;
- ✓ гидробиологии;
- ✓ исследованию новых перспективных материалов для химической и микробиологической очистки воды;
- ✓ технологическим инновациям в сфере промышленной и бытовой очистки вод;
- ✓ исследованиям в области гидробиологии;
- ✓ мониторингу водных объектов, экономике водной отрасли;
- ✓ обзору передовых российских и зарубежных разработок, существующих патентов и нормативной документации;
- ✓ чрезвычайным экологическим ситуациям;
- ✓ совершенствованию и разработке аналитических приборов;
- ✓ методическому и математическому обеспечению образования в области химии и экологии воды;

Миссия журнала: развитие фундаментальных и прикладных исследований в области химических, биологически наук и экологии, а также аспространение оригинальных исследований в этих областях наук.

К публикации принимаются оригинальные исследования российских и зарубежных ученых, преподавателей, научных работников, аспирантов высших учебных заведений и научных организаций Российской Федерации, стран СНГ и дальнего зарубежья, ранее не опубликованные.

Настоящее издание включено в Перечень ведущих научных изданий, реферируемых Высшей аттестационной комиссией при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации.

Согласно паспорту Высшей аттестационной комиссии (ВАК) при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, журнал рекомендован для публикации результатов научных исследований, выполняющихся в рамках подготовки диссертационных работ по следующим специальностям:

- | | |
|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| ✓ 1.4.3. Органическая химия (химическинауки), | ✓ 2.6.13. Процессы и аппаратыхимических технологий (химические науки), |
| ✓ 1.4.9. Биорганическая химия (химические науки), | ✓ 2.6.15. Мембраны и мембранная технология (химические науки) |

Редакция журнала ВОДА: ХИМИЯ И ЭКОЛОГИЯ в том числе принимает оригинальные научные труды, касающиеся сферы биологических наук и экологии.

Язык: Русский, английский **Количество статей в журнале:** до 15.

Количество выпусков в год: 12, Журналу присвоен ISSN, 2072–8158

Регистрация СМИ: серия ПИ № ФС 77 – 31640 10.04.2008

Ссылка РИНЦ – https://www.elibrary.ru/title_about.asp?id=28251

Журнал печатается в г. Москве

Учредитель журнала: Мельников Игорь Олегович, кандидат химических наук

Адрес: 127473, Москва г., 3–й Самотечный пер., д. 23, кв. 48, **E–mail:** VAK-info@yandex.ru

Типография и издательство: Общество с ограниченной ответственностью "Издательство "Манускрипт" (ОГРН 1226100004679)

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

Каленский Александр Васильевич: Доктор физико–математических наук, профессор, заведующий кафедрой химии твердого тела и химического материаловедения, чл корр РАН, один из ведущих преподавателей КемГУ, За многолетний плодотворный труд был награжден: почетными грамотами АКО, благодарностями ГОУ ВПО КемГУ, медалью «За веру и добро»

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

Будко Елена Вячеславовна: Доктор фармацевтических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Курский государственный медицинский университет»

Данилов–Данильян Виктор Иванович: Доктор экономических наук, Российский учёный, экономист, эколог, гидролог, член–корреспондент РАН. Специалист в области экономики природопользования, экономико–математического моделирования, теории устойчивого развития, Институт водных проблем РАН (Москва)

Еременко Игорь Леонидович: Советский и Российский химик, доктор химических наук член–корреспондент РАН с 1997 года, академик РАН с 2006 года, лауреат Государственной премии Российской Федерации, институт общей и неорганической химии им. н.с. курнакова РАН (Москва)

Койфман Оскар Иосифович, Доктор химических наук, Российский химик, специалист в области синтеза, изучения физико–химических свойств и практического использования порфиринов, металлопорфиринов, их структурных аналогов и жидкокристаллических соединений, ректор Ивановского государственного химико–технологического университета, Ивановский государственный химико–технологический университет (Иваново)

Колесников Владимир Александрович: Доктор технических наук, Российский учёный в области промышленной электрохимии, безопасности и ресурсосбережения применительно к процессам обработки современных материалов, создания экологически безопасных, ресурсосберегающих процессов в гальванотехнике, переработке жидких техногенных отходов и водообработке, Российский химико–технологический университет им. Д.И. Менделеева (Москва)

Мухин Виктор Михайлович: Доктор технических наук, профессор по специальности «Экология», лауреат премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники, заслуженный изобретатель РФ, Почетный эколог (МЕЖДУНАРОДНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК ЭКОЛОГИИ, БЕЗОПАСНОСТИ ЧЕЛОВЕКА И ПРИРОДЫ), Почетный профессор Санкт–Петербургского государственного технологического института (технического университета), начальник лаборатории активных углей, эластичных сорбентов и катализаторов АО «Электростальское НПО «Неорганика» Ростеха (Москва)

Пчелинцева Нина Васильевна: Доктор химических наук, доцент, ФГБОУ ВО Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г.Чернышевского, профессор кафедры органической и биорганической химии Института химии СГУ

Фролкова Алла Константиновна: Советский и российский химик, доктор технических наук, МИРЭА–Российский технологический университет (Москва)

Федосов Сергей Викторович: Доктор технических наук, Заслуженный деятель науки РФ, Лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники, Национальный Исследовательский Московский Государственный Строительный Университет, профессор, академик РААСН (Москва)

Хацаева Раиса Мусаевна: Доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, зав. кабинетом электронной микроскопии

EDITOR-IN-CHIEF:

Kalensky Alexander Vasilyevich, Doctor of Physico–Mathematical Sciences, Professor, Head of the Department of Solid State Chemistry and Chemical Materials Science, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, one of the leading teachers of KemSU, for many years of fruitful work was awarded: honorary diplomas of the AKO, commendations of the State Educational Institution of KemSU, the medal "For Faith and Kindness"

EDITORIAL BOARD:

Budko Elena Vyacheslavovna: Kursk State Medical University, Doctor of Pharmaceutical Sciences, Professor

Danilov–Danilyan Viktor Ivanovich: Doctor of Economics, Russian scientist, economist, ecologist, hydrologist, corresponding Member of the Russian Academy of Sciences. Specialist in the field of environmental economics, economic and mathematical modeling, theory of Sustainable Development, Institute of Water Problems of the Russian Academy of Sciences (Moscow)

Eremenko Igor Leonidovich: Soviet and Russian chemist, Doctor of Chemical Sciences Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences since 1997, Academician of the Russian Academy of Sciences since 2006, laureate of the State Prize of the Russian Federation, N.S. Kurnakov Institute of General and Inorganic Chemistry of the Russian Academy of Sciences (Moscow)

Koifman Oskar Iosifovich, Doctor of Chemical Sciences, Russian chemist, specialist in the field of synthesis, study of physico–chemical properties and practical use of porphyrins, metalloporphyrins, their structural analogues and liquid crystal compounds, Rector of Ivanovo State University of Chemical Technology, Ivanovo State University of Chemical Technology (Ivanovo)

Kolesnikov Vladimir Aleksandrovich: Doctor of Technical Sciences, Russian scientist in the field of industrial electrochemistry, safety and resource conservation in relation to the processes of processing modern materials, creating environmentally safe, resource–saving processes in electroplating, processing of liquid technogenic waste and water treatment, D.I. Mendeleev Russian University of Chemical Technology (Moscow)

Mukhin Viktor Mikhailovich: Doctor of Technical Sciences, Professor in the specialty "Ecology", laureate of the prize of the Government of the Russian Federation in the field of science and technology, Honored Inventor of the Russian Federation, Honorary Ecologist (INTERNATIONAL ACADEMY of Sciences of Ecology, Human Safety AND NATURE), Honorary Professor of the St. Petersburg State Technological Institute (Technical University), Head of the Laboratory of Active coals, elastic sorbents and catalysts of Neorganika Rostec Moscow)

Pchelintseva Nina Vasilyevna: Doctor of Chemical Sciences, Professor of the Department of Organic and Bioorganic Chemistry, Associate Professor, Saratov National Research State University named after N.G.Chernyshevsky

Frolkova Alla Konstantinovna: Soviet and Russian chemist, Doctor of Technical Sciences, MIREA–Russian Technological University (Moscow)

Fedosov Sergey Viktorovich: Doctor of Technical Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation, Laureate of the Russian Government Prize in Science and Technology, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences (Moscow)

Khatsaeva Raisa Musaevna: Doctor of Biological Sciences, Leading Researcher at the Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences, Head. the electron microscopy room

СОДЕРЖАНИЕ НОМЕРА

БИООРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ (ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

Власова Алена Юрьевна, Посадскова Ольга Владимировна, Нургалиева Анжелика Алимовна.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ ХОЗЯЙСТВЕННО–ПИТЬЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ
ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МОТИТОРИНГА
В ГОРОДЕ КАЗАНЬ

10

ЭКОЛОГИЯ

**Магомедов Абдурахман Маллаевич, Мусинова Эльмира Мугудиновна,
Омарова Патимат Абдулаевна, Омарова Наира Хабибулаевна, Мутуев Саид
Узайриевич.**

ЭКОЛОГИЯ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

17

**Разборская София Казимировна, Полянский Павел Станиславович,
Виссарионова Екатерина Александровна, Попов Владимир Георгиевич.**

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ НАПРАВЛЕНИЯ УТИЛИЗАЦИИ И ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ
ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ РАЗЛИЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

22

ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ (ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ)

**Бондаренко Альбина Альбертовна, Трухачев Дмитрий Александрович, Маслов
Игорь Николаевич.**

МАЛОГАБАРИТНЫЕ РЕГЕНЕРАЦИОННЫЕ УСТАНОВКИ: СБОР И УТИЛИЗАЦИЯ
ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ НА ПРОИЗВОДСТВАХ

30

Булгаков Сергей Викторович, Садыкова Анна Витальевна.

ДЕМИНЕРАЛИЗАЦИЯ ЗАСОЛЕННОЙ ОБОРОТНОЙ ВОДЫ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ
ВЫМОРАЖИВАНИЕМ

36

Васильева Елена Викторовна, Федоров Виктор Матвеевич.

УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДА ХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА МНОГОАТОМНОГО
СПИРТА-ПЕНТАЭРИТРИТА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМ
ОБВОДНЕНИЯ, ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

41

CONTENTS

BIOORGANIC CHEMISTRY (CHEMICAL SCIENCES)

- Vlasova Alena Yurievna, Posadskova Olga Vladimirovna, Nurgalieva Anzhelika Alimovna.**
ASSESSMENT OF THE QUALITY OF POTABLE WATER OF CENTRALIZED WATER SUPPLY BASED ON THE RESULTS OF MONITORING IN THE CITY OF KAZAN 10

ECOLOGY

- Magomedov Abdurakhman Mallayevich, Musinova Elmira Mugudinovna, Omarova Patimat Abdulayevna, Omarova Naira Habibulayevna, Mutuev Said Uzayrievich.**
ECOLOGY OF THE CASPIAN SEA 17

- Razborskaya Sofia Kazimirovna, Polyanskiy Pavel Stanislavovich, Vissarionova Ekaterina Alexandrovna, Popov Vladimir Georgievich.**
TECHNOLOGICAL DIRECTIONS OF DISPOSAL AND DECONTAMINATION OF ORGANIC WASTE OF DIFFERENT ORIGIN 22

PROCESSES AND APPARATUSES OF CHEMICAL TECHNOLOGIES (CHEMICAL SCIENCES)

- Bondarenko Albina Albertovna, Trukhachev Dmitry Alexandrovich, Maslov Igor Nikolaevich.**
SMALL-SIZED REGENERATION PLANTS: COLLECTION AND DISPOSAL OF WASTE OILS IN PRODUCTION 30

- Bulgakov Sergey Viktorovich, Sadykova Anna Vitalievna.**
DEMINERALIZATION OF SALINE RECYCLED OIL REFINING WATER BY FREEZING 36

- Vasilyeva Elena Viktorovna, Fedorov Viktor Matveevich.**
DISPOSAL OF WASTE FROM THE CHEMICAL PRODUCTION OF POLYATOMIC ALCOHOL-PENTAERYTHRITOL TO IMPROVE THE QUALITY OF ELEMENTS OF IRRIGATION SYSTEMS, WATER SUPPLY AND SANITATION 41

**БИООРГАНИЧЕСКАЯ
ХИМИЯ
(ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ)**

УДК 657.6

DOI 10.58551/20728158_2023_6_10

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ ХОЗЯЙСТВЕННО-ПИТЬЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МОНИТОРИНГА В ГОРОДЕ КАЗАНЬ

Власова А. Ю., Посадскова О. В., Нурғалиева А. А.

Данная статья посвящена оценке качества воды хозяйственно-питьевого назначения по результатам годового мониторинга. Актуальность данной темы объясняется тем, что вода является фундаментальным и жизненно важным ресурсом для поддержания здоровья и благополучия человека, экосистем, а также развития экономики. В ходе исследования были выполнены следующие задачи: анализ источника водоснабжения; анализ технологии подготовки воды хозяйственно-питьевого назначения; ежемесячный отбор проб воды из резервуаров чистой воды; проведение лабораторных анализов по отмеченным показателям; анализ полученных результатов. На основе полученных результатов построены графические зависимости и определены наиболее «слабые» стороны системы подготовки воды.

Ключевые слова: вода хозяйственно-питьевого назначения, мониторинг, показатели качества, стандарты и нормы.

Вода является фундаментальным и жизненно важным ресурсом для поддержания здоровья и благополучия человека, экосистем и развития экономики. В качестве основных источников водоснабжения выступают поверхностные и грунтовые воды. Качественный и количественный состав природных вод сильно отличается и зависит от географических особенностей региона и особенностей структуры водоносных горизонтов. Также стоит учитывать быстрый темп роста и строительства промышленных предприятий, которые тоже являются потребителями природной воды и как следствие имеют огромные объемы сточных вод, которые сбрасываются в водоем. Поэтому в современном мире необходимо учитывать техногенный фактор, который влияет на качественный состав природных вод.

С каждым годом обеспечение потребителей качественной и безопасной питьевой водой становится серьезной проблемой. Причина кроется в отсутствии современных технологий очистки и в моральной изношенности эксплуатируемого оборудования на станциях очистки воды.

Водопроводная вода является наиболее распространенным источником питьевой воды в городских условиях, и ее качество напрямую влияет на здоровье населения, обеспечение социальных и экологических стандартов.

Для оценки качества во всем мире созданы различные организации. Одна из самых известных организаций в этой сфере – Всемирная Организация Здравоохранения (World Health Organization, ВОЗ) – является специализированным учреждением, подведомственным Организации Объединенных Наций. [1]

В России же ответственными за качество водных ресурсов являются следующие инстанции:

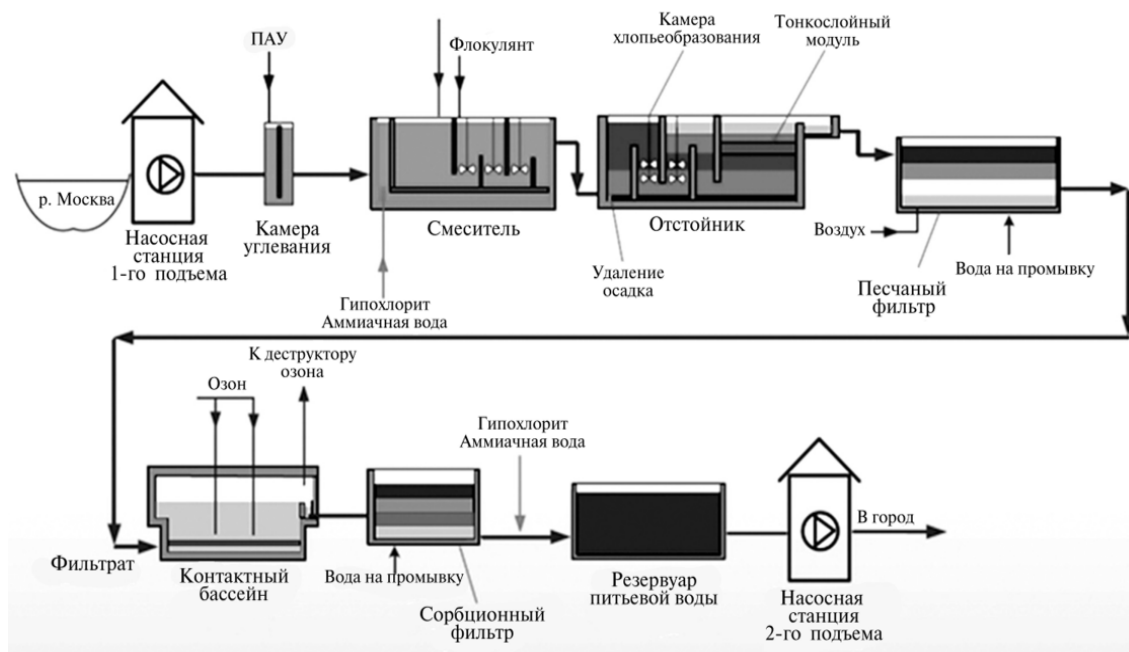
1. Роспотребнадзор (Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека) – это государственный орган, который осуществляет контроль за соблюдением норм и стандартов качества питьевой воды на территории России.

