

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Брестский государственный технический университет»

ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

Сборник научных статей
II Международной научно-практической конференции молодых ученых,
приуроченной ко Всемирному дню Водных ресурсов

28 марта 2025

Брест 2025

УДК 628.1+502.1(08)
ББК 38.761+20.1я4(4Бей)
И62

Рецензенты:

Тур В. В. — доктор технических наук, профессор, учреждение образования «Брестский государственный технический университет» (Брест, Беларусь);

Романов И. А. — кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой сельского строительства и обустройства территорий, Белорусская государственная сельскохозяйственная академия (Горки, Беларусь).

Редакционная коллегия:

Председатель: *Волчек А. А.* — д. г. н., профессор, профессор кафедры природообустройства, БрГТУ (Брест, Беларусь);

Зам. председателя: *Мешик О. П.* — к. т. н., доцент, декан факультета инженерных систем и экологии, БрГТУ (Брест, Беларусь);

Андреюк С. В. — к. т. н., доцент, заведующий кафедрой водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов, БрГТУ (Брест, Беларусь).

Члены редакционной коллегии:

Волкова Г. А. — к. т. н., доцент, доцент кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов, БрГТУ (Брест, Беларусь);

Житенев Б. Н. — к. т. н., доцент, профессор кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов, БрГТУ (Брест, Беларусь);

Левчук Н. В. — к. т. н., доцент, доцент кафедры инженерной экологии и химии, БрГТУ (Брест, Беларусь);

Мороз В. В. — к. т. н., доцент, заведующий кафедрой природообустройства, БрГТУ (Брест, Беларусь);

Наумчик Г. О. — к. т. н., доцент кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов БрГТУ (Брест, Беларусь);

Новосельцев В. Г. — к. т. н., доцент, заведующий кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции, БрГТУ (Брест, Беларусь).

И62 **Инженерно-экологические аспекты и перспективы развития систем водоснабжения и водоотведения:** сб. научн. статей Междунар. науч.-практ. конф., Брест, 28 марта 2025 г. / Брест. гос. техн. ун-т ; редкол.: А. А. Волчек [и др.] ; науч. ред. А. А. Волчек, О. П. Мешик, С. В. Андреюк. — Брест: БрГТУ, 2025. — 196 с.

ISBN 978-985-493-654-3.

В сборнике представлены статьи, подготовленные участниками II Международной научно-практической конференции молодых ученых «Инженерно-экологические аспекты и перспективы развития систем водоснабжения и водоотведения», приуроченной ко Всемирному дню Водных ресурсов, которая состоялась 28 марта 2025 г. на факультете инженерных систем и экологии БрГТУ.

ISBN 978-985-493-654-3

УДК 628.1+502.1(08)
ББК 38.761+20.1я4(4Бей)
© Издательство БрГТУ, 2025

СЕКЦИЯ 1

ВОДОСНАБЖЕНИЕ, ВОДООТВЕДЕНИЕ,
ОЧИСТКА ПРИРОДНЫХ И СТОЧНЫХ ВОД

ПОВТОРНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОМЫВНЫХ ВОД НА ВОДОПРОВОДНЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ

Абуова Г. Б.¹, Кузнецова А. С.², Истилеев Т. А.³

¹Декан факультета инженерных систем и пожарной безопасности, к. т. н., доцент,
ГБОУ АО ВО «Астраханский государственный архитектурно-строительный университет»,
г. Астрахань, Россия, isipb@aucu.ru

²Студент 2 курса ГБОУ АО ВО «Астраханский государственный архитектурно-
строительный университет», г. Астрахань, Россия, sashakuznecova2005@icloud.com

³Магистрант 1 курса ГБОУ АО ВО «Астраханский государственный архитектурно-
строительный университет», г. Астрахань, Россия, stileev_t@mail.ru

Аннотация. При очистке природных вод образуются сточные воды, состав и тип которых зависят от качества очищаемой природной воды, состава и эффективности сооружений, типа используемых реагентов и других факторов. Промывные воды характеризуются высоким содержанием взвешенных веществ, особенно во время весенних и осенних паводков. Основными минеральными примесями, наиболее часто вносимыми при очистке воды коагулянтами, являются соединения алюминия. Большая часть водопроводных очистных сооружений сбрасывают промывные воды без очистки в водоемы, тем самым наносят экологический ущерб. В работе исследовали качество промывных вод и рассмотрен химический метод обработки с помощью коагулянтов.

Ключевые слова: коагулянты, промывная воды, водопроводные очистные сооружения.

CHEMICAL TREATMENT OF FLUSHING WATER AT WATER TREATMENT PLANTS

Abuova G. B.¹, Kuznetsova A. S.², Istyleev T. A.

¹Dean of the Faculty of Engineering Systems and Fire Safety, Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor, Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering,
Astrakhan, Russia, isipb@aucu.ru

²2nd year student of Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering,
Astrakhan, Russia

Abstract. Natural water treatment produces wastewater, the composition and type of which depend on the quality of the natural water being treated, the composition and effectiveness of structures, the type of reagents used, and other factors. The washing waters are characterized by a high content of suspended solids, especially during spring and autumn floods. The main mineral impurities most often introduced during water purification by coagulants are aluminum compounds. Most of the water treatment plants discharge flushing water without purification into reservoirs, thereby causing environmental damage. The quality of the washing waters was investigated and the chemical method of treatment with coagulants was considered.

Keywords: coagulants, flushing water, water treatment plants.

Введение. Характерной особенностью обратной промывной воды фильтров являются значительные колебания ее расхода (выбросы), а также значительные колебания качества при ее сбросе [1]. Очистка и повторное использование промывных вод от фильтров актуальна на многих водопроводных очистных сооружениях [2,3]. Для решения данной проблемы, предлагается использовать химический метод обработки промывных вод, для повторного использования с целью сокращения объема воды из водоисточника.

Методика. Для подбора оптимальной дозы реагента, дающей наибольший эффект очистки промывных вод, были проведены испытания в лабораторных условиях по рабочей методике проведения пробного коагулирования, разработанной согласно [4] и ГОСТ [5]. Для эксперимента были в качестве коагулянта был выбран сернокислый алюминий, который на данный момент используется на многих водопроводных очистных сооружениях и вода после промывки фильтров.

Результаты. Промывная вода после промывки скорых фильтров отбиралась из контрольного колодца выпуска. Далее в химико-бактериологической лаборатории были проведены анализы промывной воды по показателям, результаты которых представлены в таблице 1.

Таблица 1 — Качественные показатели промывной воды из контрольного колодца (выпуск)

№ п/п	Показатели	Результаты анализа, мг/л
1	Сухой остаток	270
2	Взвешенные вещества	125
3	БПК _{пол}	1,9
4	Железо	0,94
5	Алюминий	1,4
6	Сульфаты	58
7	Нефтепродукты	0,064
8	Мутность ЕМФ	117
9	Цветность град	22

Испытания проводились при температуре, соответствующей температуре промывной воде.

В 6 мерных стаканов наливали по 1 литру исследуемой воды, затем добавили раствор коагулянта с содержанием оксида алюминия Al_2O_3 0,1% в количестве: 7; 8; 9, 10, 11; 12 мл, что соответствует дозам коагулянта 7; 8; 9, 10; 11, 12 мг/л.

Далее стаканы ставили в мешалку флокулятора и начинали процесс перемешивания. Скорость перемешивания равной 140 об/мин в течении 2 минут скорость плавно снижают на 40 об/мин и перемешивают 15 минут. Быстрые обороты мешалки имитирует перемешивание промывной воды с коагулянтом, а медленные обороты — отстаивание промывной воды. После этого оценивали скорость осаждения хлопьев и образования осадка через 30 и 120 минут отстаивания.

Скорость перемешивания равной 140 об/мин в течении 2 минут, скорость плавно снижали на 40 об/мин и перемешивали 15 минут. Быстрые обороты мешалки имитирует перемешивание промывной воды с коагулянт, а медленные обороты — отстаивание промывной воды. После этого оценивали скорость осаждения хлопьев и образования осадка через 30 и 120 минут отстаивания. После этого оценивается скорость осаждения хлопьев и образования осадка через 30 и 120 минут отстаивания. Наглядно видно, что использование сернокислого алюминия позволяет снизить содержание взвешенных веществ в промывной воде при всех исследованных параметрах. Затем с верхнего слоя пробоотборником осторожно отбирали пробу осветленной воды и определяли мутность, водородный показатель, щелочность. Результаты экспериментов представлены в таблице 2.

Таблица 2 — Показатели промывной воды, обработанной сернокислым алюминием

№ п/п	Показатели	Дозы коагулянта, мг/л					
		7	8	9	10	11	12
1	Мутность, ЕМФ	1,0	0,8	0,5	0,3	0,0	0,0
2	Цветность, град	12	11	10	9	8	7
3	Водородный показатель рН	7,16	7,13	7,01	7,01	7,0	7,0
4	Щелочность, мг/л	1,85	1,80	1,75	1,70	1,65	1,60
5	Железо, мг/л	0,28	0,26	0,23	0,21	0,19	0,18
6	Алюминий, мг/л	0,17	0,15	0,09	0,05	0,08	0,08
7	Сульфаты, мг/л	62,8	65,2	68,5	71,1	74,6	77,4
8	Нефтепродукты, мг/л	0,06	0,042	0,038	0,032	0,027	0,023

Как видно из таблицы 2, концентрация показателей в очищенной промывной воде ниже нормативных показателей, поэтому возвращаемые очищенные промывные воды в смеситель не повлияют на увеличение расхода реагентов, тем самым сократим объем воды из водоисточника для очистки, что позволит рационально использовать водные ресурсы.

Список цитированных источников

1. Пазухин, С. А. О проблемах утилизации промывных вод на станциях водоподготовки в Астраханской области / С. А. Пазухин, Г. Б. Абуова // Потенциал интеллектуально одаренной молодежи — развитию науки и образования : Материалы XI Международного научного форума молодых ученых, инноваторов, студентов и школьников, Астрахань, 17–18 мая 2022 года / Под общей редакцией Т. В. Золиной. — Астрахань: Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, 2022. — С. 26–27. — EDN QVPCXI.

2. Очистка и утилизация промывных вод скорых фильтров водопроводных станций на реках Западно-Сибирской равнины / С. В. Максимова, А. В. Пешева, О. И. Зосуль [и др.] // Современные проблемы науки и образования. — 2014. — № 1. — С. 204. — EDN SBKVEZ.

3. Бikuнова, М. В. Повторное использование промывных вод фильтров и осадка отстойников на водопроводных очистных сооружениях г. Пензы / М. В. Бikuнова, С. М. Салмин, Д. А. Янюшкин // Моисеевские чтения — 2023 : Сборник докладов Международной научно-практической конференции молодых ученых и студентов, Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 14 декабря 2023 года. — Пенза: Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 2023. — С. 103–108. — EDN DOVYEQ.
4. ГОСТ Р 51642-2000 «Коагулянты для хозяйственно-питьевого водоснабжения. Общие требования и метод определения эффективности».
5. Методики проведения технологических изысканий и моделирования процессов очистки воды на водопроводных станциях ОАО «НИИ коммун. водоснабжения и очистки воды», ООО «Водкоммунтех». — 2001.
6. Реагентная обработка промывных вод на водопроводных очистных сооружениях / Г. Б. Абуова, С. А. Пазухин, И. Ю. Киреева, М. С. Бодня // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. — 2024. — № 2(48). — С. 29–32. — DOI 10.52684/2312-3702-2024-48-2-29-32. — EDN NВAХKB.

УДК 628.543.1

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ФИЛЬТРОВ В КАЧЕСТВЕ ВТОРОЙ СТУПЕНИ В СХЕМЕ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД С ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ДЕНИТРИФИКАЦИЕЙ

Алферчик В. В.¹, Семикашева Э. Э.², Ануфриев В. Н.³, Волкова Г. А.⁴

¹Студентка ФЭС, БНТУ, Минск, Беларусь, viktoria-alferchik@mail.ru

²Студентка ФЭС, БНТУ, Минск, Беларусь, eleanafolvar@gmail.com

³Доцент кафедры водоснабжения и водоотведения, БНТУ, Минск, Беларусь,
vladimir.anufriev@bntu.by

⁴Доцент кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов,
БрГТУ, Брест, Беларусь, volga-brest@mail.ru

***Аннотация.** В статье рассмотрено применение биологических фильтров в качестве второй ступени в схеме очистки сточных вод с предварительной денитрификацией. Показана возможность замены нитрификатора-аэротенка на биологический фильтр. Особенность функционирования такой системы связана с отсутствием аэрации иловой смеси на второй ступени биологической очистки при схеме с предварительной денитрификацией сточной воды.*

Ключевые слова: сточные воды, биологическая очистка, биологический фильтр, активный ил, нитрификатор, денитрификатор, энергопотребление.

USING BIOLOGICAL FILTERS AS A SECOND STAGE IN WASTEWATER TREATMENT INTO SCHEME WITH PRELIMINARY DENITRIFICATION

Alferchyk V. V., E.E. Siamikashava E. E., Anoufrieв V. N., Volkova H. A.

Abstract. *The article discusses the use of biological filters as the second stage in a wastewater treatment scheme with preliminary denitrification. The possibility of replacing the nitrifier-aeration tank with a biological filter is shown. The peculiarity of the functioning of such systems is associated with the lack of aeration of the sludge mixture at the second stage of the scheme with preliminary denitrification of wastewater.*

Keywords: wastewater, biological treatment, biological filter, activated sludge, nitrifier, denitrifier, energy consumption.

Введение. В национальной стратегии управления водными ресурсами в условиях изменения климата на период до 2030 года указано, что индекс сброса недостаточно очищенных сточных вод в водные объекты к 2030 году должен стремиться к нулю [1]. Решение указанной задачи в стратегии управления связано с совершенствованием технологий очистки сточных вод на очистных сооружениях. При этом поиски технических решений, связанных с ресурсосбережением в области очистки сточных вод, являются актуальными и перманентными.

Материалы и методы. Строительство сооружений биологической очистки с активным илом требует значительных инвестиций, а их эксплуатация связана со значительным энергопотреблением, поэтому использование биологических фильтров для окисления аммония в сточной воде позволяет получить довольно гибкую систему очистки и снизить затраты электроэнергии.