2. Министерство здравоохранения Российской Федерации – разрабатывает и утверждает санитарно-эпидемиологические нормы и требования к качеству питьевой воды. [2]

3. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) – разрабатывает и утверждает государственные стандарты (ГОСТы) для питьевой воды, которые содержат требования к физико-химическим, бактериологическим и радиоактивным показателям качества воды. [3]

В городе Казань водоснабжение обеспечивается с помощью Куйбышевского водохранилища. Вода забирается из Куйбышевского водохранилища, подвергается обработке на очистных сооружениях Волжского водозабора, состоящей из пяти очередей, общей проектной производительностью 510 тыс. м³/сут. [4]

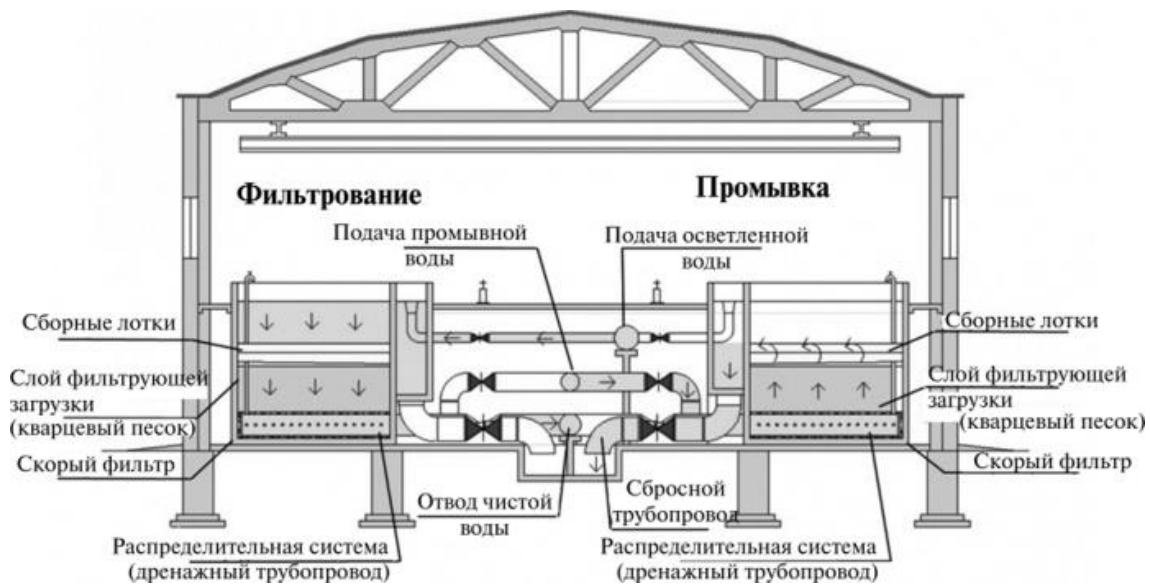
Как и во многих других крупных городах станция водоочистки г. Казань была спроектирована в начале прошлого столетия. Поэтому представляет собой комплекс обычных мероприятий: химическая реагентная обработка (использование флокулянтов и коагулянтов), отстаивание в горизонтальных отстойниках и фильтрование через кварцевый песок (рис. 2). Подбор фильтрационного материала по размеру осуществляется экспериментальным путем либо закладывается в проектной документации. Для обеззараживания воды используют хлорирование (рис. 1).



Источник: заимствовано на основании [1]

Рисунок 1. Пример схемы водоочистки Рублёвской станции г. Москва

С момента эксплуатации очистной станции качество волжской воды претерпело значительные изменения. Наблюдается негативная тенденция снижения качества воды в водохранилище за счет увеличения техногенного фактора, сброса бытовых и ливневых сточных вод, наличия процессов водной эрозии берегов, особенно в прибрежной зоне. Это повлияло на количественное увеличение следующих показателей: мутность, цветность, содержание железа, марганца, фенолов, солей тяжелых металлов, увеличение перманганатной окисляемости, которая характеризует бактериологические показатели воды. [4]



Источник: заимствовано на основании [1]

Рисунок 2. Схема скоростного фильтра Метелевской водоочистной станции

В связи с ухудшением показателей качества природной воды необходимо внедрение дополнительных методов контроля. Анализ наиболее важных показателей качества природной воды должен быть автоматизирован, т.е. установлены датчики контроля, которые способны чаще и быстрее анализировать значения природной воды. Установка таких датчиков очень дорогостоящее мероприятие, поэтому процесс автоматизации может затянуться на несколько лет.

Учитывая постоянное ухудшение качества природной воды тема оценки показателей воды хозяйственно-питьевого назначения весьма актуальна. Поэтому цель данной работы заключалась в оценке эффективности очистки воды на основании результатов мониторинга. Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи:

- анализ источника водоснабжения;
- анализ технологии подготовки воды хозяйственно-питьевого назначения;
- ежемесячный отбор проб воды из резервуаров чистой воды;
- проведение лабораторных анализов по отмеченным показателям;
- анализ полученных результатов.

Методическая часть работы заключалась в следующем, что мониторинг проводился по химическим и физическим показателям. В качестве физических показателей были проверены: температура, запах, цветность, мутность. В качестве химических показателей измерялись следующие: водородный показатель, жесткость, щелочность, общая минерализация, перманганатная окисляемость, аммиак и ионы аммония, общее железо, сульфаты, хлориды, остаточный суммарный хлор.

Для определения данных показателей были использованы гостированные методики. В качестве приборов были использованы: спектрофотометр Shimadzu UV-1800, рН-метр Hanna, анализатор жидкости Эксперт 0,01 (с разными электродами).

Цветность, мутность, аммиак и ионы аммония, общее железо, сульфаты были измерены турбидиметрическим методом с помощью предварительно построенных калибровочных зависимостей. Калибровочный график строился по стандартным растворам.

Общая жесткость и хлориды были определены с помощью анализатора Эксперт 0,01.

Остальные показатели были определены титриметрическими методами.

В качестве объекта исследования выступала вода питьевого качества на выходе из резервуаров чистой воды, которая в дальнейшем через коллектор направлялась потребителям.

Учитывая нестабильность количественного и качественного состава природной воды в течение года, вода на выходе из резервуаров чистой воды отбиралась каждый месяц (2 раза в

месяц, 10 и 25 числа). Отбор проб производился строго по ГОСТ Р 51592-2000 «Вода. Общие требования к отбору проб» [5-11]. Исследования продолжались на протяжении всего года.

Результаты исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1

Показатели качества воды хозяйственно-питьевого назначения за годовой период

Показатель	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	Август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
Температура, °С	3	3	3	5,5	13	20	23	23	12	9	5	3
Запах при 20 °С	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Цветность, град	7	8	8	7	6	6	7	7	6	7	8	9
Мутность, мг/л	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,4	0,4
pH, ед	7,1	6,5	7,0	7,2	6,9	7,0	6,9	6,8	6,9	7,0	7,0	7,1
Жесткость, °Ж	5,5	5,3	5,2	3,8	4,3	5,5	5,6	5,8	5,3	5,4	5,5	5,9
Щелочность, ммоль/л	3,8	3,1	2,6	2,0	1,5	2,5	2,8	2,9	2,9	3,3	3,7	3,9
Общая минерализация г/л	0,35	0,32	0,28	0,26	0,2	0,32	0,35	0,36	0,32	0,34	0,35	0,37
Пер. ок., мгО ₂ /л	3,5	3,3	3,6	3,7	3,5	3,5	3,4	3,1	3,2	3,2	3,3	3,4
Аммиак и ионы аммония, мг/л	0,42	0,55	0,65	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,3	0,33	0,39	0,43
Общее железо, мг/л	0,1	0,1	0,11	0,11	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,10	0,1
Сульфаты, мг/л	98	98	76	68	61	83	103	133	120	111	102	86
Хлориды, мг/л	58	55	54	41	42	42	44	49	32	36	38	48
Остаточный суммарный хлор, мг/л	1,21	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19

По результатам анализов воды хозяйственно-питьевого назначения видно, что несмотря на поддержания очистки на должном уровне, показатели воды все равно незначительно меняются. Особенно выделяются переходные периоды апрель-май и август-сентябрь. Паводковый период (апрель-май) характеризуется снижением таких показателей как: жесткость, щелочность, общая минерализация, содержание сульфатов и хлоридов. Причиной снижения данных показателей является увеличение объема воды за счет слива талых вод в водоем.

Также стоит заметить, что такой показатель как перманганатная окисляемость остается на довольно высоком значении. Причиной может быть, как увеличение цветности, мутности, а также бактериальной загрязненности.

В переходный летний период (август- сентябрь) также происходит резкое изменение показателей за счет увеличения количества осадков и снижение средней температуры (т.е. снижение процента испарения).

Для наглядности некоторые показатели: температура, жесткость, щелочность, перманганатная окисляемость и общая минерализация представлены в графических зависимостях. (рисунок 3)

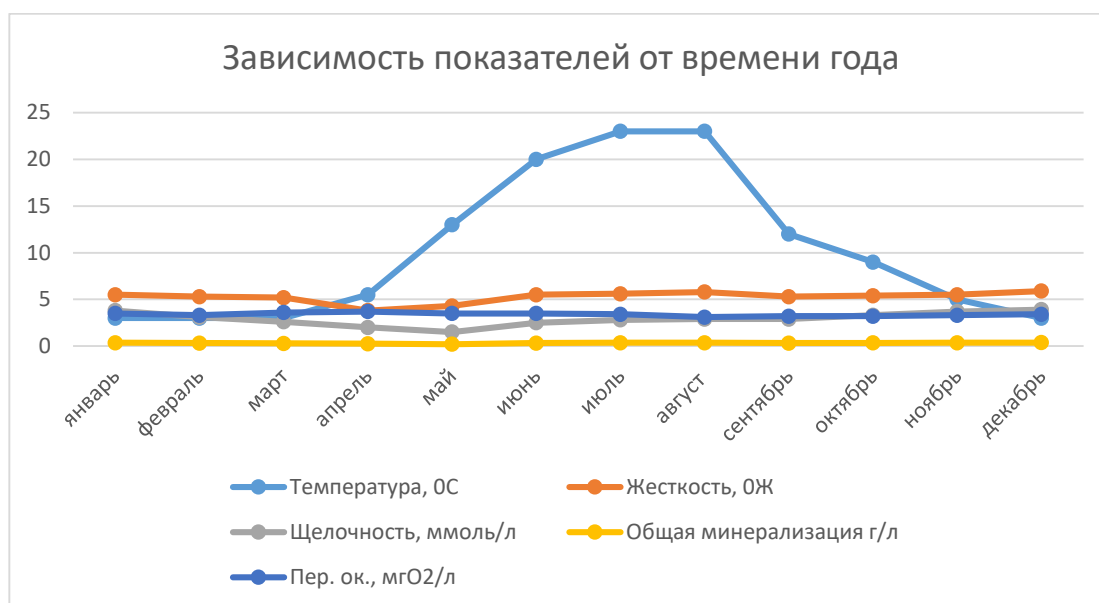


Рисунок 3. График зависимости показателей от времени года

По графическим зависимостям видны явные сезонные изменения. По постоянно меняющимся ежемесячно показателям можно сделать вывод, что система очистки воды не всегда может справляться с кратковременными (эпизодическими) изменениями показателей качества воды. Мы видим стабильную работу механического фильтра по не меняющейся мутности воды после резервуара чистой воды и процесса хлорирования. Остальные показатели меняются в течение года.

Выявление «пиковых» ухудшений в промежуточные периоды характерно для большого количества станций подготовки воды. Некоторые станции ставят дополнительное оборудование или подключают дополнительные установки, которые позволяют стабилизировать систему очистки воды и получить воду надлежащего питьевого качества.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Всемирная Организация Здравоохранения (World Health Organization, ВОЗ). – URL: <https://www.who.int/ru>.
2. Бахмацкая А. И. Качество питьевой воды: проблемы и последствия // Бахмацкая А.И., Плуготаренко Н. К. / Миссия молодежи в науке: Материалы Научно-практической конференции, проводившейся в рамках 5 Фестиваля науки Юга России. – г. Ростов-на-Дону. – 20-21 нояб., 2014. – С. 285-288.
3. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт). – URL: <https://www.rst.gov.ru/portal/gost>.
4. Адельшин А.Б. Некоторые аспекты хозяйственно-питьевого водоснабжения г Казани // Адельшин А.Б., Нуруллин Ж.С. / Известия КГАСУ. – Казань. – 2013. – №1. – С. 23-34.
5. ГОСТ Р 51592-2000 «Вода. Общие требования к отбору проб».
6. Грачева М.П. Недоброкачественная питьевая вода как фактор риска для здоровья населения крупных промышленных центров // Грачева М.П., Бадеева Т.В., Леонов А.В., Лузина Е.К. / Докл. [Научная конференция, посвященная 120- летию ФНЦ гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана, Москва, 2011] Здравоохран. Рос. Федерации. – 2011. – № 4. – С. 17.
7. Зубрилов С. П. Питьевая вода городов. Современные технологии очистки воды / СПб: ГУМРФ. – 2015. – С. 131-134.
8. Ключников Д. А. Качество питьевой воды и здоровье человека // Ключников Д. А., Яровенко А. А. / Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии: Материалы Всероссийской научно-технической конференции "Современные проблемы геологии, геофизики

и геоэкологии", посвященной 150-летию со дня рождения В. И. Вернадского. – г. Грозный. – 25-28 марта, 2013. – С. 243-245.

9. Курочицкая М.Г. Качество питьевой воды – важный аспект формирования здоровья населения / 4 Международная научно-практическая конференция "Экология – образование, наука, промышленность и здоровье", Белгород, 15-18 нояб., 2011: Сборник докладов. Ч. 1. – Белгород. – 2011. – С. 392-396, 441.

10. Тунакова Ю. А. Качество питьевой воды, доходящей до потребителя г. Казани при водоподготовке с флокулянтном полиакриламидом // Тунакова Ю. А., Галимова А. Р., Шмакова Ю. А. / Водоочистка. – Казань. – 2016, № 6. – С. 45-50.

11. Рочева О.А., Зарипова Р.С., Рочева Я.О. Экологическая составляющая качества жизни населения / Энергетика, инфокоммуникационные технологии и высшее образование: материалы Международной конференции. Казань, 2023. Т. 3. С. 325-328.

ASSESSMENT OF THE QUALITY OF POTABLE WATER OF CENTRALIZED WATER SUPPLY BASED ON THE RESULTS OF MONITORING IN THE CITY OF KAZAN

Vlasova A.Yu., Posadskova O.V., Nurgalieva A.A.

This article is devoted to assessing the quality of water for domestic and drinking purposes based on the results of annual monitoring. The relevance of this topic is explained by the fact that water is a fundamental and vital resource for maintaining human health and well-being, ecosystems, and economic development. During the study the following tasks were carried out: analysis of the water supply source; analysis of the technology of preparation of domestic and drinking water; monthly sampling of water from clean water reservoirs; conducting laboratory analyses on the marked indicators; analysis of the obtained results. Based on the results obtained, graphical dependencies were built and the most "weak" sides of the water treatment system were identified.

Keywords: domestic and drinking water, monitoring, quality indicators, standards and norms.