Результаты и обсуждение. При организации очистки с биологическим удалением азота взаимосвязанные процессы нитрификации, денитрификации и деструкции органических углеродных соединений могут осуществляться по времени последовательно, одновременно либо в какой-либо другой вариации, проводиться в одной либо в различных технологических емкостях, обеспечивая многовариантность способов реализации денитрификации.

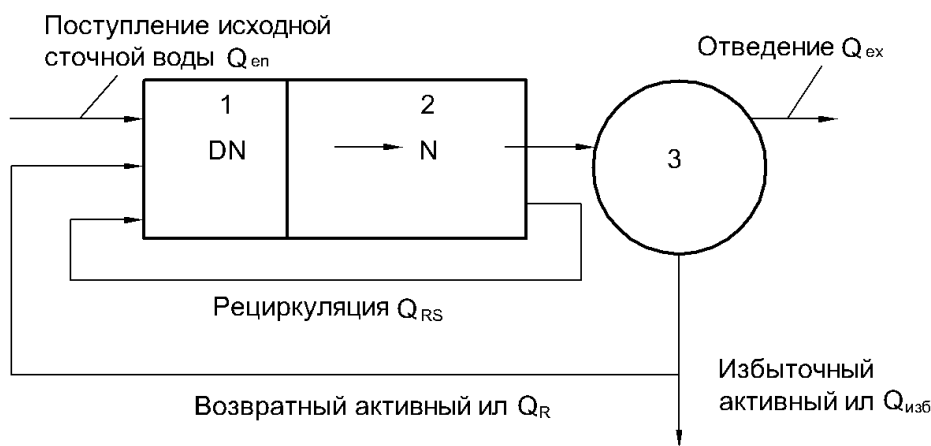
При этом объединяющим моментом в этих системах является процесс получения нитрата путем биологической нитрификации аммонийных соединений и последующая деструкция нитрата в процессе дыхания микроорганизмов с выделением молекулярного азота. Как следствие, количество возможных вариантов организации технологического процесса очистки возрастает многократно в сравнении с очистными сооружениями, которые решают задачу окисления органических веществ, оцениваемых по степени снижения БПК₅.

Известно, что основным критерием при проектировании систем биологической очистки с удалением биогенов является степень снижения концентрации

соединений азота и фосфора. При этом, например, одинаковая степень денитрификации может быть достигнута при применении различных технологических схем. [2,3]. С другой стороны, уровень затрат электроэнергии при их эксплуатации может различаться весьма значительно. Если рассмотреть схему предварительной денитрификации, которая весьма распространена и используется в проектах очистных сооружений в Республике Беларусь (рисунок 1), то основные затраты энергии на осуществление процесса биологической очистки сточных вод могут быть выражены уравнением:

$$E = E_N + E_D + E_R, \quad (1)$$

где E_N — расход энергии в нитрификаторе на подачу воздуха и перемешивание иловой смеси, кВт·ч; E_D — расход энергии в денитрификаторе на перемешивание иловой смеси, кВт·ч; E_R — расход энергии на рециркуляцию возвратного ила из отстойников и иловой смеси из нитрификатора в денитрификатор, кВт·ч.



1 — денитрификатор; 2 — нитрификатор; 3 — отстойник

Рисунок 1 — Схема сооружений биологической очистки сточных вод с предварительной денитрификации

При простоте выражения (1) расчет составляющих расхода электроэнергии представляет довольно сложную задачу из-за взаимосвязи многих технологических параметров, определяющих процесс очистки. Так, затраты энергии на эксплуатацию нитрификатора (E_N) зависят от времени аэрации сточных вод, возраста ила, дозы ила, интенсивности аэрации и характеристик используемых аэрационных систем. Вместе с тем, априори до 80% затрат электроэнергии на очистных сооружениях используется для аэрации иловой смеси в нитрификаторе. Возникает интерес к использованию технологий, которые характеризуются меньшим энергопотреблением, например, замена нитрификаторов с активным илом на биофильтры (рисунок 2).



Рисунок 2 — Вид биофильтров для схемы с биологической очистки сточных вод с предварительной денитрификацией

В сравнении с аэротенками биофильтры имеют относительно низкую производительность, что ведет к потребности площадей для их размещения. Вместе с тем, общие расходы электроэнергии на перекачивание иловой смеси на биофильтр и принудительную вентиляцию ниже в сравнении с аэрацией аэротенков. Следует учесть значительные отличия в конструкции и режим работы классических орошаемых биофильтров для очистки сточных вод на биопленке в сравнении с биофильтрами-нитрификаторами. Конструкция биофильтров должна быть устойчивой к забиванию загрузки иловой смесью. Регулирование поступления кислорода в сточную воду осуществляется изменением скорости фильтрования и расхода воздуха в системе вентиляции.

Учитывая вышесказанное, оптимизация работы очистных сооружений при проектировании в части минимизации энергопотребления представляет сложную задачу с оценкой влияния ряда факторов при большом количестве возможных вариантов технических решений. Интегральным показателем в таких расчетах может служить отношение удаляемого азота нитратов при денитрификации к затратам электроэнергии.

Заключение. Рассматриваемые предложения могут позволить получить техническое решение, обеспечивающее очистку сточных вод на сооружениях малой и средней производительности, характеризующихся относительно низкими энергозатратами.

Список цитированных источников

1. Национальная стратегия управления водными ресурсами в условиях изменения климата на период до 2030 года. Утверждено постановление Совета Министров Республики Беларусь 22.02.2022 № 91
2. Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen. ATW-DVWK A-131. Hennef 2000. — 46 s.
3. СП 4.01.02-2025 «Очистные сооружения сточных вод» Строительные правила Республики Беларусь, Минск, 2025, 129 с.

УДК 681.5

ВОДНЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ В ПРОЕКТАХ РЕГИОНАЛЬНОГО УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Баламутова А. А.¹, Попов Н. С.², Толстых С. Г.³

¹Аспирант кафедры «Природопользование и защита окружающей среды»,
ТГТУ, Тамбов, 8436931@gmail.com

²Профессор кафедры «Природопользование и защита окружающей среды»,
ТГТУ, Тамбов, eco@mail.tstu.ru

³Доцент кафедры «Системы автоматизированной поддержки принятия решений»,
ТГТУ, Тамбов, svetlanatolstyh@mail.ru

Аннотация. Устойчивое развитие водных инфраструктур в субъектах РФ является основой благополучия нынешних и будущих поколений людей. В докладе выделены инновационные особенности современного водного менеджмента и сделан вывод о необходимости создания проблемно-ориентированной системы поддержки и принятия решений в условиях неопределенности грядущих вызовов. В качестве примеров рассматриваются водные инфраструктуры г. Тамбова и области.

Ключевые слова: устойчивое развитие, водный менеджмент, принятие решений, природо-промышленные макросистемы.

WATER MANAGEMENT IN REGIONAL SUSTAINABLE DEVELOPMENT PROJECTS

Balamutova A. A., Popov N. S., Tolstikh S. G.

Abstract. Sustainable development of water infrastructures in the subjects of the Russian Federation is the basis for the well-being of current and future generations of people. The report highlights innovative features of modern water management and concludes on the need to create a problem-oriented system of support and decision-making in the face of uncertainty of future challenges. Water infrastructures of Tambov and the region are considered as examples.

Keywords: sustainable development, water management, decision making, natural-industrial macrosystems

Введение. По мысли В.И. Вернадского: «Вода стоит особняком в истории планеты. Нет природного тела, которое могло бы с ней сравниться по влиянию на ход основных, самых грандиозных, геологических процессов. Не только земная поверхность, но и глубокие — в масштабах биосферы — части планеты определяются, в самых существенных своих проявлениях, ее существованием и ее свойствами» [1].

Водный менеджмент (ВМ) представляет собой совокупность научно обоснованных методов планирования, контроля, разработки, распределения и оптимального использования водных ресурсов. В проблеме устойчивого развития целью ВМ является управление развитием водных инфраструктур природного и антропогенного происхождения. Для достижения этой цели необходимо обеспечить: сохранность и развитие водных ресурсов, поддержание стабильности гидрологического цикла, использование эффективных водосберегающих и водоочистных технологий в ЖКХ, АПК, промышленности и других сферах хозяйственной деятельности человека.

Основная часть. В настоящее время ВМ имеет ряд сложностей, связанных с постоянным ростом численности населения, расширением сфер его хозяйственной деятельности, появлением в сточных водах новых органических и неорганических веществ (химфармпрепаратов, наночастиц, фиброзных материалов и т.п.), кооперацией экономической деятельности между хозяйствующими субъектами. При этом проблема устойчивого развития общества требует сокращения потребления энергии на очистку, повышения качества очистки стоков, извлечение из сточных вод биогенных веществ на предмет их повторного использования в хозяйстве.

В текущем столетии для ВМ важны: системность, координация, точность прогнозов, многокритериальность и экономия водных ресурсов, в целях обеспечения благосостояния населения, без компромисса устойчивости жизни водных экосистем. Глобальная значимость проблемы использования водных ресурсов такова, что ООН предприняла ряд важных инициатив: 2008 г. был провозглашен международным годом санитарии; 2013 г. — международным годом пресной воды; 2017 г. — международным годом водного сотрудничества; 2005–2015 гг. объявлены международным десятилетием действий «Вода для жизни»; 2016 г. ознаменован принятием резолюции «Международное десятилетие действий «Вода для устойчивого развития», 2018–2028 годы»; 2023 г. характеризуется инициативой ООН по восстановлению деградировавших рек, озер и водно-болотных угодий.

В Указе Президента РФ от 7 мая 2024 г. № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года» одна из целей определена как *экологическое благополучие*, согласно которой к 2036 г. предстоит снизить объем неочищенных сточных вод сбрасываемых в основные водные объекты в 2 раза. В Тамбовской области России реализуются две региональные программы, направленные на совершенствование

водных инфраструктур — водоснабжения и водоотведения. В 2009 г. администрацией области принят закон №568-З «О питьевой воде и питьевом водоснабжении в Тамбовской области» в целях установления правовых гарантий удовлетворения потребности населения в качественной питьевой воде, а в 2017 г. администрацией города Тамбова принято Постановление «Об утверждении схемы водоотведения г. Тамбова на период 2018–2030 годов», к основным задачам которого отнесены реконструкция и строительство канализационных систем, переход на более эффективные и технически современные технологии очистки стоков с утилизацией осадка, а также разработка и внедрение АСУТП для обеспечения энергоэффективности очистных сооружений и оперативного контроля за процессами очистки.

В рамках научной школы Тамбовского государственного технического университета «Теория и практика устойчивого развития природо-промышленных систем» ведутся работы по моделированию и управлению процессами очистки сточных вод на городских очистных сооружениях. Методология системного подхода, основанная на концепции универсального эволюционизма академика Н. Н. Моисеева позволила сформулировать целый ряд задач исследования проблемы устойчивого развития объектов региональной экономики, проектирования и управления процессами биологической очистки, разработать программные продукты для оценки пропускной способности очистных систем канализации и реконструкции подсистем «аэротенк — отстойник». Конкретные результаты исследований содержатся в докладе.

Заключение. В условиях дефицита водных ресурсов и роста объемов сточных вод решающее значение имеют методы математического моделирования и управления состоянием инфраструктурных водных систем.

Список цитированных источников

1. Вернадский, В. И. История природных вод / В. И. Вернадский ; отв. ред. С. Л. Шварцев, Ф. Т. Яшина. — М. : Наука, 2003. — 750 с.

УДК 504.4.054

О СОСТОЯНИИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ МАЛОГО ГОРОДА

Басалай Е. Н.¹

¹*Брест, Республика Беларусь, basalaiekaterina@yandex.ru*

Аннотация. В статье проанализирована внутригодовая динамика содержания азота аммонийного, органических (по БПК₅) и взвешенных веществ в р. Лесной Брестской области в зоне влияния очистных сооружений г. Каменца в 2023 г.

Ключевые слова: городские очистные сооружения, поверхностный водный объект, динамика концентраций, аммонийный азот, органические и взвешенные вещества.

ABOUT THE STATE OF SURFACE WATER IN THE AREA OF INFLUENCE OF WASTEWATER TREATMENT PLANTS OF A SMALL CITY

Basalai K. M.

Abstract. The article analyzes the year dynamics of ammonium nitrogen, organic and suspended substances concentrations in the Lesnaya river of the Brest region above and below the discharge point of treated wastewater from urban treatment facilities of the small city of Kamianets during 2023.

Keywords: urban wastewater treatment plants, the dynamics of concentrations, ammonium nitrogen, organic and suspended substances.

Введение. Актуальной экологической проблемой Беларуси является поступление в водные объекты загрязняющих веществ с недостаточно очищенными сточными водами. Результаты мониторинга поверхностных вод [1, 2] и исследования автора [3, 4] свидетельствуют об устойчивом характере загрязнения вод в бассейнах рек Брестской области.

Материалы и методы. Для изучения влияния городских очистных сооружений (ОС) на загрязнение поверхностных вод проанализировано влияние сброса очищенных сточных вод с городских ОС малого города Брестской области на примере г. Каменца (численность населения в 2023 г. — 8 301 человек [5]). Автором выполнен сбор данных о качестве воды из р. Лесной; пробы речной воды отобраны в течение 2023 г. выше и ниже ОС г. Каменца.

Результаты и обсуждение. В течение 2023 г. в Республике Беларусь в окружающую среду поступило 1 266 млн м³ вод; при этом в поверхностные водные объекты Брестской области сброшено 156,9 млн м³ сточных вод, среди которых 74,5 млн м³ (47,5 %) подверглись очистке на ОС до требуемых нормативов [6]. Каменецкие ОС в течение 2023 г. также функционировали без превышения нормативов допустимых сбросов химических и иных веществ.

ОС г. Каменца мощностью 1 800 м³/сут введены в эксплуатацию в 2016 г. И включают сооружения механической и биологической очистки сточных вод и обработки образующегося осадка. В течение 2023 г. фактический сброс сточных вод с ОС составил 1 241,3 м³/сут (69,0 % от проектной мощности, рисунок 1).