Сведения об авторах:

Власова Алена Юрьевна

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Атомные и тепловые электрические станции»,

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»

E-mail: vlasovaay@mail.ru

Посадскова Ольга Владимировна

Магистр,

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»

E-mail: olya_10_posadskova@mail.ru

Нургалиева Анжелика Алимовна

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Информатики и прикладной математики», ФГБОУ ВО «Казанский Национальный Исследовательский Технологический Университет»

E-mail: safarova_a_79@mail.ru

ЭКОЛОГИЯ

ЭКОЛОГИЯ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Магомедов А. М., Мусинова Э. М., Омарова П. А.,
Омарова Н. Х., Мутуев С. У.

Эта статья посвящена экологическим проблемам Каспийского моря и мерам, которые необходимо предпринять для их решения. В статье рассматриваются основные проблемы, такие как загрязнение морской воды и дно, сокращение биоразнообразия и деградация прибрежных зон, а также предлагаются конкретные меры для борьбы с ними. Это включает в себя комплексные программы по охране окружающей среды, образовательные кампании, улучшение международного сотрудничества и внедрение современных технологий. В работе подчеркивается необходимость совместных усилий для сохранения экосистемы Каспийского моря и обеспечения ее устойчивого развития. В данной работе использовался анализ литературы и официальных отчетов о экологическом состоянии Каспийского моря. Также была проведена аналитическая работа для выявления проблем и мер, которые могут быть предприняты для решения этих проблем. Отмечаются аспекты исследования Экологии Каспийского моря и качества воды. В статье наблюдаются основные проблемы, выявленных в исследованиях Каспийского моря. Также были рассмотрены меры, которые могут быть приняты для решения проблем, связанных с экологическим состоянием Каспийского моря. Отмечаются исследования обнаружения уникальных экологических характеристик Каспийского моря и его роль в сохранении миграционных путей многих видов рыб.

Ключевые слова: Экология, Каспийское море, загрязнение, биоразнообразие, прибрежные зоны, комплексные программы, международное сотрудничество, экологически чистые технологии, возобновляемые источники энергии, образование, осведомленность, устойчивое развитие.

Актуальность. Каспийское море – один из наиболее уязвимых экосистем в мире, которая подвергается многим экологическим угрозам, таким как загрязнение воды, изменение биоразнообразия и климатические изменения. В связи с этим, особенно важно изучать и понимать экологическое состояние Каспийского моря, чтобы разработать эффективные стратегии его сохранения и устойчивого развития. Цель данной работы – рассмотреть экологическое состояние Каспийского моря, определить проблемы, связанные с загрязнением, изменением биоразнообразия и климатическими изменениями, а также предложить меры для улучшения ситуации.

Задачи:

- изучить литературу по экологическому состоянию Каспийского моря.
- анализировать экологические проблемы Каспийского моря, связанные с загрязнением, изменением биоразнообразия и климатическими изменениями.
- рассмотреть меры, которые могут быть приняты для решения проблем, связанных с экологическим состоянием Каспийского моря.

Материалы и методы исследования. В данной работе использовался анализ литературы и официальных отчетов о экологическом состоянии Каспийского моря. Также была проведена аналитическая работа для выявления проблем и мер, которые могут быть предприняты для решения этих проблем.

Результаты. Были определены основные экологические проблемы Каспийского моря, такие как загрязнение воды, изменение биоразнообразия и климатические изменения. Также были рассмотрены меры, которые могут быть приняты для решения проблем, связанных с

экологическим состоянием Каспийского моря. К ним относятся улучшение стандартов водоочистки, разработка стратегий по сохранению биоразнообразия и уменьшение выбросов парниковых газов.

Выводы. Каспийское море – это один из наиболее уязвимых экосистем в мире. Загрязнение воды, изменение биоразнообразия и климатические изменения являются основными экологическими проблемами Каспийского моря. Решение этих проблем требует совместных усилий и координации усилий со стороны правительств, общественности и бизнеса. Однако, существует множество мер, которые могут быть предприняты для улучшения экологического состояния Каспийского моря, таких как улучшение стандартов водоочистки, разработка стратегий по сохранению биоразнообразия и уменьшение выбросов парниковых газов. Более того, эти меры должны быть реализованы в ближайшие годы, чтобы гарантировать устойчивое развитие Каспийского моря и сохранить его уникальные экосистемы для будущих поколений.

Каспийское море является крупнейшим внутренним водным объектом нашей планеты, оно расположено на стыке Европы и Азии. Это уникальный объект, который хранит в себе множество природных богатств. Однако, как и везде, на Каспийское море оказывается воздействие человеческой деятельности, что приводит к экологическим проблемам.

Одним из основных аспектов исследования Экологии Каспийского моря является изучение его водного состояния и качества воды. Множество исследований было проведено для оценки содержания различных загрязняющих веществ, таких как нефтепродукты, химические вещества и тяжелые металлы в воде. Некоторые исследования показали, что уровень загрязнения Каспийского моря в некоторых районах является высоким, что создает потенциальные угрозы для морской фауны и флоры [2, с. 37].

Другие исследования сосредоточены на изучении биологического разнообразия и экосистем Каспийского моря. Они позволяют определить видовой состав рыб и других морских организмов, их распределение и популяционные тренды. Результаты этих исследований обнаруживают уникальные экологические характеристики Каспийского моря и его роль в сохранении миграционных путей многих видов рыб [5, с. 58].

Одной из основных проблем, выявленных в исследованиях, является снижение уровня воды в Каспийском море. Это вызывает обеспечение доступа к пресной воде и угрожает экосистемам моря. Некоторые исследования предлагают различные стратегии для сохранения уровня воды, такие как регулирование сброса воды из притоков и ограничение использования пресной воды для промышленных и сельскохозяйственных нужд.

Вот некоторые конкретные примеры исследований Экологии Каспийского моря и их результаты:

1. Исследование загрязнения нефтепродуктами: Ученые провели анализ проб воды из разных участков Каспийского моря и обнаружили высокую концентрацию нефтепродуктов в прибрежных зонах. Это указывает на возможное загрязнение нефтью из нефтедобывающих операций и судоходства. Результаты исследования подтверждают необходимость принятия мер по усилению контроля и предотвращению загрязнения морской среды нефтепродуктами.

2. Мониторинг популяции каспийского тюленя: Исследователи осуществляют наблюдения за популяцией каспийского тюленя, который является одним из символов Каспийского моря. Они определяют размер популяции, изучают места размножения и миграции тюленей, а также анализируют влияние изменения среды обитания на их выживаемость. Эти исследования помогают разрабатывать меры по сохранению этого уязвимого вида и его мест обитания.

3. Изучение воздействия климатических изменений: Ученые проводят исследования для понимания влияния климатических изменений на экосистемы Каспийского моря. Они анализируют изменения температуры воды, уровня моря и изменения в погодных условиях. Результаты исследования позволяют оценить потенциальные риски для морской жизни и предложить адаптационные стратегии для сохранения биоразнообразия в условиях изменяющегося климата.

4. Оценка экологического состояния морской флоры: Исследования проводятся для изучения состояния морской растительности, такой как водоросли и морские травы, которые

играют важную роль в экосистеме Каспийского моря. Ученые оценивают их распределение, здоровье и восстановление после природных и антропогенных воздействий. Эти исследования помогают в разработке стратегий по охране и восстановлению морской флоры. Например, результаты исследования морских трав показали, что некоторые виды подвержены угрозе из-за загрязнения, изменения солености воды и нарушения береговой зоны. На основе этих результатов разрабатываются программы по мониторингу и восстановлению морской растительности [7, с. 52].

Оценка воздействия интродуцированных видов: Некоторые исследования фокусируются на изучении воздействия интродуцированных видов на экосистемы Каспийского моря. Неконтролируемое распространение таких видов может привести к нарушению природного баланса, конкуренции с местными видами и снижению биоразнообразия. Результаты этих исследований помогают определить стратегии по контролю и предотвращению распространения интродуцированных видов [8, с. 77].

Изучение влияния нефтепродуктов: Недавнее исследование оценило загрязнение Каспийского моря нефтепродуктами и его влияние на морскую жизнь. Результаты показали высокую концентрацию нефтепродуктов в прибрежных зонах, особенно около нефтедобывающих платформ и транспортных маршрутов. Это исследование помогло привлечь внимание к проблеме и способствовало ужесточению контроля за соблюдением экологических стандартов в нефтяной промышленности Каспийского региона.

Мониторинг популяции каспийского тюленя: Исследования, направленные на изучение популяции каспийского тюленя, обнаружили сокращение их численности из-за потери мест обитания и незаконного промысла. Исследователи использовали данные о размножении и миграции тюленей, чтобы определить критически важные участки для сохранения вида и предложить создание заповедников и запреты на охоту на этих животных.

Оценка изменений в биоразнообразии: Исследования биоразнообразия Каспийского моря выявили изменения в видовом составе рыб и других морских организмов. Некоторые исследования показали снижение численности некоторых важных коммерческих видов рыб, таких как белуга и осетр. Результаты исследований указывают на необходимость введения рыболовных квот, контроля за промыслом и охраны мест размножения, чтобы предотвратить исчезновение этих видов и сохранить биоразнообразие Каспийского моря [6, с. 12].

Оценка эффективности мер по охране: Исследования проводятся для оценки эффективности уже принятых мер по охране Каспийского моря. Например, исследование оценило результаты введения ограничений на промысел осетра и других ценных рыбных видов. Результаты исследования показали положительную динамику восстановления популяций некоторых видов и их важность для поддержания экосистемы моря. Это исследование обеспечило научные основы для продолжения и усиления мер по охране и восстановлению рыбных ресурсов в Каспийском море [3, с. 500].

Одной из ключевых проблем, исследуемых в экологии Каспийского моря, является загрязнение нефтепродуктами. Ученые проводят обширные исследования, чтобы оценить уровень загрязнения и его последствия для экосистемы. Анализ образцов воды и донных отложений позволяет определить концентрацию нефтепродуктов и выявить источники загрязнения. Эти исследования помогают разработать стратегии по сокращению и предотвращению загрязнения, а также оценить эффективность существующих мер.

Другая важная область исследований – мониторинг и охрана популяции каспийского тюленя. Исследователи изучают численность, миграции, размножение и питание тюленей, чтобы определить их статус и факторы, влияющие на выживаемость популяции. Это позволяет разработать меры по охране и восстановлению этого уязвимого вида, включая создание заповедников, контроль за незаконным промыслом и ограничение строительства на их местах размножения [4, с. 9].

В заключение, экология Каспийского моря является одной из наиболее актуальных проблем в современном мире. Необходимо принимать срочные меры для ее решения, включая комплексные программы по охране окружающей среды, образовательные кампании, улучшение международного сотрудничества и внедрение современных технологий. Только совместными

усилиями мы сможем сохранить экосистему Каспийского моря и обеспечить ее устойчивое развитие для будущих поколений.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Абасов, Р.И. Экологические проблемы Каспийского моря и их влияние на региональное развитие. Экономика региона, 2016, № 3, с. 378-386.
2. Бабичева, Т.Г., Макарова, О.В. Экологические проблемы Каспийского моря и пути их решения. Экология и промышленность России, 2013, № 10, с. 34-39.
3. Захаров, В.Е., Моисеев, А.В., Плеханов, А.С. Состояние и проблемы сохранения биоразнообразия Каспийского моря. Вестник Российской академии наук, 2015, Т. 85, № 6, с. 496-504.
4. Ильин, М.А. Экологические проблемы Каспийского моря и пути их решения. Морской экологический журнал, 2018, № 1, с. 7-16.
5. Ковалева, О.А., Маркова, И.Ю., Климова, О.Г. Экологическое состояние Каспийского моря и проблемы его сохранения. Вестник Московского университета. Серия 5: География, 2019, № 3, с. 53-60.
6. Куц, Л.С., Лукьянова, Ю.В. Экологические проблемы Каспийского моря и меры их решения. Экология и промышленность России, 2017, № 3, с. 10-16.
7. Муртазин, Р.А., Шаповалов, М.И. Экологические проблемы Каспийского моря и меры их решения. Проблемы экологии и природопользования, 2014, № 2, с. 49-54.
8. Семенов, А.В., Костырев, В.А. Экологические проблемы Каспийского моря и меры их решения. Вестник Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, серия 5: География, 2012, № 6, с. 70-77.

ECOLOGY OF THE CASPIAN SEA

Magomedov A.M., Musinova E.M., Omarova P.A., Komarova N.Kh., Mutuev S.U.

This article is devoted to the environmental problems of the Caspian Sea and the measures that need to be taken to solve them. The article discusses the main problems, such as pollution of seawater and the seabed, reduction of biodiversity and degradation of coastal zones, and also suggests specific measures to combat them. This includes comprehensive environmental protection programs, educational campaigns, improved international cooperation and the introduction of modern technologies. The paper emphasizes the need for joint efforts to preserve the ecosystem of the Caspian Sea and ensure its sustainable development. The analysis of literature and official reports on the ecological state of the Caspian Sea was used in this work. Analytical work was also carried out to identify problems and measures that can be taken to solve these problems. Aspects of the study of the Ecology of the Caspian Sea and water quality are noted. The article observes the main problems identified in the studies of the Caspian Sea. Measures that can be taken to solve problems related to the ecological state of the Caspian Sea were also considered. Studies of the discovery of the unique ecological characteristics of the Caspian Sea and its role in preserving the migration routes of many fish species are noted.

Keywords: Ecology, Caspian Sea, pollution, biodiversity, coastal zones, comprehensive programs, international cooperation, eco-friendly technologies, renewable energy sources, education, awareness, sustainable development.

Сведения об авторах:

Магомедов Абдурахман Маллаевич

доктор биол. наук, профессор, зав. кафедрой медицинской биологии
ФГБОУ ВО "Дагестанский государственный медицинский университет"

Министерства здравоохранения Российской Федерации

E-mail: abdurahman57@mail.ru

Мусинова Эльмира Мугудиновна

канд. биол. наук, доцент кафедры медицинской биологии
ФГБОУ ВО "Дагестанский государственный медицинский университет"
Министерства здравоохранения Российской Федерации

E-mail: elmira.musinova@mail.ru

Омарова Патимат Абдулаевна

канд. биол. наук, доцент кафедры медицинской биологии
ФГБОУ ВО "Дагестанский государственный медицинский университет"
Министерства здравоохранения Российской Федерации

E-mail: patimattt.omarova2015@gmail.com

Омарова Наира Хабибулаевна

асс. кафедры эндокринологии
ФГБОУ ВО "Дагестанский государственный медицинский университет"
Министерства здравоохранения Российской Федерации

E-mail: endocrin13@mail.ru

Мутуев Саид Узайриевич

курсант КИМРТ им ген-адм. Ф.М. Апраксина филиал ФГБОУ ВО ВГУВТ
ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

E-mail: mutuev@gmail.com

УДК 504

DOI 10.58551/20728158_2023_6_22

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ НАПРАВЛЕНИЯ УТИЛИЗАЦИИ И ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ РАЗЛИЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Разборская С. К., Полянский П. С., Виссарионова Е. А.,
Попов В. Г.

В настоящее время большая часть образуемых в России органических отходов отправляется на объекты захоронения. В связи с этим происходит безвозвратная потеря биомассы как производственного сырья, повышаются экологические риски и затраты на эксплуатацию полигонов.

Во избежание экономических потерь и возникновения экологических угроз разработано множество технологий, направленных на безопасную утилизацию и обезвреживание органических отходов. В зависимости от происхождения органических отходов применяются различные способы их переработки. В статье рассмотрены источники образования органических отходов, проанализированы данные государственной статистики образования и утилизации отходов производства и потребления.

Были описаны методы обращения с органическими отходами в России. Современные технологии утилизации и обезвреживания позволяют использовать органические отходы как сырьевой ресурс, который находит применение в различных отраслях промышленности: органическая масса используется в производстве кормовых добавок для животных, получении органических удобрений, производстве альтернативного топлива.

В заключении были выделены наиболее перспективные технологии утилизации и обезвреживания органических отходов.

Ключевые слова: технология, органические отходы, утилизация, обезвреживание, сельское хозяйство, биогаз.

На сегодняшний день, несмотря на активную государственную политику в области обращения с отходами, в России вопрос экологически безопасной утилизации отходов стоит остро. Ежегодно в Российской Федерации образуется порядка 300 млн тонн органических отходов производства и потребления [3]. Рост объёма образующихся отходов приводит к повышению нагрузки на окружающую среду. Площадь свалок на территории РФ ежегодно увеличивается на 0,4 млн. га. При этом для хранения побочных продуктов животноводства используется более 2 млн. га полезных площадей [4].