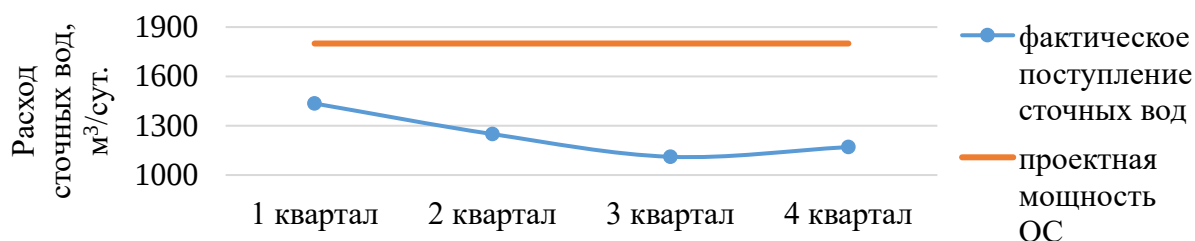


Рисунок 1 — Динамика сброса очищенных сточных вод с ОС г. Каменца в течение 2023 г.

В течение пяти лет с ОС г. Каменца в среднем ежегодно сбрасывалось 1,2 млн м³ очищенных сточных вод. Рисунок 2 свидетельствует о снижении количества сбрасываемых сточных вод в течение анализируемого пятилетнего периода с 1,23 млн м³ 2019 г. до 1,18 млн м³ в 2023 г.

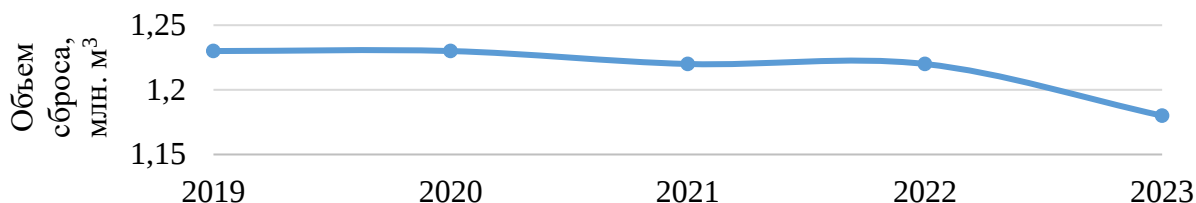


Рисунок 2 — Динамика объемов сброса очищенных сточных вод за период 2019–2023 гг.

Основными источниками поступления азота аммонийного в водные объекты являются сточные воды и поверхностный сток с сельскохозяйственных полей [7]. Высокие его концентрации приводят к загрязнению воды, вызывая рост водорослей и водных растений, что способствует ухудшению качества воды. Продуктом распада аммонийного азота является аммиак, который оказывает токсическое действие на гидробионтов, вызывая их гибель [4]. В Беларуси установлена величина предельно допустимой концентрации (ПДК) для азота аммонийного — 0,39 мгN/дм³. Динамика концентраций данного показателя в воде р. Лесная отображена на рисунке 3, анализ которого свидетельствует о непревышении норматива ПДК азота аммонийного выше и ниже выпуска сточных вод с ОС г. Каменца в р. Лесную.

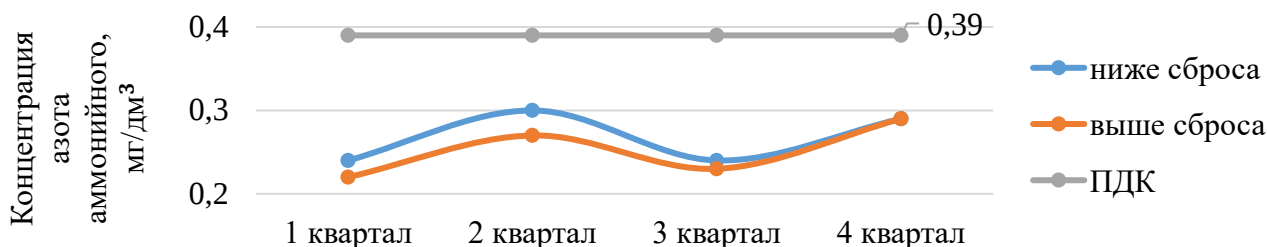


Рисунок 3 — Динамика содержания азота аммонийного в воде р. Лесная в 2023 г.

Наличие взвешенных веществ в поверхностных водах свидетельствует об их загрязненности нерастворимыми примесями минерального происхождения [4]. При этом на взвешенных частицах могут сорбироваться загрязняющие вещества, которые, оседая на дно, становятся источником вторичного загрязнения воды. Взвешенные вещества в высоких концентрациях приводят к снижению прозрачности воды и ухудшению ее качества, что оказывает негативное влияние на гидробионтов. Анализ динамики взвешенных веществ в воде р. Лесной, показанной на рисунке 4, свидетельствует о непревышении норматива их ПДК выше и ниже выпуска сточных вод с ОС г. Каменца в р. Лесную.

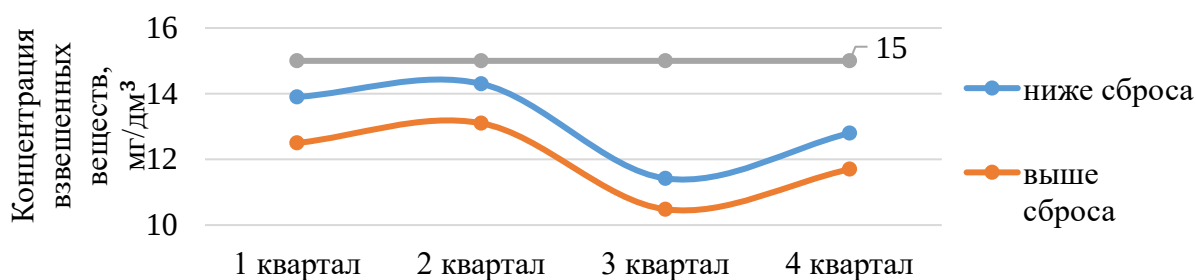


Рисунок 4 — Динамика содержания взвешенных веществ в воде р. Лесная в 2023 г.

Органические вещества являются константным компонентом природных вод, а также поступают в них со сточными водами и дождевым поверхностным стоком. Попадание в водоем избыточного количества органических веществ приводит к ухудшению качества воды и снижению биоразнообразия [4]. Рисунок 5 свидетельствует о том, что концентрации органических веществ в течение 2023 г. выше и ниже сброса очищенных сточных вод с ОС г. Каменца не превышают установленные нормативы ПДК.

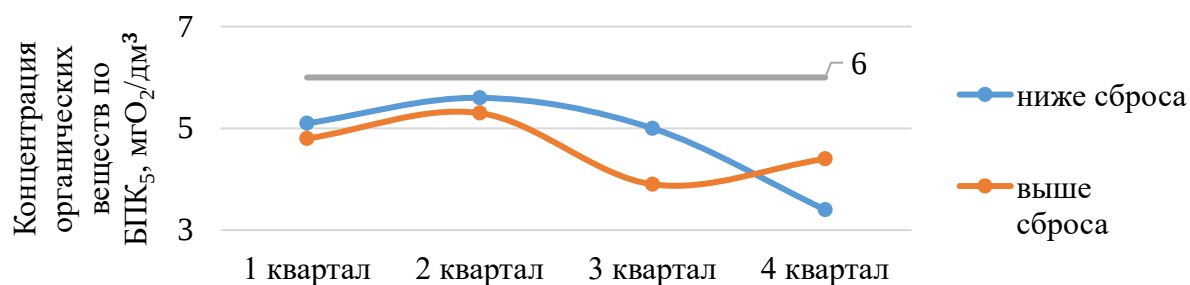


Рисунок 5 — Динамика содержания органических веществ (по БПК₅) в воде р. Лесная в 2023 г.

Заключение. Для участка р. Лесной близ г. Каменца характерна благоприятная ситуация по содержанию в речной воде азота аммонийного, органических и взвешенных веществ в течение 2023 г. как выше, так и ниже места сброса очищенных сточных вод с городских ОС, что свидетельствует о хорошем экологическом состоянии речной экосистемы. Установлено снижение количества сбрасываемых очищенных сточных вод с ОС г. Каменца в течение 2020–2023 гг.

Список цитированных источников

1. Домнин, Д. А. Оценка биогенной нагрузки валовым азотом и фосфором в бассейне реки Западная Двина с использованием математических моделей / Д. А. Домнин // Научные проблемы оздоровления российских рек и пути их решения : сб. науч. тр. (Нижний Новгород, 08–14 сентября 2019 года). — Нижний Новгород : Студия Ф1, 2019. — С. 356–359.
2. Голод, Ю. В. Влияние городских сточных вод на окружающую среду, сбрасываемых после очистных сооружений населенных пунктов / Ю. В. Голод, А. И. Денищик // Научно-технический прогресс в жилищно-коммунальном хозяйстве : сб. тр. / Институт жилищно-коммунального хозяйства НАН Беларуси ; под общ. ред. В. О. Китикова. — Минск, 2023. — С. 96–100.

3. Басалай, Е. Н. Влияние очистных сооружений на состояние поверхностных вод бассейна трансграничной реки Западный Буг / Е. Н. Басалай, В. С. Хомич // Туристический и природный потенциал водных объектов белорусско-польского пограничья: материалы науч.-практ. конференции (Брест, 30–31 октября 2020 года). — Брест : Альтернатива, 2021. — С. 12–22.

4. Басалай, Е. Н. Оценка влияния городских очистных сооружений Брестской области на загрязнение поверхностных вод / Е. Н. Басалай // Природопользование. — 2019. — № 2. — С. 86–95.

5. Численность населения на 1 января 2024 г. по Республике Беларусь в разрезе областей, районов, городов, поселков городского типа : статистический бюллетень — 2024 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.belstat.gov.by/upload/iblock/486/uffrnge0ue8w5xizr44cc8qwaхwpk4a6.pdf>. — Дата доступа 02.03.2025 г.

6. Охрана окружающей среды в Республике Беларусь : статистический сборник — 2024 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.belstat.gov.by/upload/iblock/63d/6sw71bg3qcgp52jpxzg38w5ovow9u2sk.pdf>. — Дата доступа 02.03.2025 г.

7. Ресурсы поверхностных вод СССР. Описание рек и озер и расчеты основных характеристик их режима / под ред. З. И. Мироненко. — Л. : Гидрометеиздат, 1971. — 700 с.

УДК 628.171.033

ВОДОСНАБЖЕНИЕ И ВОДООТВЕДЕНИЕ КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА ПО БАСЕЙНУ РЕКИ ЕСИЛЬ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

***Ботантаева Б. С.¹, Вагапова А. Р.², Сагыбекова А. О.¹,
Калиева К. Е.², Набиоллина М. С.²***

¹Казахский автодорожный институт им. Гончарова, г. Алматы, botantaeva_b@mail.ru

²Казахский национальный аграрный исследовательский университет, г. Алматы, Казахстан, vagapova-alina@rambler.ru

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы водоснабжения и водоотведения городов и поселков по водохозяйственному бассейну реки Есиль на территории Республики Казахстан на современном уровне и на перспективу, где описано, что в большинстве городов коммунальные системы водоснабжения введено в эксплуатацию более 30–35 лет назад, и в настоящее время износ основных фондов водопроводно-канализационного хозяйства достиг 70% и более.

В статье приводится, что по официальным данным городских коммунальных служб потери воды достигают 25–40% от объема добытой воды. Количество аварий на сетях ежегодно увеличивается в среднем на 3–5%. Старение сети происходит более опережающими темпами, чем ее восстановление.

Системы водоснабжения и водоотведения в городах объединенные. Стоки небольших предприятий отводятся в городскую канализацию. Поэтому, несмотря на сравнительно невысокий охват централизованным водоотведением, объем водоотведения в коммунальном хозяйстве сравнительно высокий и составляет 67,7% от общего забора воды. Причем 83,9% сточных вод приходится на города Астана и Петропавловск. В ряде городов и поселков сточные воды без очистки сбрасываются на поля фильтрации и пруды-накопители, испарители (гг. Макинск, Акколь, Сергеевка, Атбасар).

Анализ имеющихся материалов по состоянию водоснабжения и канализации городов показал, что для приведения систем в нормативное состояние потребуются значительные инвестиции на исследовательские, проектно-изыскательские и строительные работы.

Ключевые слова: водоснабжение, водоотведение, забор воды, очистные сооружения, водообеспеченность, износ сетей коммунального хозяйства.

WATER SUPPLY AND WATER DISPOSAL OF MUNICIPAL SERVICES IN THE ESIL RIVER BASIN IN THE TERRITORY OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

**Botantaeva B. S., Vagapova A. R., Sagybekova A. O.,
Kalieva K. E., Nabiollina M. S.**

Abstract. *The article examines the issues of water supply and sanitation of cities and towns along the water management basin of the Yesil River in the Republic of Kazakhstan at the present level and for the future, where it is described that in most cities, municipal water supply systems were put into operation more than 30–35 years ago, and currently the depreciation of fixed assets of the water supply and sanitation sector has reached 70% or more.*

The article states that, according to official data from municipal utilities, water losses reach 25–40% of the volume of water extracted. The number of network accidents increases annually by an average of 3–5%. The network is aging at a faster rate than its restoration.

Water supply and sanitation systems in cities are combined. Wastewater from small enterprises is discharged into the city sewerage system. Therefore, despite the relatively low coverage of centralized sanitation, the volume of sanitation in the municipal sector is relatively high and amounts to 67.7% of the total water intake. Moreover, 83.9% of wastewater falls on the cities of Astana and Petropavlovsk. In a number of cities and towns, wastewater is discharged without treatment into filtration fields and storage ponds, evaporators (Makinsk, Akkol, Sergeevka, Atbasar cities).

An analysis of the available materials on the state of water supply and sewerage in cities showed that significant investments in research, design and survey, and construction work will be required to bring the systems up to standard.

Key words: water supply, water disposal, water intake, treatment facilities, water availability, wear and tear of utility networks.

Введение. На рассматриваемой территории расположено 16 городов и 5 поселков, из них: г. Астана — столица республики, города Кокшетау и Петропавловск — областные центры, города Атбасар и Степногорск — города областного подчинения.

По данным Агентства РК по статистике численность населения на 2025 год составила 2845,746 тыс. человек, в том числе: г. Астана — 1536,924 тыс. человек, по Акмолинской области — 787,650 тыс. человек, Северо-Казахстанская — 521,172 тыс. чел. (19% от общей численности). тыс. человек.

Необходимо отметить высокую концентрацию населения в 3-х больших городах — Астане, Кокшетау и Петропавловске. В них сосредоточено 81% от общей численности городского населения бассейна и почти 82,5% населения городов.

Города Петропавловск и Кокшетау с численностью населения соответственно 203,573 и 137,268 тыс. человек относятся к числу больших, остальные 13 — малые, к которым относятся города с численностью населения, не превышающей 50 тыс. человек.