Неправильно утилизированные коммунально-бытовые и промышленные органические отходы (в особенности такие отходы сельскохозяйственной промышленности, как птичий помёт и навоз, имеющие III класс опасности) являются источником экологической и эпидемиологической опасности для человека и природы, т.к. негативно воздействуют на подземные воды, почвы и атмосферный воздух.

Также нерациональная организация процесса утилизации органических отходов приводит к экономическим потерям, в т.ч. к росту затрат на строительство и эксплуатацию объектов хранения и захоронения отходов, повышению спроса на первичные ресурсы, которые могли бы быть заменены вторичными.

Применение современных технологий утилизации и обезвреживания органических отходов способствовало бы повышению как экологической безопасности, так и экономической эффективности пищевой промышленности, сельского и лесного хозяйства, производства кожанных изделий и некоторых других отраслей промышленности.

Согласно данным Росприроднадзора, свыше 38,7 млрд тонн отходов производства и потребления накоплено к 2018 году. И около 2 млрд тонн от общей массы накопленных отходов составляют органические [5].

Отходы производства – это вещества, которые были образованы в процессе производства, выполнения работ или оказания услуг и подлежат удалению. Отходы потребления – образованные в процессе потребления вещества, также подлежащие удалению. Исходя из определений выше, органические отходы можно классифицировать по происхождению: органические отходы производства (промышленные) и отходы потребления (коммунально-бытовые).

С точки зрения переработки органические отходы можно подразделить на: органические неразлагающиеся (содержат стойкие органические загрязнители, например, пестициды), органические разлагающиеся (большая доля органических отходов) и смешанные.

В зависимости от отрасли промышленности, генерирующей органические отходы, их можно подразделить на следующие виды:

- Коммунально-бытовые: пищевые отходы в составе ТКО, осадки очистных сооружений и шламы, полученные в результате очистки хозяйственно-бытовых сточных вод;
- Промышленные отходы обрабатывающих производств (кожевенного производства, пищевых производств, производства напитков и др.);
- Промышленные отходы сельского и лесного хозяйств, рыбоводства [2, 7].

За 2021 г. на территории РФ различными отраслями промышленности было образовано порядка 271 млн тонн органических отходов (рис. 1).

Из анализа соотношения объемов образования органических отходов различными отраслями можно заключить, что самый значительный вклад вносят три отрасли: пищевая промышленность; сельское и лесное хозяйство, рыбоводство; водоснабжение, водоотведение и работа с отходами (рис.2) [7].

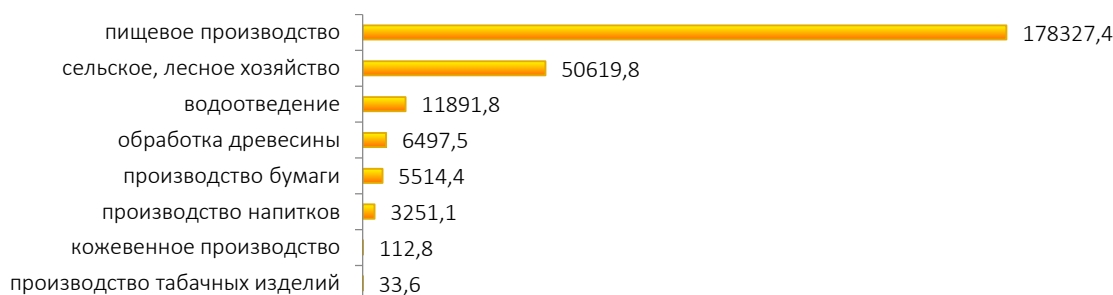


Рисунок 1. Образование органических отходов по отраслям промышленности в РФ в 2021 году, млн. тонн [7]

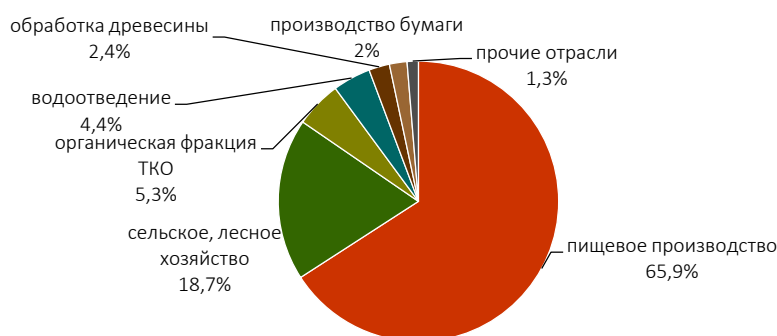


Рисунок 2. Структура органических отходов производства и потребления в РФ в 2021 году по отраслям [7]

Одной из первостепенных государственных задач в сфере охраны окружающей среды и развития экономики должна стать организация технологического процесса утилизации отходов таким образом, чтобы снизить влияние отходов на среду и вовлечь полезные фракции в производство, преобразовав отходы таким образом во вторичный ресурс.

В настоящее время, основными методами обращения с органическими отходами в России являются:

- размещение отходов в местах хранения и захоронения;
- утилизация – использование отходов для выполнения работ и/или производства продукции, благодаря разным технологическим методам);
- обезвреживание отходов, т.е. уменьшение их массы и состава, а также физических и химических свойств отходов.

Согласно данным, приведенным в Государственном докладе о состоянии и об охране окружающей среды РФ, в 2021 году, к отраслям, лидирующим по показателю доли утилизации и обезвреживания органических отходов, относятся: водоотведение, производство бумаги, обработка древесины и сельское и лесное хозяйство (рис. 3). В целом показатель утилизации и обезвреживания отходов для обрабатывающих производств составляет 40,7%.

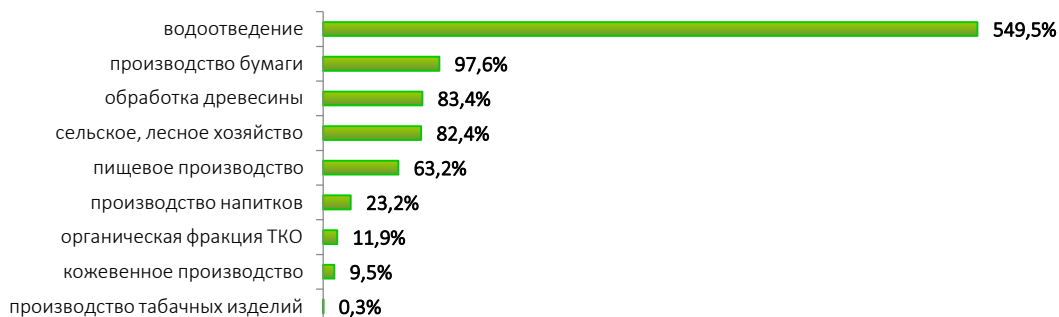


Рисунок 3. Доля утилизированных и обезвреженных отходов от массы образованных отраслью отходов в РФ в 2021 г. [7]

Таким образом, в среднем более половины образованных органических отходов захоронятся (рис. 3). Данные 2021 г. показывают, что на данный момент захоронение – наиболее распространённый метод обращения с отходами в России. Несмотря на простоту и незначительные затраты (по сравнению с другими методами обращения), захоронение неэффективно с точки зрения использования вторичных энергетических ресурсов. Как отмечалось ранее, объекты захоронения создают экологические угрозы для человека, животных и растений.

Следующими по распространённости в России методами обращения с органическими отходами являются утилизация и обезвреживание, для которых современная наука представляет широкий спектр технологий в виду перспективности использования биомассы различного происхождения в качестве источника ценных органических соединений, которые могут быть потеряны при захоронении отходов.

К технологическим приёмам утилизации, применяемым к органическим отходам, относятся рекуперация, регенерация и энергетическая утилизация. Рекуперация – это извлечение полезных компонентов с целью их повторного применения. Под регенерацией подразумевают возврат отходов в производственный цикл после соответствующей подготовки. Энергетической утилизацией называют использование органических отходов (в т.ч. органической фракции ТКО) в качестве возобновляемого источника энергии (рис. 4).



Рисунок 4. Основные технологии регенерации, рекуперации и энергетической утилизации органических отходов [5, 6, 8]

В настоящее время для утилизации отходов сельского хозяйства, а точнее животноводства и птицеводства, применяются метод экструзии и вакуумной сушки. Применяемая в некоторых странах мира, в т.ч. и в России, технология экструзии заключается в переработке сухого птичьего помёта и навоза крупного рогатого скота (КРС) в стерильный, стабилизированный корм благодаря гидро-, термо-, химической и механической обработке сырья.

Для утилизации многолетних накоплений пометных стоков на птицефабриках применяют вакуумную сушку. Данный технологический процесс заключается в многостадийной обработке жидкого птичьего помета, в результате которой получается высококачественное органическое удобрение в виде сухого порошка.

Органические отходы, образующиеся в кожевенной промышленности, также используют для производства удобрения, кормовые добавки для скота. Помимо этого из органического сырья изготавливают белковый гидролизат и искусственные материалы на базе кожевенных волокон [8].

К способам термической утилизации органических отходов относятся сжигание, пиролиз и плазменная газификация. Технология прямого сжигания органических отходов (преимущественно сухих, в т.ч. и органической фракции ТКО) предусматривает производство электроэнергии. Конечным продуктом пиролиза может быть уголь или бионефть. А результатом плазмохимической технологии являются произведённая электроэнергия и метан, водород.

В качестве твердого биотоплива при плазменной газификации выступают жидкие отходы крупных животноводческих комплексов (навоз КРС, свиней, птичий помёт), также отходы сахарного производства. Эту технологию можно назвать методом и энергетической утилизации, и методом термического обеззараживания, т.к. газификация позволяет получить беспримесное топливо и сократить объем отходов.

В России также нашла применение технология энергетической утилизации, заключающаяся в переработке помета с подстилкой в пеллеты –цилиндрические гранулы, используемые в качестве биотоплива [5].

Также к методам энергетической утилизации относятся технология ферментации (прямая биоконверсия) и технология сбраживания (анаэробный метод биоконверсии). Ферментацией называют использование микроорганизмов дрожжевого типа для получения топлива, как правило, этанола и других углеводов. Данная технология позволяет перерабатывать практически все существующие виды органических отходов (в т.ч. отходы от зернового и сахарного производства, целлюлозно-бумажной и деревообрабатывающей промышленности).

Анаэробное сбраживание реализуется с применением биогазовых установок (БГУ) и переработкой сточных вод, отходов животноводства и птицеводства, растениеводства. В основу работы БГУ заложены процессы сбраживания и разложения органических веществ под воздействием метанобразующих бактерий, которые вырабатывают метан и водород. Произведённый биогаз собирают и используют для выработки электроэнергии, водород, который может служить альтернативным топливом [9].

Среди наиболее эффективных технологий регенерации можно выделить следующие: вермикюльтивирование, использование личинок мух, силосование.

Субстрат для вермикюльтивирования представляет собой смесь навоза или птичьего помета с такими целлюлозосодержащими компонентами, как отходы переработки маслянистых, зерновых культур, измельченная солома и нехвойные опилки. При приготовлении субстрата для личинок домашней мухи также используют отходы свиноводства и птицеводства.

Результатом переработки субстрата дождевыми червями или личинками мухи является высокоэффективное экологически чистое удобрение.

Силосование нашло широкое применение и заключается в биологическом консервировании кормовых растений. Изготавливается силос отходов растениеводства (растительных компонентов сельскохозяйственных культур: стеблей, кормовой капусты и др. культурных растений).

Среди технологий обезвреживания органических отходов следует выделить компостирование, рассмотренную ранее плазмохимическую технологию и биотермическую яму – сооружение для обезвреживания трупов животных (кроме погибших от сибирской язвы). В результате разложения трупов образуется однородный компост без запаха (рис. 5).



Рисунок 5. Основные технологии обезвреживания органических отходов [4]

В технологический процесс компостирования вовлекаются органические отходы различных производств: отходы растениеводства и животноводства, отходы производства пищевых продуктов и активный ил. Результатом процесса компостирования являются переработанные в органоминеральное удобрение отходы. При этом в составе таких удобрений нет семян сорных растений, личинок гельминтов и патогенной микрофлоры благодаря обеззараживанию [10].

В зависимости от происхождения, агрегатного состояния и энергоёмкости органических отходов применяются биотехнологии, включающие в себя комбинацию различных факторов воздействия органическую массу (рис. 6) [3].

Таким образом, к наиболее перспективным технологическим направлениям утилизации и обезвреживания органических отходов в Российской Федерации можно отнести биоконверсию органических отходов в энергоносители (спирты, биогаз и т.д.), компостирование, плазменную газификацию, производство кормов для животных и органоминеральных удобрений путём переработки отходов кожевенной промышленности и животноводства, вермикюльтивирование. Перечисленные методы способны не только решить проблемы экологически опасных методов обращения с органическими отходами, но и рационально использовать отходы как ресурс ценных органических соединений.

Отходы животноводства (навоз, птичий помёт и подстилка)	<ul style="list-style-type: none"> • компостирование, вермикюльтивирование, метановое сбраживание в анаэробных реакторах, переработка в кормовые добавки, получение органоминеральных удобрений
Растительные отходы	<ul style="list-style-type: none"> • вермикомпостирование, компостирование, выращивание грибов, силосование, метановое сбраживание, ферментация, получение белка одноклеточных организмов, делигнификация
Твердые белок- и жиросодержащие отходы, осадочные дрожжи (отходы кожевенного и пищевого производства)	<ul style="list-style-type: none"> • получение пищевых и кормовых добавок, продуктов микробиологической переработки, метановое сбраживание, получение органоминеральных удобрений
Осадки и активный ил очистных сооружений	<ul style="list-style-type: none"> • метановое сбраживание в метатенках и септитенках, компостирование и вермикюльтивирование, аэробная стабилизация, выдерживание на иловых площадках, получение органоминеральных удобрений
Органическая фракция ТКО и отходы пищевых производств	<ul style="list-style-type: none"> • захоронение на санитарных полигонах и полигонах-биореакторах, компостирование и вермикюльтивирование, метановое сбраживание

Рисунок 6. Основные биотехнологические способы утилизации и обезвреживания органических отходов [1, 4]

БИБЛИОГРАФИЯ

- 1 Биотехнология и микробиология анаэробной переработки органических коммунальных отходов. М., 2016.
- 2 Говорушко С.М. Энергия биомассы: направления использования и экологические проблемы // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» 2011. №4 (96). С. 73 – 76.
- 3 Ковшов С.В., Седова А.А. Биосистемы переработки органических отходов // Безопасность жизнедеятельности. 2012. № 4 (136). С. 16 – 19
- 4 Миронов В.В. Экобиотехнологии переработки органических отходов // Техника и технологии в животноводстве. 2018. №1 (29). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekobiotehnologii-pererabotki-organicheskikh-otvodov> (дата обращения: 23.02.2022).
- 5 Миронов С.Ю., Протасова М.В., Проценко Е.П., Балабина Н.А., Лукьянчикова О.В. Технологические направления по переработке органических отходов // Auditorium. 2017. №1 (13). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologicheskie-napravleniya-po-pererabotke-organicheskikh-otvodov> (дата обращения: 08.12.2021).
- 6 Неклюдов А.Д., Иванкин А.Н. Экологические основы производств. Взаимосвязь экологии, химии и биотехнологии. М.: МГУЛ, 2003. 365 с.
- 7 Федеральная служба государственной статистики (Росстат) [электронный ресурс]. – Электрон. дан. – 2021. – Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/folder/11194/>. – Загл. с экрана.
- 8 Шестов А.В. Технологии переработки отходов кожевенного производства // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. 2016. №8 (18). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologii-pererabotki-otvodov-kozhevennogo-proizvodstva> (дата обращения: 22.03.2022).
- 9 Эдер Б., Шульц Х. Биогазовые установки: пер. с нем. 2008. Германия: «Zorg Biogas», 2008. 268 с.
- 10 Ягодин Б.А., Жуков Ю.П., Кобзаренко В.И. Агрехимия. М.: Мир, 2004. 584 с.

**TECHNOLOGICAL DIRECTIONS OF DISPOSAL AND DECONTAMINATION
OF ORGANIC WASTE OF DIFFERENT ORIGIN****Razborskaya S.K., Polyanskiy P.S., Vissarionova E.A., Popov V.G.**

Currently, most of organic waste is sent to disposal facilities in Russia. In this regard, irreversible losses of biomass as raw material are observed, and environmental risks and landfill operating costs increase.