Бассейн р. Есиль относится к числу наименее обеспеченных ресурсами как подземных, так и поверхностных вод.

Материалы и методы. г. Астана. *Сети водоснабжения.* На балансе ГКП «Астана су арнасы» находится около 600 километров водопроводных сетей. Срок эксплуатации некоторой части их исчисляется с 1937 года. В настоящее время протяженность сетей трубопроводов, подлежащих замене, достигает более 90 километров. Требуется также решения вопрос водоснабжения окраинных, вновь присоединенных к городу поселков.

Сети водоотведения и канализационные насосные станции. На балансе ГКП «Астана су арнасы» находится более 250 километров сетей канализации, общий износ составляет 72%. Канализация города Астаны поделена на две самостоятельные канализационные зоны. Отвод стоков осуществляется 39-ю районными насосными станциями, более половины эксплуатируются свыше 30 лет, а некоторые находятся в аварийном состоянии из-за изношенности строительных конструкций.

Канализационные очистные сооружения. Из канализационных труб сточные воды города поступают на очистку на станцию аэрации. Очистка состоит из двух этапов: механической очистки; биологической очистки. Отработанный старый ил отсасывается по илопроводу на захоронение. А очищенная вода подается насосами в накопитель сточных вод Талды-Коль.

Существующая система канализационных станций эксплуатируется с 1969 года. Проектная мощность сооружений 135,9 тысяч м³/сутки. Сточные воды после очистки сбрасываются в испарительный накопитель Талды-Коль.

Существует потенциальная угроза, затопления территорий левобережья этими водами. Поэтому сейчас возникли две задачи, требующие быстрого решения, — ликвидация накопителя с отводом обеззараженных сточных вод в другие существующие водоемы и утилизация осадка иловых площадок.

Нарушение гидравлического режима грунтовых вод в районе накопителя Талды-коль, обусловленного взаимосвязанной системой подземных водотоков района р. Есиль и озера Большой Талдыколь, привело к подъему уровня грунтовых вод левобережья, что усугубляет и без того сложную гидрогеологическую ситуацию г. Астаны и приводит как к подтоплению существующих строений, так и к удорожанию строительства новых объектов, из-за усложняющихся мероприятий по водопонижению на площадках строительства.

Для предотвращения негативного влияния накопителя сточных вод Талдыколь на экологию региона было принято решение о его ликвидации с последующей рекультивацией освобождаемых территорий, что возможно только с прекращением сброса сточных вод в накопитель.

Срок амортизации более 80% сетей истек в городах Кокшетау, Державинск, Есиль, Щучинск и поселках Боровое, Бирлестик, Бестобе и Станционный. Частые аварии на сети обуславливают большие утечки воды в сети и, как следствие, отражаются на уровне водообеспеченности населения.

По официальным данным городских коммунальных служб потери воды достигают 25–40% от объема добытой воды. Кроме того, нерациональному использованию воды способствует отсутствие или низкий уровень учета добываемой и потребляемой воды.

Количество аварий на сетях ежегодно увеличивается в среднем на 3–5%. Старение сети происходит более опережающими темпами, чем ее восстановление.

Городская канализационная система в городе Кокшетау введена в эксплуатацию в 1957 году. Сточные воды перекачивались на поля фильтрации. С 1972 года сточные воды сбрасывались в накопитель Мырзакольсор, а с 1993 года сточные воды по трубопроводу сбрасываются в Ахметжансор. В настоящее время износ существующих канализационных очистных сооружений по этапам очистки составляет от 50 до 90%, а сооружение по обеззараживанию осадка не укомплектовано необходимым оборудованием. Фактическая мощность превышает проектную. Естественно, эффективность очистки сточных вод крайне низкая. Существует проблема пропуска стоков ввиду заиливания подводящих и отводящих трубопроводов первичных отстойников. В настоящее время накопители заполнены до проектной отметки и создают угрозу прорыва стоков.

Систематическое недофинансирование отрасли, отсутствие капитальных ремонтов могут иметь негативные результаты в части снижения уровня предоставляемых услуг населению. В ближайшие 5–6 лет, если не будут приняты действенные меры, следует ожидать серьезных негативных последствий, вплоть до полного выхода из строя важнейших систем жизнеобеспечения городов.

Исходя из наличия проблем с водоснабжением и водоотведением, технического состояния систем водоснабжения и канализации, определен состав необходимых мероприятий в разрезе каждого населенного пункта для обеспечения нормального функционирования систем.

Степень благоустройства жилой застройки городов и поселков

Во всех городах и поселках имеются коммунальные системы водоснабжения. Все системы объединенные, подача воды осуществляется на нужды коммунального хозяйства и местной промышленности. Кроме того, ряд предприятий имеет собственные водозаборы для обеспечения производственных и хозяйственных нужд.

По бассейну 95,1% населения обеспечивается водой из централизованных систем, причем 75,56% населения проживает в домах с полным благоустройством, 19,54% пользуется водоразборными колонками. В целом по бассейну 62,65 тыс. человек (4,9% от общей численности) испытывают проблемы с водоснабжением, это население городов Макинск, Державинск, Щучинск и Тайынша, поселки Заводской, Аксу и Бестобе. В основном доступ к централизованным системам имеет до 90% населения.

Из-за высокого износа сетей и частых аварий в городах (Акколь, Атбасар, Державинск и др.) и ряде поселков (Заводской, Аксу и др.) вода подается по графику или с перебоями.

Степень оснащенности внутриквартирными приборами учета воды различна как в городах, так и поселках и составляет в среднем 40–50%, колеблясь от 25–30 до 60–78%. Это влечет за собой неравномерное использование воды, снижение удельных объемов водопотребления.

Степень охвата приборами учета на современном уровне составляет в крупных городах бассейна: Астана — 81%, Петропавловск — 77,3%, Кокшетау — 79,9%, Степногорск — 86,7%.

Одной из самых основных, важных и сложных проблем санитарно-коммунального благоустройства населенных мест является сбор, удаление, обеззараживание нечистот, отходов и отходов, которые накапливаются в результате жизнедеятельности людей.

Канализация городов и поселков бассейна находится в значительно худшем состоянии, чем водоснабжение. Централизованным обслуживанием канализаций охвачено 66,22% городского населения бассейна или 846,53 тыс. человек. Причем этот уровень обеспечивается за счет сравнительно высокого охвата канализацией населения отдельных больших городов. Город Державинск и Тайынша не канализованы, в ряде населенных пунктов нет канализационных очистных сооружений.

Общая протяженность канализационных сетей составила 1092,50 км. Очистка стоков осуществляется на станциях механической и биологической очистки. Стоки поступают, в случае отсутствия очистки, на естественные поля фильтрации, загрязняя значительные территории и являясь источником экологической опасности.

Результаты и обсуждение. Для коммунального хозяйства характерна почти равномерность водопотребления в течение года. Небольшие колебания (10–20% среднегодового) наблюдаются в летнее время.

Из общего забора воды отраслями экономики на современном уровне 45,28% приходится на коммунально-бытовые нужды. Забор свежей воды в бассейне

сократился с 111,68 млн. м³ в 1990 году до 98,54 млн. м³ в 2020 году. Данные по забору воды в разрезе административных областей приведены рис. 1.

Пропорционально объемам водозабора сократилось и водоотведение. Системы водоснабжения и водоотведения в городах объединенные. Стоки небольших предприятий отводятся в городскую канализацию.

Отклонение в меньшую сторону в городах и поселках с плохим техническим состоянием сетей и сооружений, большими потерями в сетях наблюдается в городах Атбасар, Акколь, Державинск, Тайынша, Мамлютка и поселках Заводской и Бестобе. Уменьшение норм ниже нормативных значений вызвано, зачастую, не отсутствием мощностей, а значительными потерями воды из «дырявых сетей», а также экономией воды населением в связи с установкой приборов учета. В поселках Заводской, Аксу и Бестобе не обеспечена круглосуточная подача воды, что снижает как объем общего водопотребления, так и удельные нормы.

Фактическая среднесуточная норма потребления холодной воды колеблется в широких пределах:

- до 60 л/сут на жителя в городах Акколь, Макинск, Державинск, Мамлютка, Ерейментау поселках Заводской, Аксу и Бестобе;
- от 60 до 120 л/сут на жителя в городах Атбасар, Есиль, Кокшетау, Тайынша, Щучинск, Степняк, Булаево и поселках Шантобе и Станционный;
- выше 120 л/сут на жителя в городах Астана, Сергеевка, Петропавловск, Степногорск.

Необходимо отметить, что часть воды, потребляемая населением (до 40% от общего объема), подается из сети горячего водоснабжения. Предприятия теплоэнергетики, готовящие горячую воду, относятся к промышленности и, в основном, получают воду от Горводоканалов. Следовательно, показатель фактического потребления будет несколько выше.

Объем водопотребления на нужды коммунального хозяйства планируется с учетом анализа ретроспективы, в которой приведены данные по водозаборам, начиная с 1990 года. Рост населения и повышения благоустройства жилой застройки позволили спрогнозировать забор на нужды коммунального хозяйства до уровня 2040 г.

Намечаемый забор воды на нужды коммунального хозяйства

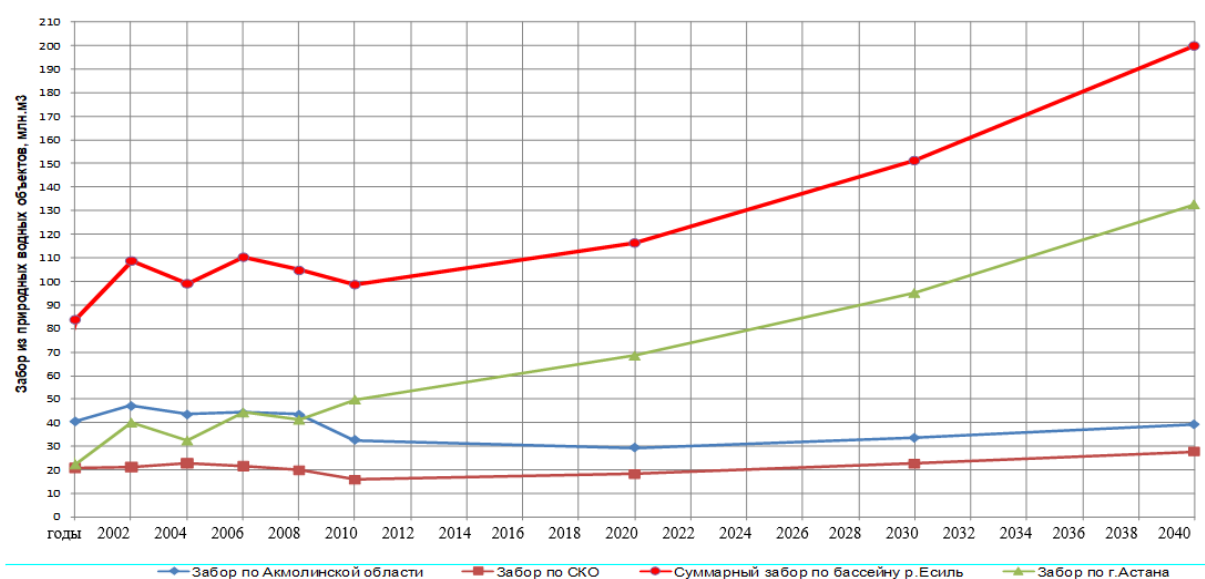


Рисунок 1 — Забор из природных водных объектов для коммунального хозяйства по бассейну

Водоотведение. В городах Астана, Петропавловск, Кокшетау и Степногорск большая часть населения (от 60 до 96%), обслуживаемого централизованными системами водоснабжения, также охвачена централизованным сбором и очисткой сточных вод.

В ряде других городов и поселков (гг. Есиль, Акколь, Атбасар, Ерейментау, Булаево, Степняк и др.) доля населения, охваченная централизованным водоснабжением, также высока, но сбор и особенно очистка сточных вод, не так широко развиты.

Практически почти все станции очистки сточных вод проектировались и строились как механико-биологические, однако на некоторых из них сооружения биологической очистки не функционируют совсем или функционируют неэффективно. Такие канализационные очистные сооружения (КОС), по сути, являются механическими.

Системы водоснабжения и водоотведения в городах объединенные. Стоки небольших предприятий отводятся в городскую канализацию. Поэтому, несмотря на сравнительно невысокий охват централизованным водоотведением, объем водоотведения в коммунальном хозяйстве сравнительно высокий и составляет 67,7% от общего забора воды. Причем 83,9% сточных вод приходится на города Астана и Петропавловск.

В ряде городов и поселков сточные воды без очистки сбрасываются на поля фильтрации и пруды-накопители, испарители (гг. Макинск, Акколь, Сергеевка, Атбасар).

Водоотведение г. Астаны. Согласно утвержденному Техническому заданию в ТЭО «Ликвидация накопителя сточных вод Талдыколь с рекультивацией в г. Астане» (разработанным ТОО «Курылысэкспертпроект») предусматривается выделение двух очередей строительства:

I-я очередь строительства включает:

1. Объекты строительства и реконструкции I-й очереди канализационных очистных сооружений г.Астаны (далее КОС), производительностью 135,9 тыс. м³/сутки. При этом основной целью является прекращение сброса очищенных сточных вод (далее ОСВ) с КОС в накопитель Талды-коль для обеспечения последующего сброса в р. Есиль.

В состав поставленных задач по данному направлению входят:

- реконструкция основного производства в целях достижения качества очистки сточных вод до показателей, позволяющих производить сброс в проточный водоем;
- строительство напорного коллектора от КОС г. Астаны до точки сброса в р. Есиль ниже г.Астаны;
- техническое перевооружение вспомогательного производства и усовершенствование обслуживающего хозяйства КОС.

Основная продукция: очищенные сточные воды в объеме 135,9 тыс. м³/сутки. Побочная продукция отработанный иловый осадок.

2. Ликвидацию накопителя Талдыколь. Основная цель данного направления — уменьшение зеркала накопителя Талдыколь до размеров природного озера Большой Талдыколь (с 2021 га до 612 га), в соответствии с поставленной задачей необходимо:

- удаление донного ила
- понижение уровня воды в накопителе;
- рекультивация осушенных земель.

Попутная продукция — придонный иловый осадок.

Во II-й очереди строительства предусматривается строительство комплекса сооружений новой очереди КОС производительностью 118 тыс. м³/сутки, в целях увеличения общей производительности КОС до 254 тыс. м³/сутки с перспективой до 2040 года. Основная продукция: очищенные сточные воды в объеме 118 тыс. м³/сутки. Побочная продукция — отработанный иловый осадок с сооружений II-й очереди.

На рассматриваемой территории за 2020 г. было сформировано 81,19 млн. м³ сточных вод от коммунального хозяйства и промышленности, из них 7,22 млн. м³ сброшено в водные объекты.

В перспективе расчеты показывают, что будет к 2040 году формироваться 405,47 млн. м³ сточных вод, из них нормативно чистых и нормативно очищенных допустимых к сбросу в водные объекты 25,41 и 182,81 млн. м³, сброшено на рельеф местности 2,34 и отправлено в накопители и поля фильтрации — 194,92 млн. м³ (таблица 1).

Таблица 1 — Сброс сточных, шахтно-рудничных вод от коммунального хозяйства и промышленности по бассейну, млн. м³

Годы	Всего	В природные поверхностные водные объекты, млн. м ³					На рельеф местности	В накопители, поля фильтрации
		всего	загрязненных		нормативно чистых без очистки	нормативно очищенных		
			без очистки	недост. очищ.				
1990	88,430	18,590	0	0	12,440	6,150	5,510	64,330
2020	81,189	7,218	0	0	0,926	6,292	0,974	72,997
2025	111,934	38,735	0,000	0,000	5,611	33,123	0,918	72,281
2030	158,431	60,405	0,000	0,000	8,807	51,598	1,259	96,767
2040	405,471	208,214	0,000	0,000	25,407	182,806	2,336	194,921

Закключение. Анализ имеющихся материалов по состоянию водоснабжения и канализации городов показал, что для приведения систем в нормативное состояние потребуются значительные инвестиции на исследовательские, проектно-изыскательские и строительные работы.

Выделяемых средств из бюджетов различных уровней крайне недостаточно. Старение систем происходит более опережающими темпами.

Капитальные вложения на модернизацию систем городского водопроводно-канализационного хозяйства складываются из затрат на реконструкцию существующих сетей и сооружений, и нового строительства объектов.

Суммарный объем капитальных вложений на модернизацию коммунального водопроводно-канализационного хозяйства городов бассейна на период 2020–2040 гг. составляет 247,45 млрд. тенге, в т.ч. в системы водообеспечения — 110,99 млрд. тенге, водоотведения — 100,96 млрд. тенге и ливневой канализации — 35,5 млрд. тенге.

Капитальные вложения, отнесенные на реконструкцию внешних сетей водопровода и канализации промышленности, ориентировочно определены в размере 10% от капитальных вложений всего коммунального хозяйства и составляют 21,195 млрд. тенге.

Список цитированных источников

1. Схема комплексного использования и охраны водных ресурсов бассейна р. Есиль на территории Республики Казахстан. // Сводная записка, Производственный кооператив «Институт Казгипроводхоз», Алматы, — 2006. — 133 с.
2. Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление // Климат Казахстана — основа формирования водных ресурсов / Под науч. ред. Сальникова В. Г., Алматы. — 2012. — Т. V — 430 с.
3. Павлинова, И. И. Водоснабжение и водоотведение: учебник и практикум для вузов / И. И. Павлинова, В. И. Баженов, И. Г. Губий. — 5-е изд., перераб. И доп., Москва: Издательство Юрайт, — 2021. — 380 с. — ISBN 978-5-534-00626-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/468626>.

4. Национальный обзор жилищного хозяйства Казахстана / Европейская экономическая комиссия ООН. — 2018.
5. Долматов С.Ю., Галкин А. В. Математические модели износа трубопроводов систем водоснабжения // Водоснабжение и санитарная техника. — 2018. — №3. — С. 54–58.
6. Сайриддинов С. Ш., Селезнев В. А., Бухман Н. С. О некоторых аспектах повышения эффективности действующих элементов систем водоснабжения // Градостроительство и архитектура. — 2021. — Т. 11, — № 4. — С. 11–21. DOI: 10.17673/Vestnik.2021.04.2.
7. Косухин М. М. Водоотводящие инженерные сети в прошлом, настоящем и будущем // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. — 2017. — №6. — С. 29–34.
8. Михайлов М. Ю. Выбор технологии и материалов для санации трубопроводов // Вестник науки. 06.2019. — №6 (15) — Т. 4. — с. 361–363.
9. Рыльцева Ю. А., Орлов В. А. Системы визуального обследования и ремонта водопроводных и водоотводящих трубопроводов // Научный журнал «Инженерный вестник Дона». — 2020. — № 4.
10. Износ коммунальных сетей: для нормального функционирования инфраструктуры нужны инвестиции/finprom.kz. 14.12.2022. URL: <https://finprom.kz/ru/article/iznos-kommunalnyh-setejdlya-normalnogo-funkcionirovaniya-infrastruktury-puzhny-investicii>.
11. ООО «ЮНИКОН-ЗСК». Журнал «Реновация трубопроводов коммунального назначения». 05.2018. URL: <https://unicon-pirs.ru/>.
12. Фролов А.О., Быков А.А. Проектирование автоматизированной системы обнаружения аварий в водопроводной сети // Sciences of Europe. — 2021. — №65. — С. 50–54.

УДК 628.16

ВЛИЯНИЕ СТЕПЕНИ АЭРАЦИИ ВОДЫ НА УДАЛЕНИЕ ЖЕЛЕЗА В НАПОРНЫХ ФИЛЬТРАХ С ПЕСЧАНОЙ ЗАГРУЗКОЙ И СОРБЕНТОМ АС ПРИ ОБРАБОТКЕ ВОДЫ СЛОЖНОГО СОСТАВА

Велюго Е. С.¹, Ющенко В. Д.²

*¹Учреждение образования «Полоцкий государственный университет
имени Евфросинии Полоцкой», г. Новополоцк, Республика Беларусь,
магистр технических наук, e.velugo@psu.by*

*²Витебское областное коммунальное унитарное предприятие водопроводно-
канализационного хозяйства «Витебскоблводоканал», кандидат технических наук,
yuvd46@mail.ru*

Аннотация. *Подземные воды населенных пунктов требуют особое внимание, поскольку они часто имеют превышение нормативной концентрации по нескольким показателям, включая соединения железа, аммония и перманганатной окисляемости. Такая вода имеет сложный состав с точки зрения ее обработки, поэтому важно определить эффективность применяемых аэрационных систем и фильтрующих материалов напорных фильтров при обработке природных вод сложного состава, что позволит улучшить существующие технологии обезжелезивания подземных вод малогабаритных напорных установок.*

Ключевые слова: природные воды, обезжелезивание, сложный состав воды, водоочистка, аэрация, малый населенный пункт.

INFLUENCE OF WATER AERATION DEGREE ON IRON REMOVAL IN PRESSURE FILTERS WITH SAND LOADING AND SORBENT AC WHEN PROCESSING WATER OF COMPLEX COMPOSITION

Velyugo E. S, Yushchenko V. D.

Abstract. *Groundwater in populated areas requires special attention, since it has concentrations exceeding the standard for several indicators, including iron and ammonium compounds. Such water has a complex composition from the point of view of its processing, therefore it is important to determine the efficiency of the applied aeration systems and filter materials of pressure filters when processing natural waters of complex composition, which will improve the existing technologies for iron removal from groundwater of small-sized installations.*

Keywords: natural waters, iron removal, complex water composition, water purification, aeration, small settlement.

Введение. Подземные воды в Республике Беларусь могут быть использованы для хозяйственно-питьевого водоснабжения, однако для этого необходимо улучшить некоторые показатели и привести их в соответствие с требованиями питьевого стандарта. Основным элементом, определяющим качество подземных вод в стране, является железо, которое встречается в различных соотношениях и концентрациях в сочетании с марганцем, органическими и аммонийными соединениями [1–2]. Совместная обработка этих компонентов представляет собой сложную задачу и актуальную проблему.

Метод упрощенной аэрации с последующим фильтрованием через напорные песчаные фильтры считается самым простым и экономичным способом удаления железа. Тем не менее, анализ работы установок по обезжелезиванию воды в небольших населенных пунктах Витебской области Республики Беларусь, использующих этот метод, показал их низкую эффективность при сложном составе природной воды [3].

С целью определения эффективности применяемых аэрационных систем и фильтрующих материалов напорных фильтров при обработке природных вод сложного состава были поставлены следующие задачи:

- изучение влияния степени аэрации воды сложного состава на удаление железа в напорных фильтрах с песчаными и сорбционными загрузками;
- определение эффективности снижения железа при различных концентрациях ион-аммония и перманганатной окисляемости в исходной подземной воде.

Материалы и методы. Исследования, направленные на оценку влияния аэрации воды для снижения концентрации железа в природной воде сложного состава, проводились в напорных фильтрах с песчаными и сорбционными загрузками с использованием компрессоров на реальных станциях обезжелезивания. Для сопоставления и анализа полученных данных было решено провести эксперименты в различных районах Витебской области, таких как Шумилинский, Полоцкий, Россонский, где установлены станции водоподготовки, работающие по методу упрощенной аэрации. Это позволяет осуществлять эксперименты как на пилотных установках, так и в реальных производственных условиях.

Рассматриваемые объекты были разбиты на 2 группы по максимально схожему составу исходной воды по ключевым загрязняющим веществам, таким как железо, общий аммонийный азот и перманганатная окисляемость. В каждой группе было по два–три объекта.

Состав исходной воды сложного состава первой группы соответствует следующим параметрам: железо — 3,2–3,5 мг/дм³, общий аммонийный азот — 1,5–2,5 мг/дм³, перманганатная окисляемость — 4,5–5,0 мгО₂/дм³, величины pH 7,2–7,4 и $Eh \approx 65$ –90 мВ.

Состав исходной воды второй группы соответствует следующим параметрам: железо — 4,5–5,2 мг/дм³, общий аммонийный азот — 3,4–4,7 мг/дм³, перманганатная окисляемость — 5,2–8,0 мгО₂/дм³, цветность до 35 град, величины pH 7,4–7,6 и $Eh \approx 54$ –70 мВ.

Эксперименты выполнялись на реальной подземной воде при работе как производственных фильтров, так и пилотной установке, состоящей из компрессора, аэрационной колонны и фильтровальной колонны. Давление исходной воды изменялось работой скважинного насоса. Отбор проб выполняли не менее 2-х часов работы пилотной установки и 10-и часов на производственных фильтрах после их выхода на рабочую эффективность. Определение концентрации общего железа осуществлялось фотометрическим методом на взаимодействии ионов железа в щелочной среде с сульфосалициловой кислотой до образования окрашенного в желтый цвет комплексного соединения. Параллельно анализировали три образца.

Применяя компрессор на пилотной установке, рассматривались три способа ввода сжатого воздуха ($P_{вз} \geq 1,2P_v$): смесительная вставка, струйный смеситель и аэрационная колонна.

При проведении опытов в фильтрах с использованием песчаной загрузки были приняты скорость фильтрования 6–7 м/ч и высота загрузки 1 м, а каталитической загрузки из АС — 8 м/ч и 0,8 м.

Результаты и обсуждение. Результаты исследований по влиянию степени аэрации воды с помощью компрессора на удаление железа в напорных фильтрах с песчаной загрузкой при обработке воды сложного состава представлены на рисунке 1.

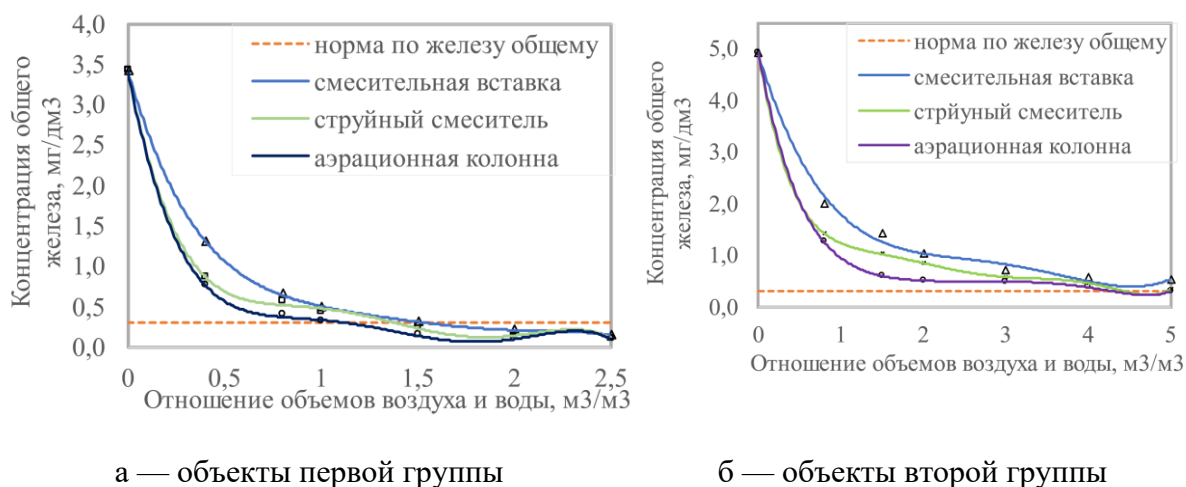


Рисунок 1 — Снижение остаточной концентрации общего железа при аэрации компрессором в зависимости от отношения воздуха и воды с использованием песчаной загрузки

Анализ графических зависимостей показал следующее:

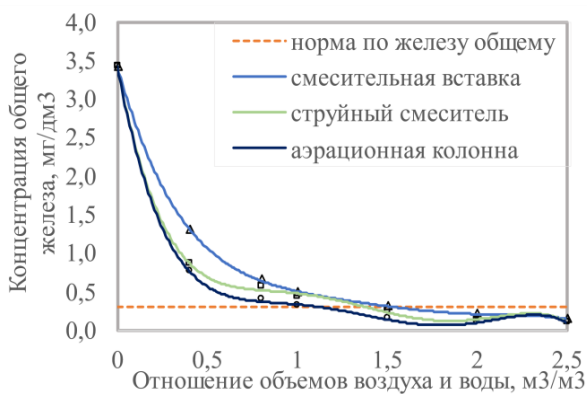
а) при увеличении воздушно-водяного отношения снижается концентрация общего железа в воде на всех объектах;

б) при аэрации компрессором и смешении с водой без дополнительных аэрационных устройств степень отношения воздуха и воды требуется значительно выше, чем при использовании струйного аэратора и аэрационной колонны;

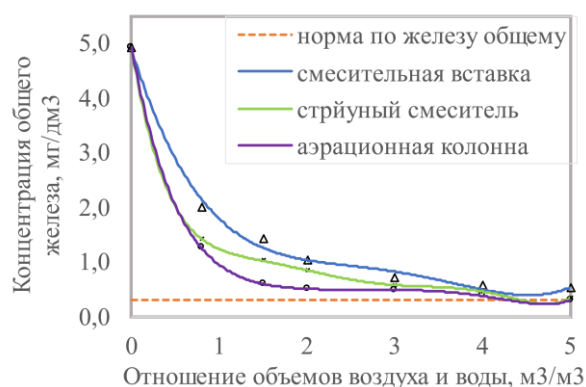
в) если содержание общего аммонийного азота в воде достигает выше нормированных значений, но не более 2–2,5 мг/дм³, перманганатной окисляемости не более 5 мгО₂/дм³, то для удаления железа соотношение воздуха и воды должно быть не менее 1:1 (рисунок 1а), а установившееся нормируемое значение при соотношении (3–3,5):1;

г) при достижении концентраций ион-аммония выше 2,5 мг/дм³ и перманганатной окисляемости выше 5 мгО₂/дм³ (рисунок 1 б) даже при степени насыщения воздухом 5:1, нормативное значение по железу не было получено.