Many technologies have been developed for safe organic waste disposal and decontamination in order to avoid economic losses and emerging environmental threats. Different ways of waste recycling are used depending on the origin of organic waste. The article considers the sources of organic waste generation, analyzes the data of state statistics on the formation and disposal of consumer and industrial waste.

Methods of organic waste management in Russia were described. Modern disposal and decontamination technologies make it possible to use organic waste as a raw material, which is needed in various industries. For example, organic mass is used for producing animal feed additives, organic fertilizers, alternative fuels.

In the conclusion, the most promising technologies for organic waste disposal and decontamination were examined in this work.

Keywords: technology, organic waste, disposal, decontamination, agriculture, biogas.

Сведения об авторах:**Разборская София Казимировна**

ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта (МИИТ)», магистр

E-mail: sofya.razborskaya@gmail.com**Полянский Павел Станиславович**

ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта (МИИТ)», магистр

E-mail: pavel926724@mail.ru**Виссарионова Екатерина Александровна**

ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта (МИИТ)», бакалавр

E-mail: vissarionovakatherine@gmail.com**Попов Владимир Георгиевич**

ФГАОУ ВО «Российский университета транспорта (МИИТ)»

Заведующий кафедрой «Химия и инженерная экология»,

доктор технических наук

E-mail: vpopov_mii@mail.ru

**ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ
ХИМИЧЕСКИХ
ТЕХНОЛОГИЙ
(ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ)**

УДК 665.6

DOI 10.58551/20728158_2023_6_30

МАЛОГАБАРИТНЫЕ РЕГЕНЕРАЦИОННЫЕ УСТАНОВКИ: СБОР И УТИЛИЗАЦИЯ ОТРАБОТАННЫХ МАСЕЛ НА ПРОИЗВОДСТВАХ

Бондаренко А. А., Трухачев Д. А., Маслов И. Н.

Целью данной статьи является рассмотрение вопроса применения малогабаритных регенерационных установок для сбора и утилизации отработанных масел на производствах с целью уменьшения пагубного воздействия неправильно утилизированных отработанных масел на окружающую среду, а также уменьшения экономических затрат предприятия на их переработку. В качестве методики исследования были использованы сбор и анализ литературных источников, исследований и статистических данных в этой области.

Ключевые слова: *малогабаритные регенерационные установки, утилизация, производственные масла.*

На сегодняшний день использованные масла, полученные из нефти, представляют собой значительный источник загрязнения окружающей среды. Объем сброса этих материалов на землю и в водные ресурсы превышает объем выбросов и потерь нефтепродуктов при всех этапах их добычи, перевозки и переработки. Проблема утилизации отработанных масел актуальна по всему миру. В России до 75% всех производственных масел незаконно сбрасывается на почву и в водоемы, и только 20-25% – собирается, из которых только 14-15% идет на регенерацию, а оставшаяся часть используется как топливо или сжигаются. А в Северной Америке, например, за 2018 год было принято к утилизации 800 миллионов галлонов масла. При этом, по данным Environmental Protection Agency, лишь 10% от общего объема масел было утилизировано в соответствии с правилами и нормами, устанавливаемыми компетентными органами [1].

Согласно ГОСТу 21046-2015 «Нефтепродукты отработанные. Общие технические условия», который регламентирует группу и порядок использования отработанных масел, их можно классифицировать на несколько видов:

- моторные: универсальные, карбюраторные, дизельные, для авиационных поршневых двигателей,
- индустриальные: трансмиссионные, индустриальные, газотурбинные и турбинные, трансформаторные, компрессорные, гидравлические, антикоррозионные, электроизоляционные,
- смеси отработанных нефтепродуктов: промывочные жидкости, использованные при термической обработке металлов, цилиндрические, для прокатных станков, специальные жидкости (охлаждающие, тормозные) и т.д.

В процессе эксплуатации масла постоянно взаимодействуют с металлическими поверхностями. На них также воздействуют окружающая среда, температура, давление, электрическое поле и естественный свет, что со временем приводит к изменению их свойств. Масла подвергаются различным процессам, включая окисление, полимеризацию и конденсацию углеводородов, образование нагара, разжижение или загрязнение другими веществами. Весь этот сложный процесс изменения физико-химических свойств масла называется его старением [2]. Но даже у такой загрязненной суспензии есть возможность вернуться в обиход благодаря грамотной высокотехнологичной обработке. Восстановление

первоначальных потребительских свойств отработанных нефтяных масел является наиболее эффективным способом их вторичного использования. Это делает возможным применение масла по прямому назначению и является одним из реальных источников пополнения масляных ресурсов и эффективный способ экономии средств [3]. Сбор и утилизация отработанного масла – актуальный и рентабельный для общества вопрос. Если правильно организовать переработку отходов, из них можно получить качественное вторичное сырье. Стоимость восстановленных масел будет на 40-70% ниже свежих масел.

Современные производители предлагают к использованию малогабаритные регенерационные установки. Они позволяют производить регенерацию отработанных масел в местах их потребления. Их применение на производстве обеспечивает процесс совмещения сбора и утилизации масел, что повышает их эффективность и экономичность. В частности, такие установки позволяют очищать масло от загрязняющих частиц, связанных, например, с образованием нерастворимых соединений, коррозией или окислением масла, а также удалять разнообразные примеси.

Итак, малогабаритные регенерационные установки предназначены для восстановления свойств отработанных масел и их повторного использования. Они состоят из нескольких стадий: предварительной очистки, промывки, декантации и фильтрации. В ходе этих процессов происходит удаление загрязнений и различных примесей, что позволяет улучшить качество масла и продлить его срок эксплуатации.

В процессе регенерации отработанных масел получают 2-3 фракции базовых масел, которые после компаундирования и добавления присадок могут быть использованы для производства моторных, трансмиссионных, гидравлических, СОЖ и пластичных смазок. Средний выход регенерированного масла составляет от 70 до 85%, в зависимости от выбранного метода регенерации, содержащее примерно 2-4% твердых загрязняющих примесей и до 10% топлива [4,5].

Процесс регенерации проходит через несколько этапов, каждый из которых важен для достижения желаемого результата:

- 1) Очищение отработанных масел от твердых частиц;
- 2) Обезвоживание;
- 3) Удаление легкокипящих фракций и продуктов изменения углеводородов;
- 4) Введение легирующих присадок на последнем этапе.

И только после прохождения всех этих этапов можно говорить о полной регенерации масла.



Рисунок 1. Стадии процесса регенерации отработанных технических масел

Существует возможность исключения отдельных этапов, их сочетания или изменения порядка выполнения в зависимости от индивидуальных свойств масла и специфики выбранных технологических процессов [6].

Но несмотря на все преимущества малогабаритных регенерационных установок, их создание представляет определенные сложности.

Для удовлетворения требований регенерационных установок необходимо:

- обеспечить компактность и легкость, чтобы быстро доставлять на места потребления масел;
- создать универсальную систему, которая способна регенерировать масла различных сортов и марок без изменения технологического процесса;
- убедиться, что система не имеет сложных узлов и агрегатов, которые требуют высокой квалификации обслуживающего персонала и значительных затрат на обслуживание и ремонт;
- исключить использование вредных, токсичных или ядовитых веществ при проведении технологических операций и предотвратить их образование. [7].

В существующих регенерационных установках применяются физический, физико-химический и химический методы регенерации отработанных масел, которые при применении в различных сочетаниях дают возможность регенерировать масла нескольких марок и различной степени отработанности [8]. Физические методы основаны на применении фильтрации и центрифугирования. Они позволяют удалить механические примеси, включая сажу и металлические частицы, но не справляются с удалением более сложных загрязнений, таких как биопродукты или кислоты. Физико-химические методы основаны на применении химических присадок и добавок, которые способствуют удалению загрязнений. Обычно используются магнезит, кислоты, щелочи, а также химические реагенты для удаления воды и других загрязнений. Химические же методы используются для удаления более сложных загрязнений, таких как кислоты и смолы. Химические реагенты используются для разложения загрязнений на молекулярном уровне, после чего проводится обработка масла фильтрацией и очисткой.

Для восстановления использованных масел в некоторых случаях применяется метод смешивания с сырой нефтью, а затем переработки получаемой смеси по технологической схеме. Этот метод достаточно прост, однако высокое содержание присадок и зольности в масле может негативно повлиять на работоспособность технического оборудования. В связи с чем его применение ограничено до 1% от общего объема сырой нефти. При массовом восстановлении, когда смешиваются масла разных брендов, необходимо удалять все виды присадок, даже если они еще не исчерпались полностью [9].

Рассмотрим эффективность существующих методов регенерации отработанного масла (табл. 1).

Таблица 1.

Эффективность существующих методов регенерации отработанного масла

Наименование метода регенерации	Принцип работы	Эффективность очистки		Экономическая выгода
		От воды	От механических примесей	
Отстаивание	Базируется на естественном осаждении механических примесей и воды, находящихся во взвешенном состоянии, при спокойном стоянии масла.	Удаляет частично	Удаляет частично	Имеется
Фильтрация	Удаления частиц, механических примесей и смолистых соединений путем пропускания масла через сетчатые или пористые перегородки фильтров.	Не удаляет	Удаляет частично	Имеется
Центробежная	Основано на разделении	Удаляет	Удаляет	Имеется

Наименование метода регенерации	Принцип работы	Эффективность очистки		Экономическая выгода
		От воды	От механических примесей	
сепарация	различных фракций неоднородных смесей под действием центробежной силы.	частично		
Вакуумирование	Основано на вакуумной обработке масла в специальной герметичной камере с целью снижения содержания влаги.	Удаляет	Не удаляет	Не имеется
Электрофизическая очистка	Основано очистки механических примесей под воздействием электромагнитного поля и высокого напряжения.	Не удаляет	Удаляет	Имеется
Адсорбционная очистка	Удерживание загрязняющие масло продукты на наружной поверхности гранул и на внутренней поверхности пронизывающих гранулы капилляров.	Удаляет	Не удаляет	Имеется

Однако все эти процессы требуют сложного оборудования и высокой квалификации персонала для их реализации, что делает их экономически разумным исключительно для больших предприятий, которые могут собирать необходимое количество сырья – от 30 до 40 тысяч тонн в год [10].

При работе же на небольших нефтебазах наиболее эффективным и целесообразным является использование только физических методов очистки масла: отстаивание, центрифугирование и фильтрация. В результате такой обработки получают масла низкого качества, которые можно применять для смазки узлов трения в строительных и других типах оборудования [11].

В ходе регенерации загрязненных моторных масел можно получить консервационные материалы, защищающие металлоконструкции и технику от коррозии. В данном случае отходы отличаются большим содержанием асфальто-смолистых соединений. Это дает им преимущество в защитном эффекте по сравнению с регенерированными и свежими моторными маслами. Асфальто-смолистые соединения способствуют образованию полимолекулярной пленки на металлической поверхности, обладающей большой адгезией. Показатель их эффективности достигает 97%. Для повышения защитных свойств в отработанные масла добавляют вещества, повышающие антикоррозионный эффект. Специальное производство асфальто-смолистых соединений для защиты техники и металлических поверхностей – сложный экономически невыгодный технологический процесс. Но получить продукт можно гораздо проще и дешевле. Для этого достаточно очистить отработанные моторные масла с помощью карбамида – коагулирующего агента.

Одним из примеров успешного применения малогабаритных регенерационных установок является экспериментальный проект, проведенный на производстве ОАО "Татнефть" в 2015 году. Проект показал, что использование малогабаритной установки помогает снизить расходы на закупку новых масел. Утилизация отработанных нефтепродуктов, в том числе моторных масел, в ОАО «Татнефть» ведётся на специализированном предприятии ООО «Вторнефтепродукт». Здесь отработанные масла очищаются на установке фирмы «Клэкер» (ФРГ). Очищенные по этой технологии масла соответствуют техническим

требованиям, предъявляемым к маслам для смазки нефтепромыслового и другого оборудования. Установка позволяет за год перерабатывать более 4,8 тысяч тонн отработанных масел, выход очищенных масел составляет 75%. Отходы данного производства отправляются в ООО «Промышленная экология» на глубокую переработку. Таким образом, кроме экологического, Компания получает и экономический эффект, т.к. очищенные и восстановленные масла в 2-3 раза дешевле товарных масел [12].

Подводя итог следует отметить, что малогабаритные регенерационные установки являются важной составляющей производства и обработки материалов. Имея одним из главных своих преимуществ компактность, они не занимают больших площадей и могут быть установлены на производстве практически в любом месте. Благодаря этому, утилизация отработанных масел с помощью таких установок может быть осуществлена на самом производстве, что значительно экономит время и снижает затраты на транспортировку масел. Кроме того, использование малогабаритных регенерационных установок позволяет сократить затраты на закупку новых масел, так как их можно повторно использовать после регенерации. Всё это позволяет экономить на приобретении новых масел и снизить затраты на утилизацию отработанных масел. Благодаря данным установкам производства имеют возможность не только уменьшить нагрузку на окружающую среду путем утилизации отработанных масел, но и экономить ресурсы предприятий. В связи с этим, следует рассмотреть вопрос внедрения подобных установок на производствах, с целью оптимизации технологических процессов и уменьшения негативного влияния на окружающую среду.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Малахов, В. А., Литвиненко, Н. Ю. научная статья по специальности «Химические технологии» / В. А. Малахов, Н. Ю. Литвиненко – Текст: электронный // Мобильное модульное оборудование для комплексной переработки отработанных смазочных материалов карьерного автотранспорта – 2009 – С.438 – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mobilnoe-modulnoe-oborudovanie-dlya-kompleksnoy-pererabotki-otrabotannyh-smazochnyh-materialov-kariernogo-avtotransporta/viewer>.
2. Маколова Л. В., научная статья по специальности «Прочие сельскохозяйственные науки» – Текст: электронный // Экологические предпосылки необходимости восстановления и повторного использования отработанных автотракторных масел – 2011 – С.61 – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskie-predposylki-neobhodimosti-vozstanovleniya-i-povtornogo-ispolzovaniya-otrabotannyh-avtotraktornyh-masel/viewer>.
3. Гусев, С. С., Боярский, В. Н. научная статья по специальности «Химические технологии» / С. С. Гусев, В. Н. Боярский – Текст: электронный // Регенерация отработанных моторных и гидравлических масел при эксплуатации автотранспортной и сельскохозяйственной техники – 2003 – С.76 – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/regeneratsiya-otrabotannyh-motornyh-i-gidravlicheskih-masel-pri-ekspluatatsii-avtotransportnoy-i-selskohozyaystvennoy-tehniki/viewer>.
4. Власов, П. А. Теоретическое обоснование терморегулирования рабочей жидкости в гидросистеме [Текст] / П. А. Власов, Е. Г. Рылякин // Нива Поволжья. – 2008. – № 1(6). – С.25–29.
5. Шашкин, П. И. Регенерация отработанных нефтяных масел [Текст] / П. И. Шашкин, И. В. Брай. – М.: Химия, 1970. – 301 с.
6. Чупрова, Л. В. Химико-технологические аспекты процесса регенерации нефтеотходов / Л. В. Чупрова, Э. Р. Муллина, О. В. Ершова, Н. И. Родионова. – Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2013. – № 6 (53). – С. 235-237. – URL: <https://moluch.ru/archive/53/7172/>.
7. Studwood.net – Студвуд: сайт – Москва – URL: https://studwood.net/1819821/tovarovedenie/malogabaritnye_regeneratsionnye_ustanovki.
8. Э-Хим // Установки для регенерации масел комбинированными методами. – URL: <https://e-him.ru/?page=dynamic§ion=61&article=1102>.

9. Studref.net – Студреф: сайт – Москва – URL: https://studref.com/527265/tehnika/utilizatsiya_regeneratsiya_otrabotavshih_masel.
10. Вопросы и ответы. Химмотология // Химия и технология топлив и масел. -1993,-№2. С. 26.
11. Химия и технология топлив и масел. 1988. – №2. С. 26;
12. RusCable.ru – РусКабель: сайт – Москва – URL: https://www.ruscable.ru/news/2015/01/21/Tatnefty_naladila_sistemu_pererabotki_svoix_otxodo/.