Результаты исследований по влиянию степени аэрации воды компрессором на удаление железа при обработке воды сложного состава в напорных фильтрах с каталитической загрузкой АС представлены на рисунке 2.



а — объекты первой группы



б — объекты второй группы

Рисунок 2 — Снижение концентрации общего железа при аэрации компрессором в зависимости от отношения воздуха и воды в фильтрах с загрузкой сорбента АС

Анализ графических зависимостей показал следующее:

а) в целом, эффективность удаления железа на песчаной загрузке ниже, чем на фильтрах с сорбентом АС на 5 % (средний показатель) при одинаковых способах аэрирования;

б) при аэрации компрессором и смешении с водой в простых по устройству смесительных вставках эффективность удаления общего железа на 3–12% ниже, чем при использовании струйного аэратора и аэрационной колонны;

в) при содержании общего аммонийного азота в воде свыше $1,5 \text{ мг/дм}^3$ и перманганатной окисляемости — $4,5 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$, соотношение подачи воздуха и воды на фильтры должно быть более 1,5:1, а в присутствии их значительных концентраций степень насыщения воздухом может быть до 5, причем нормативное значение по железу было получено только с использованием аэрационной колонны (рисунок 2б), и то с неустойчивым режимом работы.

Заключение. В результате выполненных исследований было установлено, что наилучшие результаты при удалении общего железа из подземной воды сложного состава были получены аэрацией компрессором с аэрационной колонной (воздушно-водяное соотношение 5:1) и последующим фильтрованием в фильтрах с загрузкой из сорбента АС, но и здесь не было достигнуто его установившееся нормативное значение.

В целом, аэрация воды с последующим фильтрованием на фильтрах с песчаной загрузкой и сорбентом АС для воды сложного состава не дает стабильно хороших результатов, поэтому данную стадию нужно рассматривать как первую ступень очистки воды сложного состава. Для получения нормативных показателей рассматриваемых загрязнений в дальнейшем необходимо изучить возможные альтернативные решения по совместному удалению железа, аммонийных солей и снижению перманганатной окисляемости. Это позволит улучшить существующие технологии обезжелезивания подземных вод малогабаритных установок и найти недорогие, ресурсосберегающие и простые в использовании альтернативные установки для обработки воды сложного состава, адаптированные к Витебской области.

Список цитированных источников

1. Мониторинг подземных вод Республики Беларусь. Официальный сайт ГИАЦ НСМОС РБ. [Электронный ресурс] // Ежегодные отчеты национальной системы мониторинга среды (за период 2007–2022 гг.) — URL: <http://www.nsmos.by/content/175> (дата обращения: 02.09.2023).

2. Ющенко, В. Д. Общая характеристика качественного состава подземных вод на территории Республики Беларусь/ В. Д. Ющенко, Е. С. Велюго // сб. научн. Статей Междунар. науч.-практ. конф., Брест, 26–27 октября 2023 г. / Брест. гос. техн. ун-т; редкол.: А. А. Волчек [и др.] ; науч. ред. А. А. Волчек, О. П. Мешик, С. В. Андреюк. — Брест: БрГТУ, 2023. — с. 95–101.

3. Yushchenko, V. / Influence of ammonium nitrogen on the treatment efficiency of underground water at iron removal stations / Yushchenko V., Velyugo E., Romanovski V. / Groundwater for Sustainable Development — 2023. <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2023.100943>.

УДК 628.134, УДК 624.9

ВОДОНАПОРНЫЕ БАШНИ КАК ИНЖЕНЕРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ И ИСТОРИЧЕСКИЕ ПАМЯТНИКИ В АРХИТЕКТУРЕ ГОРОДОВ МИРА

*Вербицкая Ж. С.¹, Гаврилюк И. С.², Назарян Е. М.³
Научные руководители: Андреюк С. В.⁴, Акулич Т. И.⁵*

¹Студентка факультета инженерных систем и экологии, БрГТУ,
Брест, Беларусь, v0011406@g.bstu.by

²Студент факультета инженерных систем и экологии, БрГТУ,
Брест, РБ, v0011407@g.bstu.by

³Студентка факультета инженерных систем и экологии, БрГТУ,
Брест, РБ, kaktutiz@gmail.com

⁴Заведующий кафедрой водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов, БрГТУ,
Брест, РБ, svandreyuk@g.bstu.by

⁵Старший преподаватель кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны
водных ресурсов, БрГТУ, Брест, РБ, tigol1976@mail.ru

Аннотация. Водонапорные башни представляют собой не только инженерные конструкции, но и значимые исторические памятники, играющие важную роль в архитектурном облике городов по всему миру. Они олицетворяют достижения технологий своего времени и служат символами развития городской инфраструктуры. Со временем, с развитием технологий и изменением потребностей городов, многие водонапорные башни утратили свою первоначальную функцию, однако их сохранение и реставрация становятся важными шагами к поддержанию исторической идентичности и культурного наследия.

Ключевые слова: водонапорная башня, модернизация, инфраструктура, памятник, музей.

WATER TOWERS AS ENGINEERING CONSTRUCTIONS AND HISTORICAL MONUMENTS IN THE ARCHITECTURE OF WORLD CITIES

Verbitskaya J. S., Gavriluk I. S., Nazaryan E. M.

Abstract. *Water towers are not only engineering structures, but also significant historical monuments that play an important role in the architectural appearance of cities around the world. They epitomise the technological achievements of their time and serve as symbols of the development of urban infrastructure. Over time, with the development of technology and the changing needs of cities, many water towers have lost their original function, but their preservation and restoration have become important steps in maintaining historical identity and cultural heritage.*

Keywords: watertower, modernization, infrastructure, monument, museum.

Введение. Водонапорная башня представляет собой возвышенное сооружение, которое удерживает регулирующий резервуар для воды, смонтированный на определенной высоте для создания давления в системе водоснабжения объекта [1]. Большинство водонапорных сооружений были возведены еще во времена промышленной революции, и на сегодняшний день являются памятниками истории, архитектурными экспонатами населенных пунктов, в которых были построены. Многие из этих башен, построенные в конце XIX — начале XX века, отличаются уникальным дизайном и часто становятся объектами культурного наследия. Их архитектурные стили варьируются от строгого конструктивизма до изысканного модерна, что делает каждую башню неповторимой. Например, в некоторых городах можно встретить водонапорные башни в готическом стиле, украшенные элементами скульптуры и витражами, которые придают им величественный вид. Кроме того, водонапорные башни часто располагаются в живописных местах, что делает их популярными среди туристов и местных жителей. Они становятся не только функциональными сооружениями, но и местами для отдыха и культурных мероприятий. В некоторых городах башни преобразованы в смотровые площадки, кафе или даже художественные галереи, что позволяет им продолжать выполнять важные функции в современных условиях. А многие получили новую жизнь и переоборудованы в жилые и оригинальные конструкции [2].

Основная часть. Водонапорная башня «Дом в облаках» (рисунок 1) сооружена в далеком 1923 году деревне Торпенесс в графстве Саффолк (Великобритания). Задачей, которую должно было решать сооружение в те годы, являлась приемка воды, подаваемой из мельницы. Внешний вид конструкции разрабатывался таким образом, чтобы спрятать емкость от воздействия окружающей среды. Во времена Тюдоров и Якобинцев такой дизайн постройки был

очень популярен. Сооружение успешно выполняло свои функции вплоть до 1977 года, пока в деревне не была построена система водопроводов. Когда башня потеряла свою актуальность, ее реконструировали в жилой объект, при этом резервуар был демонтирован, освободив пространство для жилых комнат. Высота лестницы такого сооружения составляет двадцать один метр, а количество ступеней — шестьдесят восемь.

Самой большой во всей *Южной Африке* башней для воды, возведенной вокруг железобетонного четырехметрового столба с бетонным фундаментом, является башня *Мидранд* емкостью 65000 м³ (рисунок 2). Конусообразное сооружение создает плавающий эффект, а смонтированная внутри лестница очень похожа на соломинку в стакане. Местные общественные организации планируют на вершине Мидранд строительство ресторана.



*Рисунок 1 — «Дом в облаках»
(Великобритания)*



*Рисунок 2 — Башня Мидранд
(Южная Африка)*

Кирпичная водонапорная башня на Шпалерной улице города *Санкт-Петербурга* была построена в 1861 году. В конце девятнадцатого века водонапорные башни возводились исключительно в развитых европейских городах, и наличие в Санкт-Петербурге такого строения переместило город в разряд прогрессивных и современных. Со временем здание обветшало и потеряло свое прямое предназначение. Работы по реконструкции сооружения и созданию в старинной башне музея начались в 1999 году. Стены расчистили и законсервировали, перекрытия усилили, соорудили пристройку и смонтировали панорамный лифт. Сотрудники музея работали в архивах и фондах, общались с частными коллекционерами, разыскивая раритеты. В итоге к празднованию 300-летия Санкт-Петербурга (Российская федерация) необычный музей был открыт (рисунок 3) [3].

Архитектура бывшей водонапорной башни, возведенной в начале XX века в *Минске* (Беларусь), отличается неоготической красотой (рисунок 4). Инженерное сооружение прошлого века обеспечивало водой паровозное депо, станцию и находящиеся рядом больничные корпуса, являясь одновременно шедевром промышленной архитектуры. Многоярусный фасад пестрит искусно выполненными из кирпича декоративными элементами. На три яруса вплоть до верхнего по центру фасада размещена высокая арочная ниша, обрамленная наличниками. Заметны карнизы, фриз, филенки, молдинги, поребрик [4]. После исключения из системы водоснабжения города в девяностые годы XX века здание башни было выкуплено частным лицом, однако вторую жизнь пока не получило, в отличие от сооружения в городах *Гродно* и *Полоцк* (Беларусь).

В *Гродно* (Беларусь) расположены одни из самых известных и старых водонапорных башен в Беларуси (рисунок 5). Водонапорные башни «*Кася*» и «*Бася*», расположенные на окраине исторического центра, представляют собой две восьмигранные башни, высотой 22 м. По одной из версий, своими именами башни обязаны работницам водоканала: бухгалтеру Басе и завхозу Касе.



Рисунок 3 — Водонапорная башня-музей в Санкт-Петербурге (РФ)



Рисунок 4 — Водонапорная башня начала XX века (Минск, Беларусь)



Рисунок 5 — Водонапорные башни «Кася» и «Бася» (Гродно, Беларусь)

Строительство башен связано с началом деятельности гродненского водопровода, который начал сооружаться в 1877 году при участии «Всероссийского акционерного водного общества» [5]. Северная башня (иначе называемая западной) была возведена в 1890 году. Здание, окрашенное в розовый цвет, поделено по высоте на 6 ярусов. Башню можно отнести к неороманскому стилю. Ее фасады богато декорированы, стены украшают аркатурный пояс, тяги, полуколонны, пилястры, дентикулы и флорентийские окна. Внутри в центре башни возвышается каркас с трубами для подачи воды в резервуар, который находится на самом верхнем ярусе. Южная (иначе восточная) башня была возведена не ранее 1915 года. Башня выглядит значительно упрощенной копией первой и выполнена в духе так называемого кирпичного стиля. Здание поделено по высоте на 4 яруса. Фасад башни декорирован массивными карнизами и пилястрами, арочными и лучковыми окнами и нишами [6, 7].

В 80-х годах XX века в башнях размещались мастерские Художественного фонда БССР. В настоящее время в водонапорных башнях размещаются мастерские художников.

Водонапорную башню в *Полоцке* возвели в 1953 году при строительстве системы водоснабжения. До середины восьмидесятых годов двадцатого века башня выполняла свою непосредственную функцию. В начале девяностых годов здание начали реставрировать под музей [8]. В этот период к башне был пристроен металлический спуск со смотровой площадкой. В 2005 году в бывшей водонапорной башне начал свое существование природно-экологический музей (рисунок 6).

Здание башни имеет декорированный фасад. Резервуарный объем снаружи опоясывает подкровельный карниз, а также ниже пояс кронштейнов. По окружности просматриваются щелевидные окна с арочным завершением. Декор башни дополнен лопатками, розетками, молдингами и прочими элементами декора. Высота башни составляет около тридцати двух метров, диаметр — около восьми метров.

В центре Бреста (Беларусь) стоит водонапорная башня 1954 года постройки. Башня давно не используется по прямому назначению. Однако, опираясь на мировой опыт по реконструкции башен, городские власти планируют создать по-своему уникальный объект для Бреста и для Беларуси [9].

Реконструированная башня должна стать местной достопримечательностью (рисунок 7), которая будет центром притяжения для молодежи и туристов, а для архитекторов — уникальным опытом. Проект реконструкции предусматривает размещение внутри башни административных и торговых помещений. На самом верхнем этаже планируется сделать кафе. Объект должен быть ярким и привлекательным для посетителей, в то же время он должен быть удобным в эксплуатации и оставаться историческим памятником в архитектуре города Бреста.



Рисунок 6 — Природно-экологический музей в бывшей водонапорной башне (Полоцк, Беларусь)



Рисунок 7— Водонапорная башня в черте города в проекте до и после реконструкции (Брест, Беларусь)

Заключение. С развитием технологий и изменением потребностей населенных пунктов, многие водонапорные башни утратили свою первоначальную функцию, однако их сохранение и реставрация становятся важными шагами к поддержанию исторической идентичности и культурного наследия. В этом контексте водонапорные башни напоминают нам о том, как инженерные решения могут сочетаться с искусством, создавая гармоничные и значимые для общества сооружения.

Список цитированных источников

1. Михневич, Э. И. Водопроводные сети : учеб. пособие / Э. И. Михневич, С. В. Андреюк. — Минск : ИВЦ Минфина, 2021. — 255 с.
2. Необычные водонапорные башни мира: [Электронный ресурс]. URL: <https://aquapolymer.com.ua/ru/blog-ru/top-14-neobychnyh-vodonapornyh-bashen/>. (Дата обращения 05.03.2025).
3. Музей воды: [Электронный ресурс]. URL: <https://peterburg.center/maps/muzey-vody.html>. (Дата обращения 05.03.2025).
4. Старинные башни Беларуси: [Электронный ресурс]. URL: <https://marshruting.com/2025/03/05/старинные-водонапорные-башни-Беларуси/>. (Дата обращения 05.03.2025).
5. Водонапорные башни «Кася» и «Бася» в Гродно: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://planetabelarus.by/sights/vodonapornye-bashni-kasya-i-basya-v-grodno>. Дата доступа: 05.03.2025.

6. «Кася» и «Бася». История создания водонапорных башен в Гродно: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ctv.by/novosti-grodno-i-grodnenskoj-oblasti/kasya-i-basya-vy-znaete-pochemu-tak-nazvali-grodnenskie>. Дата доступа: 05.03.2025.

7. Водонапорные башни в городе Гродно: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://a-aurus.by/vodonapornye-bashni-grodno/?ysclid=lt2kka7iu7863052730>. Дата доступа: 05.03.2025.

8. Природно-экологический музей Полоцка в бывшей водонапорной башне: [Электронный ресурс]. URL: <https://marshruting.com/2025/03/05/природно-экологический-музей-полоцк/>. (Дата обращения 05.03.2025).

9. Водонапорная башня в Бресте: [Электронный ресурс]. URL: <https://brestcity.com/blog/novaya-zhizn-vodonapornoj-bashni-bresta-kafe-lift-smotrovaya-ploshhadka/>. (Дата обращения 05.03.2025).

УДК 628.381.1

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЧВОУЛУЧШАЮЩИХ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД В ЗЕЛЕНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Вострова Р. Н.¹, Малофей В. А.²

¹Доцент кафедры «Водоснабжение, химия и экология,
учреждения образования «Белорусский государственный университет транспорта»,
Гомель, Республика Беларусь, vostrova@tut.by

²Студентка 2 курса строительного факультета
учреждения образования «Белорусский государственный университет транспорта»,
Гомель, Республика Беларусь, malofejvika315@gmail.com

Аннотация. В статье рассмотрена возможность улучшения почв для зеленого строительства с использованием осадков сточных вод.

Ключевые слова: осадки сточных вод, технология компостирования, иловые карты.

THE USE OF SOIL-IMPROVING COMPOSITIONS BASED ON SEWAGE SLUDGE IN GREEN CONSTRUCTION

Vostrova R. N.¹, Malofey V. A.²

¹Associate Professor of the Department of Water Supply, Chemistry and Ecology, Educational institution «Belarusian State University of Transport», Gomel, Republic of Belarus, vostrova@tut.by

²2nd year student of the Faculty of Civil Engineering of the Educational Institution «Belarusian State University of Transport», Gomel, Republic of Belarus, malofejvika315@gmail.com

Abstract. *The article considers the possibility of improving soils for green construction using sewage sludge.*

Keywords: precipitation utilization, milling technology, map lines, freezing effect.

Введение. Выбор способа экологически безопасного размещения ОСВ в окружающей среде определяется их составом и зависит от экологических и экономических факторов. Для осадков сточных вод, полученных при очистке смешенных хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод крупных городов, наиболее целесообразным с экологической точки зрения является их сжигание.

Осадки хозяйственно-бытовых сточных вод, а также сточных вод малых населенных пунктов после предварительного обеззараживания представляют собой ценное органоминеральное удобрение, которое может с успехом использоваться при выращивании, например газонной травы, в том числе на откосах автомобильных дорог.

Материалы и методы. Предлагается технология утилизации осадков сточных вод (ОСВ), которая позволяет: отказаться при обезвоживании ОСВ от дорогостоящих флокулянтов; интенсифицировать процесс обезвоживания на иловых площадках; снизить загрязнение окружающей среды.

Кроме того, технология утилизации осадков позволяет решить вопросы экологии, и возврата богатых гумусом отходов в народнохозяйственный оборот.

Кафедрой «Экология и рациональное использование водных ресурсов» (ныне «Водоснабжение, химия и экология») УО «Белорусский государственный университет транспорта» с 2000 года проводятся работы по поиску путей возврата богатого гумусом ресурса в народнохозяйственный оборот. Нами исследован состав ОСВ на иловых картах Гомельских городских очистных сооружений, проведены работы по выращиванию различных сельхозкультур на площадках с внесением ОСВ [1]. Определены допустимые дозы внесения ОСВ, с учетом фоновых концентраций загрязнения почвы.

Полученные результаты позволяют судить о том, что значительное внесение ОСВ не допустимо.

Но опыт использования ОСВ в качестве компонента при изготовлении компостов на Московских очистных сооружений позволяет судить о перспективном направлении в решении данной проблемы — изготовлении компостов на основе ОСВ (возвратные илы) и использовании данных компостов при выращивании газонов и в зеленом строительстве города. Отсутствие нормативной базы не позволяет широко использовать ОСВ, так как в Республике Беларусь он относится к виду отходов, которые при IV классе опасности размещается на полигоне твердых бытовых отходов.

В настоящее время, интерес к проблеме использования ОСВ постоянно растет, в связи с усилением внимания со стороны государства к вопросам охраны окружающей среды и постоянным возрастанием объемов очищаемых сточных вод.

Утилизация осадков начинается с удаления из них свободной влаги, наиболее часто применяется механический метод обезвоживания с использованием иловых карт. Обеззараживание и обезвреживание ОСВ можно осуществить следующими способами [1]: термофильное сбраживание в метантенках; термосушка; облучение инфракрасными лучами в камере дегельминтизации; пастеризация при 60–70°C и времени теплового воздействия не менее 20 мин; компостирование с древесными отходами, листвой, соломой, торфом и другими компонентами в течение трех-четырех месяцев, из которых один-два месяца должны приходиться на теплое время года, при условии достижения во всех частях компоста, температуры не менее 60°C; метод ускоренной биоферментации при условии достижения температуры в осадках не менее 60°C; обработка химическими реагентами и препаратами: негашеная известь (15–20% CaO на массу обезвоженного осадка); аммиачная вода {5–8% к массе осадка и выдерживание не менее 5–10 суток в герметичном контейнере); другие реагенты (препараты), не оказывающие отрицательного воздействия на почву, почвенную биоту, растения и растениеводческую продукцию.

Реагент должен иметь гигиенический сертификат и «Технические условия» на его применение, утвержденные в установленном законодательством порядке.

Выдерживание на иловых площадках в условиях: III-го климатического района не менее двух лет (Гомель относится к III Южной агроклиматической области, для которой характерна мягкая короткая зима, наиболее продолжительный теплый и солнечный вегетационный период, неустойчивое увлажнение, выращиваются теплолюбивые культуры);

Для установления удобрительной ценности в каждой партии осадков определяются pH, содержание сухого вещества, органического (беззольного) вещества, общего азота ($N_{\text{общ}}$), минерального азота ($N-NO_3^-$ и $N-NH_4^+$), общего фосфора (P_2O_5), общего калия (K_2O), общего кальция (CaO) [2];

ОСВ и компосты на их основе, соответствующие требованиям, предъявляемым к почвоулучшающим композициям, могут использоваться в промышленном цветоводстве, зеленом строительстве, в лесных и декоративных питомниках, для биологической рекультивации нарушенных земель и полигонов твердых бытовых отходов.

Предлагаемая фрезерная [2] технология компостирования позволяет производить обеззараживание ОСВ и получать компост с минимальными экономическими затратами за счет максимального использования климатических условий региона.

Образующиеся при этом волокна создают вспомогательный фильтрующий материал, который повышает пористость смеси и увеличивает показатель сжимаемости, что позволит поверхности дренажной системы не заиливаться.

ОСВ г. Гомеля с влажностью 75–80 % необходимо смешать с древесными опилками (можно использовать измельченные отходы древесины, соломы), которые необходимы для поддержания жизнедеятельности штаммов ила, их развития (при насыщении брикетов влагой) и повышения гумусовой составляющей брикетной массы. Образующиеся при этом волокна создают вспомогательный

фильтрующий материал, который повышает пористость смеси и увеличивает показатель сжимаемости, что позволит поверхности дренажной системы не заиливаться.

Внесение 10–25 % древесных опилок или золы в ОСВ снижает количество тяжелых металлов до уровня ПДК, добавка 5–10 % гашеной извести устраняет их запах, а тепловая обработка уничтожает бактерицидное загрязнение и приводит к экологической безопасности применения компоста, как почвоулучшающей смеси [2].

Обезвоживание можно производить на трех иловых картах, работающих циклически по схеме [2]: напуск исходной подготовленной гомогенной массы на иловую карту — обезвоживание (дренаж, испарение, вымораживание) — обработка по «фрезерной» технологии (послойное фрезерование, ворошение и уборка). Сушка осуществляется до влажности не более 40 %.

Результаты и обсуждение. Утилизация осадка проводится циклически в три этапа: в течение первого года — заполнение подготовленной гомогенной массой ОСВ + ЦМ первой линии карт иловых площадок; в течение второго года — обезвоживание смеси на иловых площадках первой линии карт и заполнение гомогенной массой ОСВ + ЦМ второй линии карт; в течение третьего года — уборка по «фрезерной» технологии подсушенной смеси с первой линии карт, обезвоживание второй линии карт и заполнение третьей линии карт иловых площадок. С четвертого года происходит повторение цикла, при этом подготовленная масса ОСВ + ЦМ поступает на освободившуюся первую линию карт иловых площадок, на второй линии карт происходит уборка подсушенной смеси ОСВ + ЦМ, а на третьей линии карт — ее обезвоживание.

Кроме того, в компосте, в результате повышения температуры в летнее время происходит естественное обеззараживание в течении 2 лет.

При посеве районированных трав на откосах автомобильных дорог на площадь откосов наносят слой компоста мощностью 0,1–0,2 м и производят посев трав.

Заключение. Так как экологически безопасное размещение ОСВ в одном направлении осуществить не удастся, необходимо искать пути по различным направлениям утилизации этого отхода. Создание почвоулучшающих композиций — позволит утилизировать ОСВ в зеленом строительстве.

Список цитированных источников

1. Вострова, Р. Н. Вторая жизнь осадка сточных вод городских очистных сооружений / Р. Н. Вострова // Известия Гомельск. государств. университета имени Ф. Скорины. — 2009. — Т. 54, № 3. — С. 92–98.

2. Способ приготовления компоста из осадка сточных вод [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://yandex.ru/patents/doc/RU2513558C1_20140420. — Дата доступа: 26.02.2025.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВОДНОЙ СИСТЕМЫ РЕКОНСТРУИРУЕМОГО ФОНТАНА В ЗАМКЕ КОССОВО

*Дмитриев Е. С.¹, Савчук М. А.²
Научный руководитель: Наумчик Г. О.³*

¹Студент факультета инженерных систем и экологии, БрГТУ, Брест, РБ, vvit@bstu.by

²Студент факультета инженерных систем и экологии, БрГТУ, Брест, РБ, vvit@bstu.by

³Доцент кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов, БрГТУ,
Брест, РБ, gonaumchik@g.bstu.by

Аннотация. В статье подобраны насадки и произведен расчет расхода и требуемого напора для обеспечения заданных параметров струй в реконструируемом фонтане в замке Коссово. Описан принцип работы разработанной оборотной системы работы фонтана и система автоматики, позволяющая поддерживать необходимый уровень воды в нижней чаше фонтана.

Ключевые слова: фонтан, струи, каскады, требуемый напор, насадки.

DESIGN OF THE WATER SYSTEM OF THE RECONSTRUCTED FOUNTAIN IN THE CASTLE OF KOSSOVO

Dmitriev E. S., Savchuk M. A.

Abstract. The article selects nozzles and calculates the flow rate and required pressure to ensure the specified parameters of the jets in the reconstructed fountain in the Kossovo castle. It describes the operating principle of the developed reverse system of the fountain and the automation system that allows maintaining the required water level in the lower bowl of the fountain.

Keywords: fountain, jets, cascades, required pressure, nozzles.

Введение. Величественное здание в духе английской неоготики было построено в 1843 году богатым промышленником Вандалином Пусловским по проекту варшавского архитектора Франтишка Ящолда. Во дворце было более сотни комнат и роскошные залы, а его 12 башен символизировали календарные месяцы. Вокруг располагался живописный парк с фонтанами и экзотическими деревьями.

Судьба этого места сложилась трагично. Имение было проиграно в карты и на рубеже XIX—XX веков начало переходить из рук в руки. В годы Первой мировой войны все ценности из замка были вывезены за границу, погибли сад и оранжерея. Во времена Второй мировой здесь находилась немецкая комендатура. Партизаны

подожгли уже пустое здание в 1944-м, и оно горело на протяжении почти двух недель. От некогда величественного дворца остались одни стены.

Реставрация началась в 2008 году. В центральной части здания восстановили первоначальную планировку. Там открылся музей, бальный и конференц-зал. А левое и правое крылья немного перестроили, там появился ресторан и небольшая гостиница.

Поставлена задача восстановить фонтан, который был перед замком. Проектируемый фонтан, представляет собой архитектурную композицию из нижней овальной чаши размерами 5,1 x 8,5 м и верхней центральной вазы установленной на тумбе.

Водная картина фонтана состоит из группы ламинарных струй сформированных одноструйными насадками, размещенными на коллекторах, которые расположены в специальном пазу в боковой стенке нижней чаши фонтана, а также одной «пенной» струей, создаваемой насадкой размещенной на верхней центральной вазе.