SMALL-SIZED REGENERATION PLANTS: COLLECTION AND DISPOSAL OF WASTE OILS IN PRODUCTION

Bondarenko A.A., Trukhachev D.A., Maslov I.N.

The purpose of this article is to consider the use of small-sized regeneration plants for the collection and disposal of waste oils in production facilities in order to reduce the harmful effects of improperly disposed of waste oils on the environment, as well as to reduce the economic costs of the enterprise for their processing. As a research methodology, the collection and analysis of literary sources, research and statistical data in this area were used.

Keywords: small-sized regeneration plants, recycling, production oils.

Сведения об авторах:

Бондаренко Альбина Альбертовна

Студентка кафедры инженерной экологии и безопасности труда,
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»
E-mail: qwerty220220044@mail.ru

Трухачев Дмитрий Александрович

Студент кафедры инженерной экологии и безопасности труда,
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»
E-mail: dimasik34500@gmail.com

Маслов Игорь Николаевич

Кандидат технических наук 11.00.11, доцент машиновед, технологии и стандарт,
ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»
E-mail: ig-mas@mail.ru

УДК 682.132

DOI 10.58551/20728158_2023_6_36

ДЕМИНЕРАЛИЗАЦИЯ ЗАСОЛЕННОЙ ОБОРОТНОЙ ВОДЫ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ ВЫМОРАЖИВАНИЕМ

Булгаков С. В., Садыкова А. В.

В настоящее время предприятия нефтепереработки продолжают активный поиск способов очистки и повторного использования технологических вод. Ситуация такова, что наиболее загрязненными являются сточные воды после установок электрообессоливания нефти. В работе обозначены основные технологии улучшения качества питьевой и промышленной воды и предлагается рассмотреть устройство для деминерализации сточных вод методом низкотемпературного вымораживания. В основе данной технологии лежит способность воды при замораживании в первую очередь образовывать кристаллы льда с минимальным содержанием примесей. Для реализации данной технологии засоленные сточные воды нефтепереработки предлагается очищать в генераторе талой питьевой воды – техническом устройстве оригинальной конструкции, описание и особенности действия которого представлены в статье.

Использование предлагаемого технического решения позволит увеличить эффективность повторного использования сточных вод, что в целом благоприятно скажется на снижении общего водопотребления предприятий нефтепереработки, и не только, не говоря уже о экологической эффективности предлагаемого технического решения.

Ключевые слова: нефтепереработка, оборотная вода, минеральные соли, вымораживание, примеси, водоочиститель.

Сегодня в нефтепереработке достигнут значительный уровень повторного использования воды во всех технологических операциях и в первую очередь в теплообменных процессах, где вода является наиболее дешевым хладагентом. С другой стороны, в товарной нефти согласно ГОСТ Р 51858-2020 «Нефть. Технические условия», допускается определенное содержание воды и минеральных солей, ускоряющих коррозионное разрушение емкостного, колонного, конденсационно-холодильного и др. оборудования [1, 2]. По этой причине поступающая на переработку нефть проходит водно-реагентную обработку на установках электрообессоливания (ЭЛОУ). Расход промывной воды определяется степенью подготовки поступающего сырья и мощностью блока ЭЛОУ. В среднем количество промывной воды может достигать до 5-6% мас. на обессоливаемую нефть. Например, на одном из НПЗ для обеспечения работы блока ЭЛОУ-АВТ-2 по регламенту требуется не менее 5,5 м³ промывной воды/час, которая постепенно выводится из оборота (2 млн. т нефти/год, 8 тыс. расчетных часов). Качество засоленных сточных вод другого НПЗ приведено в табл. 1 [3, 4].

Таблица 1

Качество сточных вод 2-й оборотной системы НПЗ после нефтеловушек

Показатель	Величина	
	нормирование	фактически
Сумма солей, мг/л	до 1000	750
Соединения хлора, мг/л	до 500	800
Соединения железа, мг/л	до 1,5	3,8
рН среды	6,5-8,5	8,9
Взвешенные вещества, мг/л	до 200	-

Показатель	Величина	
	нормирование	фактически
Нефтепродукты, мг/л	до 150	46,5

Можно видеть, что засоленные сточные воды нефтепереработки несут в себе в основном хлориды (и сульфаты) кальция и магния. Находясь в обороте такая вода постепенно засоляется, что приводит к повышению концентрации солей в уже промытой нефти выше 4 мг/дм^3 . Такое сырьё повышает зольность темных нефтепродуктов, нефтяных пеков и кокса, приводит к образованию соляных осадков и забиванию аппаратуры, вызывает повышенную коррозию оборудования, отравление катализаторов и др. проблемы, что в итоге снижает межремонтный пробег технологического оборудования (колонных аппаратов, емкостей, трубопроводов и пр.) до одного года и менее. Для повышения эффективности повторного использования такой воды необходимо снижение уровня её минерализации, например, по типу опреснения морской воды.

Для деминерализации используемой воды промышленность располагает рядом достаточно эффективных технологий, например, реализованных в опреснительных установках питьевой воды, в энергетике (для подготовки котловой воды), в сфере тонкой очистки химических веществ, в пищевой промышленности, получении медицинских препаратов и т. д. Сегодня на пике технического развития находятся мембранные технологии, что однако совсем не исключает такую «классику», как выпаривание, ионный обмен, электродиализ и пр. [5-8]. Так, «Ведомственные указания по технологическому проектированию производственного водоснабжения, канализации и очистки сточных вод предприятий нефтеперерабатывающей промышленности» предусматривают обязательное термическое обезвреживание засоленных сточных вод нефтепереработки (под вакуумом или при избыточном давлении) [3].

Каждый способ имеет свои положительные и отрицательные моменты и занимает определенную производственную нишу. В связи с этим определенный интерес представляет обессоливание воды с помощью низких температур [9-11]. В основе данной технологии лежит способность воды при замораживании в первую очередь образовывать кристаллы льда с минимальным содержанием примесей. Незамёрзшая часть воды по мере намораживания слоя льда обогащается взвешенными и растворенными веществами и образует высококонцентрированный рассол. Это явление используют для промышленного криоконцентрирования различных солей и, наиболее эффективно в пищевой промышленности с целью получения концентратов различных продуктов. В последнем случае разделительное вымораживание позволяет в полной мере сохранить исходные полезные свойства пищевых продуктов (витамины, белки, углеводы, вкус, цвет и пр.). Основными препятствиями в этой области находят сложные конструктивные решения, периодичность процессов, повышенную энергозатратность, недостаточную производительность и прочие моменты, ограничивающие использования криотехнологий в сфере концентрирования водных сред [12].

Аппарат для деминерализация оборотной воды

Сегодня известно множество оригинальных решений для низкотемпературной деминерализации воды различного назначения, каждое из которых имеет свои положительные и отрицательные моменты. К рассмотрению предлагается ещё одно техническое решение – низкотемпературный деминерализатор воды [13-15]. Несмотря на то, что данное устройство было разработано для повышения качества питьевой воды, реализованная в нем последовательность криообработки воды не исключает возможности его обращения и в сфере очистки сточных вод от растворенных минеральных веществ и не только (см. рисунок).

В данном устройстве процесс обессоливания воды разделен на три отдельных процесса, имеющих место в одном аппарате (деминерализаторе). Очищаемая жидкость последовательно проходит зону замораживания, место отделения центральной области замерзшего раствора (рассола) и зону дефростации кристаллов очищенной воды. Все зоны функционально разобщены и одновременно связаны между собой посредством поступательного механизма и поршня 4.

В первой зоне реализуется механизм криоконцентрирования примесей в центральной части замораживаемого объема очищаемого рассола 3. Основными агрегатами здесь являются: воронка для подачи рассола на заморозку 9, загрузочно-транспортирующий поршень 4 с

отверстиями 6, и кольцевая холодильная камера 2 с продольными прорезями 14 и отверстием для рассеивания напряжений 15.

Для компенсации температурных деформаций в стенке криогенной зоны деминерализатора 1 вырезаны шлицевые продольные прорези 14 и сферическое отверстие рассеивателя напряжений 15, закрытые резиновым уплотнителем.

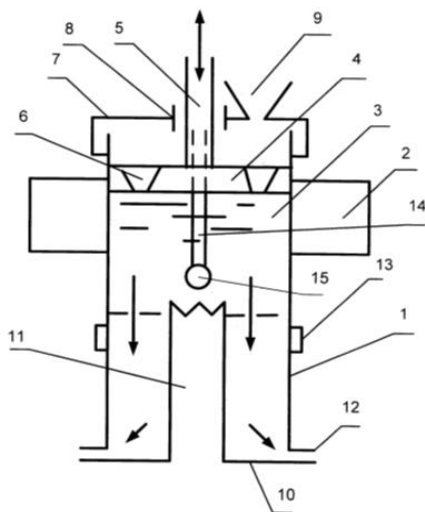


Схема работы деминерализатора (патент № 2588515):

- 1 – продольный сосуд (деминерализатор); 2 – кольцевая холодильная камера;*
- 3 – цилиндр замороженного рассола; 4 – поршень для перемещения цилиндра замороженного рассола; 5 – шток; 6 – распределительные воронки;*
- 7 – верхняя крышка; 8 – винтовое соединение;*
- 9 – воронка для подачи рассола на заморозку; 10 – нижнее дно;*
- 11 – режущая труба; 12 – вывод очищенной воды;*
- 13 – кольцевой нагревательный элемент; 14 – продольные прорези (компенсатор расширения); 15 – отверстие рассеивателя напряжений*

Во второй зоне происходит отделение центральной части ледяного массива 3 (незамерзшей части рассола). Для этого используются поршень 4, шток поступательного механизма 5 и режущая труба 11.

В третьей зоне с помощью кольцевого нагревательного элемента 13 растапливаются остатки ледяного цилиндра без центральной части и отводится очищенная вода.

Работа аппарата происходит следующим образом. Очищаемый рассол через воронку 9 дозированно подается в распределительную камеру над поршнем 4, откуда через отверстия 6 быстро заполняет зону замораживания. Интенсивность кристаллизации воды регулируется кольцевой морозильной камерой 2 и зависит от концентрации очищаемого рассола и габаритов деминерализатора. Скорость заморозки должна обеспечивать вытеснение растворенных веществ растущим слоем льда в центральную часть замораживаемого объема рассола (цилиндра 3).

В конце акта замораживания полученный ледяной цилиндр очищаемого рассола 3 освобождается от замерзшей или почти замерзшей центральной части. С этой целью поршень 4 опускает ледяной цилиндр 3 на режущий край трубы 11, которая вырезает центральную часть замороженного цилиндра 3. Ледяная крошка примесей по трубе 11 сбрасывается в систему захлаживания оборотной воды и далее в канализацию. Поршень 4 возвращается в верхнее исходное положение, подается новая порция рассола и процесс замораживания повторяется.

Периферийная часть ледяного цилиндра 3 после достижения поршнем 4 крайней нижней точки попадает в зону дефростации, скорость которой регулирует кольцевой нагревательный элемент 13. Растопленная вода отводится через патрубки 12.

Количество очищенной воды может достигать 60-70% и весь процесс регулируется мощностью холодильной установки и нагревательного элемента.

Говоря о необходимости выведения из оборотного водоснабжения избытка минеральных солей, следует отметить, что данная задача не являясь легкой, все же осуществима. Существующие подходы в области деминерализации воды, каждый по-своему, вызывая нарекания у их эксплуатантов, продолжают развиваться и совершенствоваться. В свое время каждый из них считался слишком затратным и трудноосуществимым.

Низкотемпературный способ опреснения воды, не являясь исключением, в предлагаемом техническом решении без дополнительных расходных материалов позволяет предсказуемо контролировать степень обессоливания оборотной воды, что повышает межремонтный пробег технологических установок и в целом снижает экологическую нагрузку на окружающую среду.

БИБЛИОГРАФИЯ

- a. ГОСТ Р 51858-2020 Нефть. Технические условия. – М.: ФГУП «Стандартинформ», 2020. – 11 с.
- b. А.Н. Монахов, М.А. Меркушева. Особенности оценки технологического оборудования нефтепереработки при коррозионном изнашивании // URL: <https://chemtech.ru/osobennosti-ocenki-tehnologicheskogo-oborudovaniya-neftepererabotki-pri-korroziionnom-iznashivanii/> (дата обращения: 17.05.2023).
- c. ВУТП-97. Ведомственные указания по технологическому проектированию производственного водоснабжения, канализации и очистки сточных вод предприятий нефтеперерабатывающей промышленности.
 2. Материалы работы очистных сооружений предприятия ООО «Туапсинский НПЗ». [Электронный ресурс] / URL: <https://docs.yandex.ru/docs/view?> (дата обращения: 17.05.2023).
 3. Eric Favre. The Future of Membrane Separation Processes: A Prospective Analysis // *Frontiers in Chemical Engineering*, May 2022, V. 4.
 4. Djamel Ghernaout. Brine Recycling: Towards Membrane Processes as the Best. Available Technology / *Applied Engineering*. – 2019. – 3(2). – P. 71-84.
 5. Н. А. Шонина. Применение мембранных технологий в водоподготовке // *Сантехника*. – 2018. – №1. – С. 38-40.
 6. A. Perez-Gonzalez, A.M. Urtiaga, R. Ibanez, I. Ortiz. State of the art and review on the treatment technologies of water reverse osmosis concentrates / *Water Research*. – 46 (2012). – P. 267-283.
 7. А.В. Учайкин. Исследование процессов работы промышленного кристаллизатора для очистки воды вымораживанием. – *Вестник КрасГАУ*. 2017. – № 4. – С. 107–112.
 8. Короткая Е.В., Короткий И.А., Учайкин А.В. Очистка воды вымораживанием в емкостном кристаллизаторе. – *Вестник КрасГАУ*. 2015. – № 6. – С. 140–145.
 9. I.A. Korotkiy, E.V. Korotkaya, A.V. Uchaykin. Investigation of the process of water purification using separation freezing // *Food Processing: Techniques and Technology*. – 2015. – Vol. 38. – No. 3. – P. 88–93.
 10. Мальцева О.М. Моделирование процесса намораживания льда на цилиндрической поверхности емкостного криоконцентратора // *Техника и технология пищевых производств*. – 2016. – Т. 42. – № 3. – С. 118–124.
 11. Пат. № 2312817 РФ (51), МПК C02F 1/22 (2006.01). Водоочиститель / А.П. Богачев, В.М. Давыдов. Оpubл. 20.12.2007. Бюл. № 35.
 12. Пат. на полезную модель №149828 РФ (51), МПК C02F 1/22 (2006.01). Водоочиститель / А.П. Богачев. Оpubл. 20.01.2015. Бюл. № 2.
 13. Пат. № 2588515 РФ (51), МПК C02F 1/22 (2006.01). Генератор талой питьевой воды / С.И. Петрова, С.В. Булгаков, А.П. Богачев. Оpubл. 27.06.2016. Бюл. № 18.

DEMINERALIZATION OF SALINE RECYCLED OIL REFINING WATER BY FREEZING**Bulgakov S.V., Sadykova A.B.**

Currently, oil refining enterprises continue to actively search for ways to purify and reuse process waters. The situation is such that the most polluted is wastewater after electric desalination plants of oil. Therefore, the paper identifies the main technologies for improving the quality of drinking and industrial water and considers the possibility of demineralization of wastewater by low-temperature freezing. This technology is based on the ability of water to form ice crystals with a minimum content of impurities during freezing in the first place. To implement this technology, it is proposed to purify the saline wastewater of oil refining in a thawed drinking water generator – a technical device of original design, the description and features of which are presented in the article.

The use of the proposed technical solution will increase the efficiency of wastewater reuse, which in general will have a favorable effect on reducing the total water consumption of oil refining enterprises, and not only, not to mention the environmental efficiency of the proposed technical solution.

Keywords: oil refining, recycled water, mineral salts, freezing, impurities, water purifier.

Сведения об авторах:**Булгаков Сергей Викторович**

К.т.н., доцент, доцент кафедры «Химия и химические технологии»,
Тихоокеанского государственного университета

E-mail: Bulgakov62@mail.ru

Садыкова Анна Витальевна

Студент, Тихоокеанский государственный университет

УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДА ХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА МНОГОАТОМНОГО СПИРТА-ПЕНТАЭРИТРИТА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМ ОБВОДНЕНИЯ, ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

Васильева Е. В., Федоров В. М.

Приведен опыт применения отхода производства многоатомного спирта-пентаэритрита в производстве элементов систем обводнения, водоснабжения и водоотведения. Отход производства многоатомного спирта-пентаэритрита – формиатно-спиртовой компонент, действуя в смесях вяжущего и инертных как суперразжижитель, обеспечивает получение высокопластичных смесей и снижение до 20-25% расхода цемента. Благодаря этим свойствам, создана возможность использования в качестве мелкого заполнителя смесей и отхода дробления каменной породы (песчаника) – высевки, крупностью 0-5 мм. Высевку, содержащую свыше 18% пылевидных и глинистых частиц, накапливают в отвалах, ветровое воздействие на которые сопровождается уносом этих частиц на значительные расстояния, что негативно влияет на жилую застройку, водные источники, условия жизни населения. Утилизация данных отходов положительным образом отразится на окружающей среде, качестве жизни общества, производственной деятельности организаций. Исследованиями обоснована целесообразность использования этих отходов в производстве элементов вышеупомянутых систем, объяснены причины их высокой эффективности.

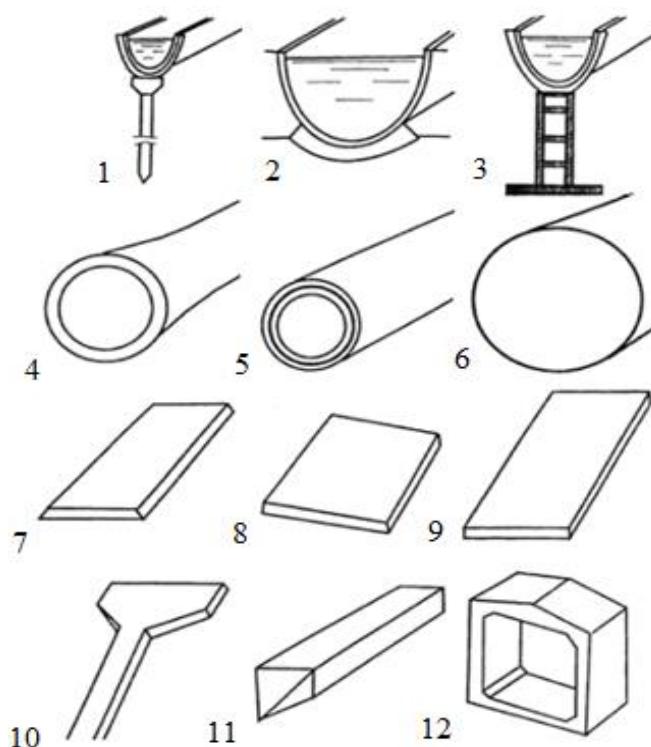
Ключевые слова: утилизация, отход производства, спирт-пентаэритрит, формиатно-спиртовой компонент, разжижитель, смесь, свойства, крупный и мелкий заполнитель.

Химическая промышленность производит значительное количество сырья и материалов для большинства отраслей экономики. Многие из них востребованы в различных сферах производства [1-5]. Так, например, спирт-пентаэритрит используют в производстве лакокрасочной продукции, пентапласта, взрывчатых веществ и др. Побочным продуктом производства спирта-пентаэритрита является формиатно-спиртовой компонент в виде водного раствора 50%-ной концентрации, состоящий из формиата натрия, сиропообразующих веществ и полиспиртов – монопентаэритрита и полипентаэритритов. Опыт его применения в смесях вяжущего и инертных для пластификации и разжижения, оказался высокоэффективным. Важным фактором является и то, что формиатно-спиртовой компонент, являясь отходом химического производства, весьма полезно утилизируется. В контексте сказанного следует отметить, что расширение применения химических компонентов (разжижителей, пластификаторов и др.) является одним из наиболее перспективных направлений экономии цемента и качественных заполнителей [6-10]. Из разжижителей химической промышленностью до не давнего времени в больших объемах производились разжижители на основе технических лигносульфонатов. Получали их в виде жидкости из сульфитных щелоков, образующихся при переработки целлюлозы. Однако, они замедляли твердение смесей и недостаточно их разжижали. В последнее время внедряются новые химические компоненты-суперразжижители, увеличивающие на порядок подвижность и текучесть смесей и значительно улучшающие их эксплуатационные качества. Введение их позволяет без увеличения водосодержания получать высокопластичные смеси, либо получать достаточно пластичные и подвижные смеси и,

одновременно, за счет снижения водосодержания, экономить до 15-20% цемента [6,10,11]. Среди таких суперразжижителей распространены С-3, на основе нафталинсульфокислоты, 10-03 и КМ-30 на основе меламиновой смолы. Однако, повышенная их стоимость предусматривает использование такого рода компонентов, главным образом, при производстве трудоемких и дорогостоящих элементов и деталей. Поэтому, и предлагается, в качестве разжижителя дешевый и доступный формиатно-спиртовой компонент-разжижитель (ФСР), являющийся отходом производства многоатомного спирта-пентаэритрита.

Для исследования были использованы следующие материалы: портландцемент марки 500 Новороссийского завода «Октябрь»; крупный заполнитель – щебень из песчаника фракции 5-40 мм Потаповского карьера (х.Верхний Потапов, Ростовская область), содержащий пылевидных и глинистых частиц в количестве 3,0-4,0%; мелкий заполнитель – отход дробления каменной породы (песчаника) – высевка, размером 0-5 мм Потаповского карьера, имеющая модуль крупности 2,50 и свыше 18% загрязняющих (пылевидных и глинистых) частиц; разжижитель – отход производства многоатомного спирта-пентаэритрита, представляющий собой формиатно-спиртовой компонент в виде водного раствора 50%-ной концентрации и состоящий из формиата натрия, сиропообразующих веществ и полиспиртов – монопентаэритрита и полипентаэритритов (ФСР). Решение рецептурно-технологических задач опиралось на современные методы планирования эксперимента, регрессионного и статистического анализа с учетом следующих соотношений: $\text{Ц} + \text{Выс} = 950 \text{ кг/м}^3$, $\text{Щ} = 1270 \text{ кг/м}^3$, где: Ц, Выс, Щ – расходы цемента, высевки и щебня, соответственно [12-15].

Условия кодирования и варьирования факторов планируемого экспериментального исследования приведены в таблице 1 с учетом состава изображенных на рис. 1 элементов систем обводнения, водоснабжения и водоотведения.



1 – лотки на свайных опорах; 2 – крупногабаритные лотки-оболочки; 3 – лотки на опорах рамного типа; 4 – трубы безнапорные; 5 – трубы с металлическим сердечником; 6 – трубы виброгидропрессованные; 7 – плиты преднапряжённые; 8 – плиты крепления; 9 – плиты с арматурными выпусками; 10 – сваи-колонны; 11 – усиленные сваи; 12 – трубы прямоугольные.

Рисунок 1. Элементы систем обводнения, водоснабжения и водоотведения

Таблица 1.

Кодирование и варьирование факторов

Факторы	Код X_i	Основной уровень, $X_0, \%$	Интервал варьирования, ΔX_i	Нижний уровень, «-»	Верхний уровень, «+»
Цемент	X_1	400	150	250	550
ФСР	X_2	3,0	2,0	1,0	5,0

Графически план экспериментального исследования изображен на рисунке 2, а матрица планирования и условия проведения исследования представлены в таблице 2.

Согласно рисунку 2 точки используемого плана экспериментального исследования имеют координаты вершин правильного шестиугольника, построенного в интервале варьирования факторов ± 1 в кодированном виде. Выбранный план удобен тем, что переход от кодированных факторов к натуральным значениям и наоборот легко произвести графически по соответственным осям (рисунок 2). По результатам семи опытов (центр шестиугольника и шесть вершин) определяют неизвестные коэффициенты регрессионного уравнения второго порядка [14,15]:

$$\hat{y}_R = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_{11}X_1^2 + b_{22}X_2^2 + b_{12}X_1X_2 \quad (1)$$

$$\text{где: } b_0 = (0y) - \sum_{i=1}^k (i iy); \quad b_i = 1/3(iy); \quad b_{ij} = 4/3(ijy); \quad (2)$$

$$b_{ii} = 2/3(iiy) + 5/6 \sum_{i=1}^k (i iy) - (0y)$$

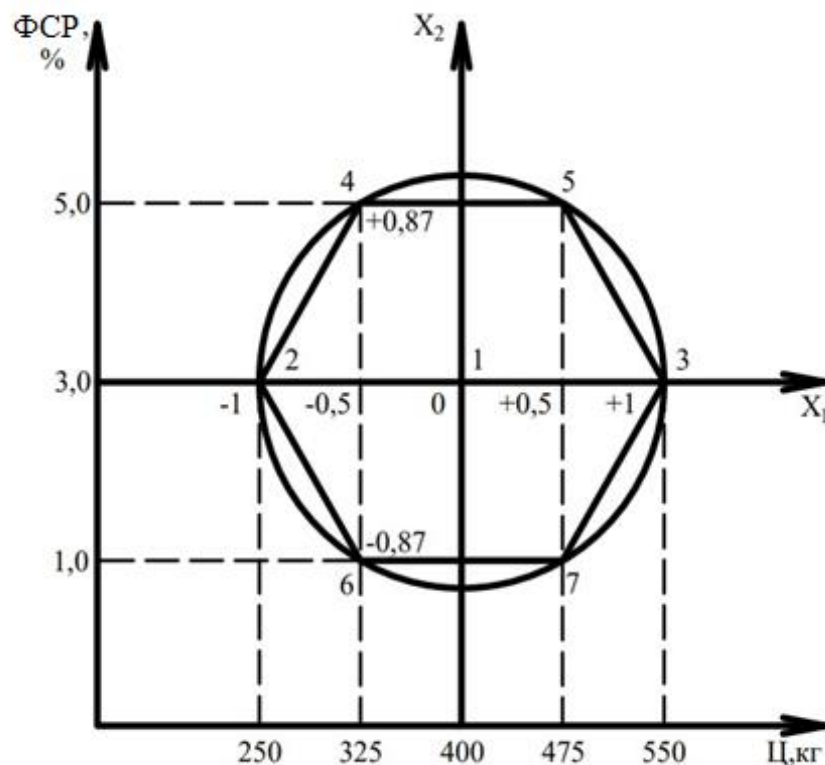


Рисунок 2. План эксперимента на шестиугольнике

Таблица 2.

Матрица планирования и условия эксперимента

Номер опыта	План		X_1^2	X_2^2	X_1X_2	Факторы	
	X_1	X_2				X_1 (Ц)	X_2 (ФСР)
1	0	0	0	0	0	400	3,0
2	-1	0	1	0	0	250	3,0
3	1	0	1	0	0	550	3,0
4	-0,5	0,87	0,25	0,75	-0,43	325	5,0
5	0,5	0,87	0,25	0,75	0,43	475	5,0
6	-0,5	-0,87	0,25	0,75	0,43	325	1,0
7	0,5	-0,87	0,25	0,75	-0,43	475	1,0

Используя формулы (2) подсчитывались коэффициенты регрессионного уравнения второго порядка, расчётные значения которых приведены ниже:

$$b_0 = 174,9 - (77,0 + 63,0) = 34,9; \quad b_1 = 35,3/3 = 11,77;$$

$$b_2 = 2,44/3 = 0,82; \quad b_{12} = 4/3 \cdot (0,26) = 0,35;$$

$$b_{11} = 2/3 \cdot (77,0) + 5/6 \cdot (77,0 + 63,0) - 174,9 = -6,89;$$

$$b_{22} = 2/3 \cdot (63,0) + 5/6 \cdot (77,0 + 63,0) - 174,9 = -16,23.$$

Для прочности затвердевшей смеси (бетона) на сжатие после тепловлажностной обработки было получено уравнение регрессии в приведённом ниже виде:

$$\hat{y}_R = 34,9 + 11,77X_1 + 0,82X_2 - 6,89X_1^2 - 16,23X_2^2 + 0,35X_1X_2 \quad (3)$$

Регрессионный анализ полученной математической модели (3) выполним после вычисления ошибки эксперимента и подсчёта ошибок коэффициентов регрессионного уравнения. Принимая во внимание трёхкратную повторность опытов, ошибка проведённого эксперимента по воспроизводимости составила $S_{эв} = \sqrt{S_{эв}^2} = 0,18$.

Таблица 3

Расчёт ошибок коэффициентов

b_m	b_0	b_i	b_{ii}	b_{ij}
T_i	1,0	0,577	1,224	1,155
$T_i \cdot S_{эв}$	0,18	0,104	0,220	0,208
$t \cdot T_i \cdot S_{эв}$	0,317	0,183	0,387	0,366

Таблица 4

Регрессионный анализ модели

b_m	Начальная модель	$b_{кр}$	Конечная модель	iju	$b_{ij}(iju)$
b_0	34,9	0,317	34,9	174,9	6104,01
b_1	11,77	0,183	11,77	35,3	415,48
b_2	0,82	0,183	0,82	2,44	2,00
b_{11}	-6,89	0,387	-6,89	77,0	-530,53
b_{22}	-16,23	0,387	-16,23	63,0	-1022,49
b_{12}	0,35	0,366	0	0,26	0

Сумма квадратов $SS_{\text{мод}}$ и SS :

$$SS_{\text{мод}} = 4968,47;$$

$$SS_{\text{эв}} = 0,448.$$

$$SS = SS_{\text{мод}} + SS_{\text{эв}} = 4968,92.$$

Произведем проверку адекватности математической модели при риске $\alpha = 0,05$, и числе степеней свободы $f_{\text{на}} = 7 - 5 = 2$ и $f_{\text{э}} = N(n - 1) = 14$. Сумма квадратов $SS_{\text{на}}$:

$$SS_{\text{на}} = (yy) - (SS_{\text{мод}} + SS_{\text{эв}}) = 4969,13 - (4968,47 + 0,448) = 0,212.$$

Дисперсия неадекватности $S_{\text{на}}^2$ и критерий Фишера, соответственно:

$$S_{\text{на}}^2 = SS_{\text{на}} / f_{\text{на}} = 0,212 / (7 - 5) = 0,106,$$

$$F_a = 3,31 < F_T = 3,76.$$

Следовательно, можно допустить, что математическая модель (4)

$$\hat{y}_R = 34,9 + 11,77X_1 + 0,82X_2 - 6,89X_1^2 - 16,23X_2^2, \quad (4)$$

с риском $\alpha = 0,05$ адекватно отражает результаты экспериментального исследования. Анализ математической модели (4) осуществим после выявления её типа и построения соответствующего ей геометрического образа. С этой целью воспользуемся общей теорией поверхностей второго порядка [14,15], принимая:

$$b_0 - y = a_0; b_{ij} = 2a_{ij}; b_i = 2a_i; b_{ii} = a_{ii}.$$

Инварианты кривой второго порядка – сумма коэффициентов при квадратичных членах(s), определитель, составленный из коэффициентов при старших членах (δ), определитель третьего порядка, образованный из всех коэффициентов (Δ), составят:

$$S = b_{11} + b_{22} = -6,89 - 16,23 = -23,12; \quad (5)$$

$$\delta = \begin{vmatrix} b_{11} & 0,5b_{12} \\ 0,5b_{12} & b_{22} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} -6,89 & 0 \\ 0 & -16,23 \end{vmatrix} = 111,83; \quad (6)$$

$$\Delta = \begin{bmatrix} b_{11} & 0,5b_{12} & 0,5b_1 \\ 0,5b_{12} & b_{22} & 0,5b_2 \\ 0,5b_1 & 0,5b_2 & b_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -6,89 & 0 & 5,89 \\ 0 & -16,23 & 0,41 \\ 5,89 & 0,41 & 34,9 \end{bmatrix} = 4466,92 \quad (7)$$

С учетом того обстоятельства, что $\delta > 0$, $\Delta \neq 0$, $S\Delta < 0$ уравнение (4) описывает эллиптическую поверхность отклика.

Используя инварианты (5), (6) и (7), представим уравнение (4) в удобной для анализа и геометрической интерпретации канонической форме:

$$\lambda_1 \bar{X}_1^2 + \lambda_2 \bar{X}_2^2 + C = 0. \quad (8)$$

Коэффициенты канонической формы определим через инварианты:

$$C = \frac{\Delta}{\delta} = \frac{4466,92}{111,83} = 39,94 \quad (9)$$

$$\lambda_{1,2} = \frac{S}{2} \pm \sqrt{\frac{S^2}{4} - \delta} = -11,56 \pm 4,67; \quad (10)$$

$\lambda_1 = -6,89$; $\lambda_2 = -16,23$. С точки зрения геометрии, переход к уравнению (8) означает перемещение начала координат в центр кривой (поверхности) и поворот их на некоторый угол до совмещения с главными осями кривой (поверхностями) второго порядка.

С учётом (9) и (10) каноническая форма уравнения (4) примет вид:

$$-6,89\bar{X}_1^2 - 16,23 + 39,94 = R_{\text{ТВО}}, \quad (11)$$

а координаты центра поверхности отклика определяются из формул:

$$\bar{X}_{01} = \frac{\begin{vmatrix} -0,5b_1 & 0,5b_{12} \\ -0,5b_2 & b_{22} \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} b_{11} & 0,5b_{12} \\ 0,5b_{12} & b_{22} \end{vmatrix}} = \frac{\begin{vmatrix} -5,89 & 0 \\ -0,41 & -16,23 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} -6,89 & 0 \\ 0 & -16,23 \end{vmatrix}} = \frac{95,59}{111,83} = 0,86,$$

$$\bar{X}_{02} = \frac{\begin{vmatrix} b_{11} & -0,5b_1 \\ 0,5b_{12} & -0,5b_2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} b_{11} & 0,5b_{12} \\ 0,5b_{12} & b_{22} \end{vmatrix}} = \frac{\begin{vmatrix} -6,89 & -5,89 \\ 0 & -0,41 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} -6,89 & 0 \\ 0 & -16,23 \end{vmatrix}} = \frac{2,825}{111,83} = 0,025. \quad (12)$$

Учитывая, что коэффициент b_{12} равен нулю, отсутствует поворот новых осей относительно изначальных.

По канонической форме (11) полуоси эллипсов определяются из следующих ниже соотношений:

$$a = \sqrt{\frac{39,94 - R_{\text{ТВО}}}{6,89}}; \quad b = \sqrt{\frac{39,94 - R_{\text{ТВО}}}{16,23}}. \quad (13)$$

Для функции отклика, задаваясь шагом $\Delta \hat{y}_R = 1,0$, получим семейство сечений, проекции которых на факторную плоскость будут эллипсами с полуосями, определяемыми по формулам (13).

$$\begin{aligned} \text{Для } R_{\text{ТВО}} = 38,0; \quad a &= \sqrt{\frac{39,94 - 38,0}{6,89}} = 0,53; \quad b = \sqrt{\frac{39,94 - 38,0}{16,23}} = 0,35; \\ \text{Для } R_{\text{ТВО}} = 36,0; \quad a &= \sqrt{\frac{39,94 - 36,0}{6,89}} = 0,76; \quad b = \sqrt{\frac{39,94 - 36,0}{16,23}} = 0,49; \\ \text{Для } R_{\text{ТВО}} = 32,0; \quad a &= \sqrt{\frac{39,94 - 32,0}{6,89}} = 1,07; \quad b = \sqrt{\frac{39,94 - 32,0}{16,23}} = 0,70; \\ \text{Для } R_{\text{ТВО}} = 28,0; \quad a &= \sqrt{\frac{39,94 - 28,0}{6,89}} = 1,32; \quad b = \sqrt{\frac{39,94 - 28,0}{16,23}} = 0,86; \\ \text{Для } R_{\text{ТВО}} = 24,0; \quad a &= \sqrt{\frac{39,94 - 24,0}{6,89}} = 1,52; \quad b = \sqrt{\frac{39,94 - 24,0}{16,23}} = 0,99; \\ \text{Для } R_{\text{ТВО}} = 20,0; \quad a &= \sqrt{\frac{39,94 - 20,0}{6,89}} = 1,70; \quad b = \sqrt{\frac{39,94 - 20,0}{16,23}} = 1,11; \\ \text{Для } R_{\text{ТВО}} = 16,0; \quad a &= \sqrt{\frac{39,94 - 16,0}{6,89}} = 1,86; \quad b = \sqrt{\frac{39,94 - 16,0}{16,23}} = 1,22; \\ \text{Для } R_{\text{ТВО}} = 14,0; \quad a &= \sqrt{\frac{39,94 - 14,0}{6,89}} = 1,94; \quad b = \sqrt{\frac{39,94 - 14,0}{16,23}} = 1,26. \end{aligned}$$

Геометрический образ модели $\hat{y}_R (R_{\text{ТВО}})$ изображен на рисунке 3.

Преимущества предложенных для элементов систем водопользования бетонов, подчеркивают и результаты сравнительных испытаний затвердевших образцов-кубов с дозировками цемента 400 кг/м^3 и 475 кг/м^3 с аналогичными заполнителями, но без добавления в смесь формиатно-спиртового разжижителя (ФСР). Прочность образцов-кубов после тепловлажностной обработки, имеющих дозировку цемента в количестве 400 кг/м^3 , была равна $19,3 \text{ МПа}$, а в количестве 475 кг/м^3 – $24,2 \text{ МПа}$. При введении в бетонную смесь формиатно-спиртового разжижителя (3%), прочностные показатели затвердевшей бетонной смеси с дозировками цемента 400 кг/м^3 и 475 кг/м^3 , достигали, соответственно, $34,9 \text{ МПа}$ и $39,1 \text{ МПа}$. Такой (60-80%) прирост прочностных показателей обусловлен тем, что формиатно-спиртовой разжижитель, являясь высокоэффективным пластифицирующим компонентом, наряду с диспергированием коллоидной системы цементного теста, способствует и раздроблению пылевато-глинистой пленки на поверхности зерен заполнителей.

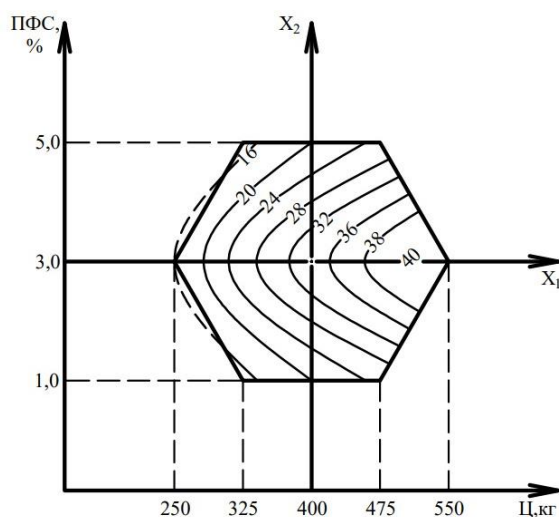


Рисунок 3. Геометрическая интерпретация модели \hat{y}_R прочности затвердевшей смеси (бетона) после тепловлажностной обработки

При этом, не только повышается текучесть смеси и проявляется дефлокулирующее действие в гидратирующейся системе “цемент-вода”, но и пылевато-глинистая составляющая заполнителей из “пассивной” компоненты смеси переходит в “активную” – наиболее мелкие частицы, близкие по размерам к коллоидным, располагаясь между зернами цемента или вблизи них, образуют новые центры кристаллизации в контактной зоне цемента (рисунок 4), дополнительно повышая прочность цементного камня.



а – без разжижителя; б – с формиатно-спиртовым разжижителем;
1 – заполнитель; 2 – пылевато-глинистая плёнка на поверхности заполнителя; 3 – зёрна цемента;
4 – вода; 5 – смесь воды и разжижителя; 6 – зёрна пылевато-глинистой составляющей

Рисунок 4. Модель затвердевшей бетонной смеси

Именно присутствием в числе составляющих (компонентов) смеси формиатно-спиртового разжижителя и объясняется значительный рост прочностных показателей затвердевшей бетонной смеси на заполнителях с повышенным содержанием пылевидных и глинистых частиц. Если же в составе смеси нет формиатно-спиртового разжижителя, то “не запускаются” и процессы (механизмы) диспергирования, раздробления, дефлокуляции и образования новых центров кристаллизации, что негативно и отражается на прочностных показателях.

Выводы. Утилизация отхода производства многоатомного спирта-пентаэритрита – формиатно-спиртового разжижителя, показала высокую его эффективность при изготовлении смесей для производства элементов систем обводнения, водоснабжения и водоотведения. Обеспечен прирост прочностных показателей на 60-80% и гарантирована экономия цемента до 20-25%. Достигнутый эффект обусловлен получением высоко пластичных и высоко подвижных с высокой степенью текучести смесей и, образованием в них новых центров кристаллизации. Возникли они благодаря использованию в составе смесей отхода дробления каменной породы (песчаника) – высевки, утилизация которой, наряду с утилизацией формиатно-спиртового

разжижителя, положительным образом скажется и на окружающей среде, качестве жизни населения, производственной деятельности организаций. Кроме этого, появляется возможность использования дешевых и доступных материалов (отходов) и расширения, таким образом, сырьевой базы для производства элементов и деталей систем обводнения, водоснабжения и водоотведения.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Кривошеин Д.А., Муравей Л.А., Роева Н.Н., Шорина О.С., Эриашвили Н.Д., Юровицкий Ю.Г., Яковлев В.А. Экология и безопасность жизнедеятельности: учебное пособие / под ред. Л.А. Муравья. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000. – 447 с.
2. Болдырев А.С., Добужинский В.И., Рекитар Я.А. Технический прогресс в промышленности строительных материалов. – М.: Стройиздат, 1980. – 399 с
3. Резниченко Л.Т., Чехов А.П. Охрана окружающей среды и использование отходов промышленности: справочник. – Днепропетровск: Промінь, 1979. – 174 с.
4. Волженский А.В., Буров Ю.С., Колокольников В.С. Минеральные вяжущие вещества. – М.: Стройиздат, 1979. – 476 с.
5. Азаров В.Н., Ажгиревич А.И., Бондаренко В.Л., Грачев В.А., Гутенев В.В. Промышленная экология: учебное пособие / под ред. В.А. Грачева. – Ростов-на-Дону: Издательский центр “ Март “, 2007. – 412 с.
6. Несветаев Г.В. Эффективность применения суперпластификаторов в бетонах // Строительные материалы. – 2006. – № 10. – С. 23-25.
7. Голованов А.И. Основы природообустройства. – М.: Колос, 2001. – 262 с.
8. Несветаев Г.В. Строительные материалы: учебно-справочное пособие. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2009. – 608 с.
9. Комохов П.Г. Цементы, бетоны, строительные растворы и сухие смеси. – СПб.: НПО “Профессионал “, 2007. – 804 с.
10. Макридин Н.И., Максимова Н.Н. Структура, деформативность, прочность и критерий разрушения цементных композитов. – Саратов, 2001. – 280 с.
11. Розанов Н.П. Гидротехнические сооружения. – М.: Агропромиздат, 1985.- 431 с.
12. Маилян Р.Л. Бетон на карбонатных заполнителях. – Ростов- на-Дону, РГУ, 1967. – 272 с.
13. Баженов Ю.М., Комар А.Г. Технология бетонных и железобетонных сооружений. – М.: Стройиздат, 1984. – 671 с.
14. Вознесенский В. А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях.- М.: Финансы и статистика, 1981. – 262 с.
15. Юдин М.И. Планирование эксперимента и обработка результатов.- Краснодар: КГАУ, 2004. – 239 с.

DISPOSAL OF WASTE FROM THE CHEMICAL PRODUCTION OF POLYATOMIC ALCOHOL-PENTAERYTHRITOL TO IMPROVE THE QUALITY OF ELEMENTS OF IRRIGATION SYSTEMS, WATER SUPPLY AND SANITATION

Vasilyeva E.V., Fedorov V.M.

The experience of using polyatomic alcohol-pentaerythritol waste in the production of elements of irrigation, water supply and sanitation systems is given. Waste from the production of polyatomic alcohol-pentaerythritol – formate-alcohol component, acting in mixtures of binder and inert as a super-diluent, ensures the production of highly plastic mixtures and a reduction of up to 20-25% of cement consumption. Due to these properties, it is possible to use mixtures and waste crushing of rock (sandstone) – seeding, with a size of 0-5 mm, as a fine filler. Seeding containing more

than 18% of pulverized and clay particles is accumulated in deposits, the wind impact on which is accompanied by the removal of these particles over considerable distances, which negatively affects residential buildings, water sources, and living conditions of the population. The disposal of these wastes will have a positive impact on the environment, the quality of life of society, and the production activities of organizations. The research substantiates the appropriateness of using these wastes in the production of elements of the above-mentioned systems, explains the reasons for their high efficiency.

Keywords: utilization, production waste, alcohol-pentaerythritol, formate-alcohol component, diluent, mixture, properties, coarse and fine filler.

Сведения об авторах:

Васильева Елена Викторовна

Доцент Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ)
им. М.И.Платова, Новочеркасск, Российская Федерация

E-mail: karalenka5@yandex.ru

Федоров Виктор Матвеевич

Профессор Новочеркасского инженерно-мелиоративного института им. А.К. Кортунова –
филиал Донского государственного аграрного университета,
Новочеркасск, Российская Федерация

E-mail: viktor-fedorov1955@yandex.ru

Учредитель журнала: Мельников Игорь Олегович, кандидат химических наук

Издатель: Общество с ограниченной ответственностью
"Издательство "Манускрипт" (ОГРН 1226100004679)

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор), Свидетельство серия серия ПИ № ФС 77 – 31640 10.04.2008, **Адрес:** 127473, Москва г., 3-й Самотечный пер., д. 23, кв. 48
Тел. +7 951 528 22 82 **E-mail:** VAK-info@yandex.ru

Отпечатано в типографии ООО «Издательство «Манускрипт»

Подписано в печать 25.06.2023. Выход в свет 28.06. 2023г.

Тираж 150 экз. Заказ № 16–23/ РС–23. Цена свободная

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ

Статья, направляемая в журнал «ВОДА: ХИМИЯ И ЭКОЛОГИЯ», предоставляется в электронном виде в текстовом редакторе Microsoft Word по e-mail: VAK-info@yandex.ru

Файл с текстом статьи должен иметь расширение *.doc или *.docx. Разметка страницы: поля со всех сторон 2 см, ориентация книжная, формат А4. Текст набирается шрифтом Times New Roman, размер (кегель) 14, абзацный отступ 1,25 см, межстрочный интервал полуторный с использованием автоматической расстановки переносов. Аннотация (от 100 до 150 слов); ключевые слова на русском языке (5–8 слов). Название статьи, аннотация, ключевые слова, сведения об авторах должны быть переведены на английский язык.

Исключить громоздкие цифровые и формульные таблицы, а также рисунки, более, чем на 0,5 страницы. Все таблицы и рисунки должны быть в тексте, подписаны, ссылки на них по тексту обязательны.

Список использованной литературы составляется по алфавиту в конце статьи в соответствии с ГОСТ. Ссылки на литературу в тексте отмечаются арабскими цифрами в квадратных скобках.

В статье должны быть указаны следующие сведения о каждом авторе: фамилия, имя, отчество (полностью); место работы и должность; ученая степень; домашний адрес (если необходимо почтовый экземпляр); контактный телефон; адрес электронной почты. Название ВУЗов полностью, без сокращений.

Таким образом, файл должен содержать:

- ✓ индекс УДК
- ✓ аннотацию – 100–150 слов
- ✓ ключевые слова (не более 5–8 на русском и английском языках)
- ✓ название
- ✓ основной текст статьи
- ✓ список литературы

Основной текст рукописи экспериментальной статьи рекомендуется излагать в следующей последовательности:

– **введение** с четким и кратким изложением состояния рассматриваемого вопроса и анализом литературных данных, постановкой цели и задач данного исследования;

– **экспериментальная часть** (применяемые аппаратура, материалы, химические реактивы и методика проведения эксперимента в кратком изложении);

– **результаты** проведенных исследований и их обсуждение;

Все статьи проверяются на ПЛАГИАТ. Процент авторского текста должен составлять не менее 75%. Цитирования не более 25%.

Все поступающие в редакцию материалы должны быть проверены на наличие заимствований из открытых источников (попросту – плагиат), проверка выполняется с помощью системы AntiPlagiat.ru.

Контактные лица:

Ответственный редактор: Жанна Сергеевна, тел., +7951 528 22 82

E-mail: VAK-info@yandex.ru