Результаты и обсуждение. Расчет расхода и требуемого напора примененных насадок произведен по методике, представленной в [1] и на рисунке 1. В техническом задании была задана конфигурация параболических струй.

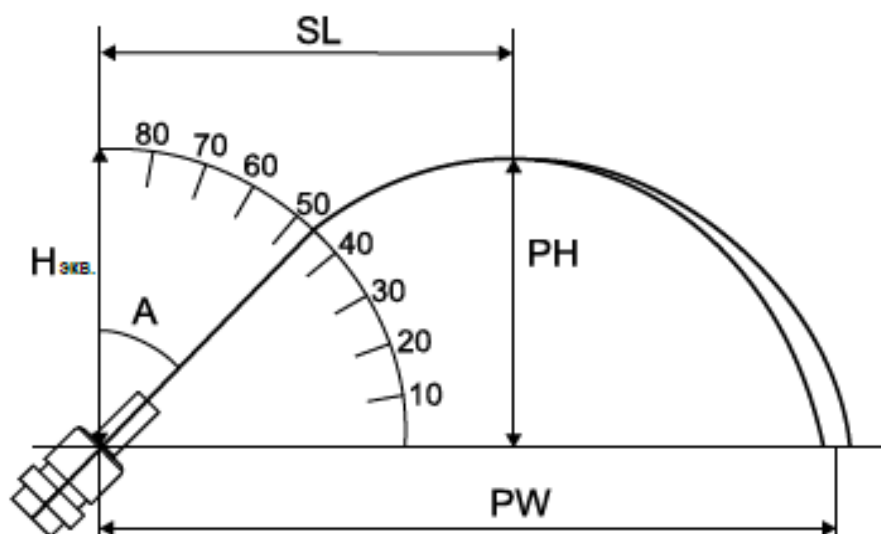


Рисунок 1 — Схема определения параметров струи в фонтане

Параметры струй первого каскада — PH (высота параболы) 1,1м; PW (длина параболы) 1,6 м. Параметры струй второго каскада — PH = 0,85м; PW = 1м.

Произведем расчеты для первого каскада. Определяем процентную долю высоты параболы к ее длине по формуле:

$$PH\% = (PH / PW) \cdot 100\% = 1,1 / 1,6 \cdot 100\% = 69\% \quad (1)$$

По значению PH% в таблице, расположенной на странице 198 [1], находим угол наклона $\alpha=23^\circ$, и фактор F=1,36.

Находим $H_{\text{экв.}}$ по формуле:

$$H_{\text{экв.}} = PW / F = 1,6/1,36 = 1,2 \text{ м.} \quad (2)$$

Далее по таблице гидравлических характеристик насадок, расположенной на странице 6 [1], находим расход и требуемый напор на насадке. В первом каскаде были применены насадки с диаметром выходного отверстия 14 мм. Таким образом, для насадок F 2311064C при заданных параметрах расход $Q_1 = 52$ л/мин и напор $H_1 = 2,3$ м.

Произведем те же расчеты для второго каскада.

$$PH\% = (PH / PW) \cdot 100\% = 0,85/1 \cdot 100\% = 85\%. \quad (4)$$

Угол наклона $\alpha = 21^\circ$, и фактор $F = 1,24$.

$$H_{\text{экв.}} = PW / F = 1 / 1,24 = 0,8 \text{ м.} \quad (5)$$

Во втором каскаде были применены насадки с диаметром выходного отверстия 12 мм. Таким образом, для насадок F 2311031C при заданных параметрах расход $Q_2 = 37$ л/мин и напор $H_2 = 1,8$ м.

В центре применена насадка Snowy Jet (пенная струя) — F 2391006 с диаметром выходного отверстия 50 мм. Высота струи задана — 1,2 м. Для данных параметров $Q_3 = 206$ л/мин и напор $H_3 = 5,4$ м.

Общий расход воды в системе составит:

$$18 \cdot Q_1 + 18 \cdot Q_2 + Q_3 = 18 \cdot 52 + 18 \cdot 37 + 206 = 1808 \text{ л/м} \approx 110 \text{ м}^3/\text{ч.} \quad (6)$$

В качестве одноструйных насадок применены насадки Lance Jet (I) — F 2311031 с диаметром выходного отверстия 12 мм для первого каскада струй и F 2311064 с диаметром выходного отверстия 14 мм для второго каскада струй. В качестве центральной, применена насадка Snowy Jet (пенная струя) — F 2391006 с диаметром выходного отверстия 50 мм. Для точного регулирования давления, перед каждой насадкой предусмотрена установка шарового крана. Также сама конструкция насадок Lance Jet (I) предусматривает возможность точной регулировки относительно своей оси, за счет шарового соединения. Данные конструктивные решения позволят в точности воссоздать водную картину, запроектированную в архитектурных решениях.

Предусмотрена обратная система работы фонтана, состоящая из подающего, всасывающего и переливного трубопроводов. Подающий напорный трубопровод, выполнен из стальных водогазопроводных труб. Подающий трубопровод подключен к раздающим коллекторам, на которых установлены насадки Lance Jet (I). Раздающий коллектор выполнен из труб из нержавеющей стали диаметром 50 мм. В месте установки насадки вварен патрубок из нержавеющей стали с резьбой на конце, на который вкручивается шаровый кран, а затем насадка Lance Jet (I).

На концах всасывающего трубопровода, предусмотрена установка фильтрующих решеток марки OZ 140 с площадью фильтрующей поверхности 1548 см^2 . На концах переливного трубопровода установлены переливные телескопические трубы марки QL 300, выполненные из нержавеющей стали. Данный тип переливного устройства позволит эффективно регулировать необходимый уровень воды в нижней чаше фонтана. Для регулирования уровня воды при потере ее от

испарения или сильного ветра, предусмотрена установка датчика уровня марки LV 10. Датчик уровня подключен к пульту управления фонтаном, на который он отправляет сигнал, при низком уровне воды в нижней чаше. Данный сигнал открывает электромеханический шаровый кран, который установлен на подпитывающем трубопроводе. Все модели и технические характеристики, насадок, переливных и сливных устройств, а также датчиков взяты из [1].

Заключение. В результате исследований были подобраны насадки и произведен расчет расхода и требуемого напора для обеспечения заданных параметров струй в фонтане. Разработана обратная система работы фонтана и система автоматики, позволяющая поддерживать необходимый уровень воды в нижней чаше фонтана.

Строительство фонтана облагородило территорию и дополнило архитектурный ансамбль дворца в Коссово. Фотография фонтана представлена на рисунке 2.

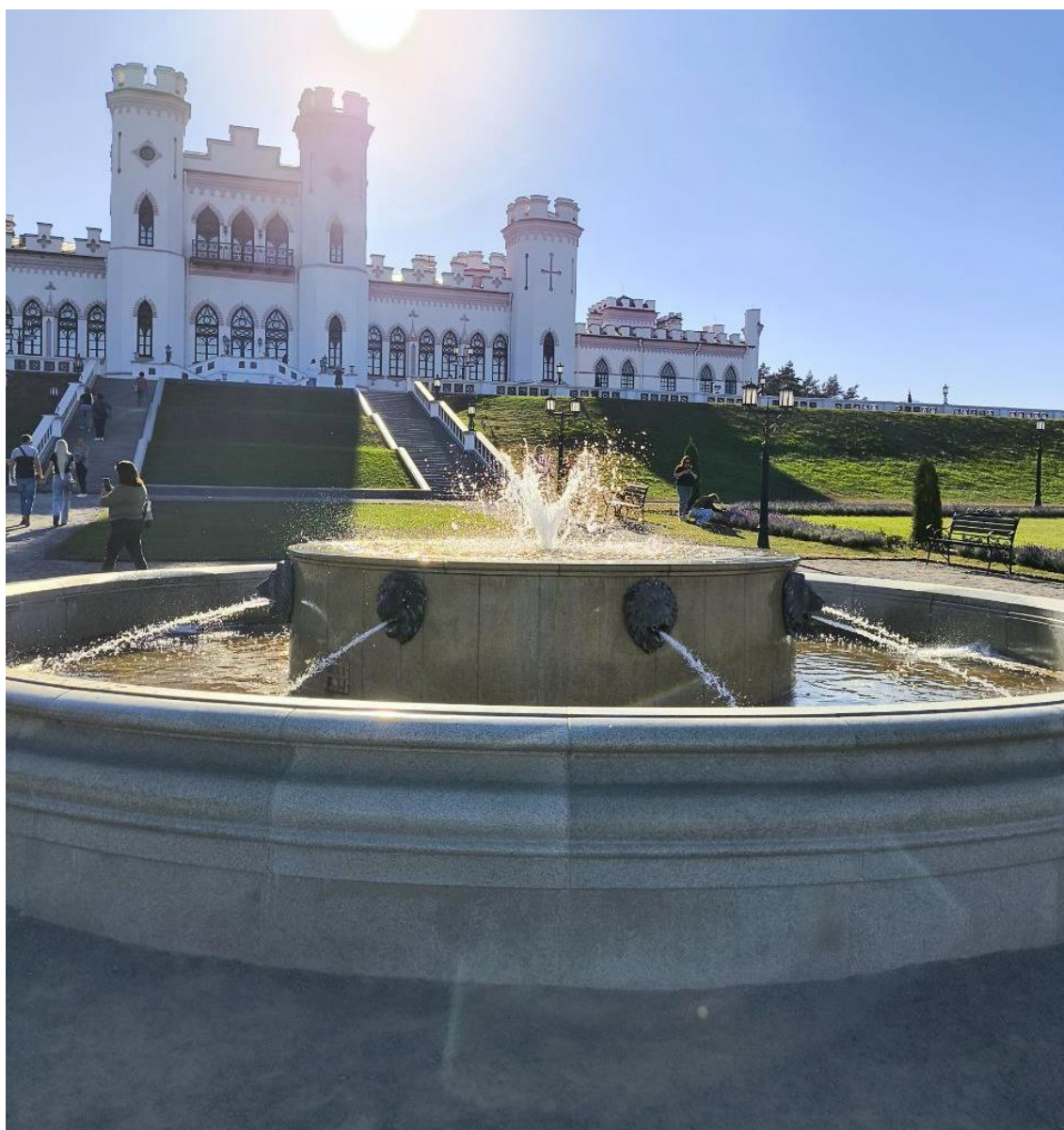


Рисунок 2 — Фонтан в замке Коссово

Список цитированных источников

1. Каталог профессионального фонтанного оборудования VODALUX.
2. ТКП 45-4.01-32-2010. НАРУЖНЫЕ ВОДОПРОВОДНЫЕ СЕТИ И СООРУЖЕНИЯ. Строительные нормы проектирования.
3. ТКП 45-4.01-197-2010. НАРУЖНЫЕ ВОДОПРОВОДНЫЕ СЕТИ И СООРУЖЕНИЯ. Правила проектирования.
4. ТКП 45-4.01-200-2010. НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ. Правила проектирования.
5. П. А. Спышинов. «Фонтны». М., Государственное издательство архитектуры и градостроительства, 1950 — 162 с.

УДК 628.316

АНАЛИЗ РЫНКА ТЕХНОЛОГИЙ И ОБОРУДОВАНИЯ ПО ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЮ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ДЛЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ДОМОВ В СЕЛЬСКОЙ МЕСТНОСТИ

Ефимук А. В.¹, Житенев Б. Н.², Рыбак Е. С.³

¹Студентка факультета инженерных систем и экологии, БрГТУ, Брест, РБ,
anna.yefimuk@mail.ru

²Доцент кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов, БрГТУ, Брест,
РБ, gitenev@tut.by

³Старший преподаватель кафедры водоснабжения, водоотведения
и охраны водных ресурсов, БрГТУ, Брест, РБ, esribak@g.bstu.by

Аннотация. В статье произведен анализ рынка технологий по обезжелезиванию подземных вод в малогабаритных установках для индивидуальных домов в сельской местности. Уровень качества жизни населения определяется качеством подаваемой в города и прочие населенные пункты питьевой воды. Это обуславливает поиск оптимальных решений организации водоснабжения в местах отсутствия ее централизованной подачи.

Ключевые слова: подземные воды, малогабаритные установки, обезжелезивание, фильтры.

MARKET ANALYSIS OF TECHNOLOGIES AND EQUIPMENT FOR IRON REMOVAL FROM GROUNDWATER FOR INDIVIDUAL HOUSES IN RURAL AREAS

Yefimuk H. V., Gitenev B. N., Rybak E. S.

Abstract. *The article analyzes the market of technologies for iron removal from groundwater in small-sized units for individual houses in rural areas. The quality of life of the population is determined by the quality of drinking water supplied to cities and other populated areas. This determines the search for optimal solutions for organizing water supply in places where there is no centralized supply.*

Keywords: underground water, small-sized installations, iron removal, filters.

Введение. На территории Беларуси сосредоточены значительные запасы водных ресурсов, представленных как поверхностными, так и подземными водами.

Жители сельских населенных пунктов используют в основном подземные воды с помощью скважин и шахтных колодцев. Системы же централизованного водоснабжения, находящиеся на балансе Минсельхозпрода, имеют лишь 4904 сельских населенных пункта из 24493, а около 90% сельского населения (2,8 млн. чел.) пользуются более чем 400 тыс. шахтных колодцев. В скважинных водозаборах качество воды по всем элементам, за исключением железа, в целом, соответствует нормам. В связи с острой необходимостью обеспечения водой населения в сельской местности, удовлетворяющей показателям СанПиН 10-124 РБ 99, в данной работе рассматриваются установки для обезжелезивания подземной воды, предлагаемые различными фирмами — производителями в Беларуси и за рубежом.

Результаты теоретических исследований. По обеспеченности водными ресурсами Республика Беларусь находится в благоприятных условиях. Имеющиеся ресурсы природных вод вполне достаточны для удовлетворения как современных так и перспективных потребностей страны.

Пресные подземные воды распространены на территории Беларуси повсеместно. Они залегают на глубине до 500 м и характеризуются высокой стабильностью химического состава, физических и органолептических показателей.

Подземные воды, как правило, имеют высокую степень стабильности гидрохимической характеристики, которая определяется условиями их формирования и залегания. Химический состав воды в водоносном пласте тем постоянной, чем меньше в нем водообмен.

Годовые и сезонные изменения химического состава подземных вод с увеличением глубины их залегания уменьшаются, а степень защищенности от загрязнений повышается. Наряду с этим глубоко залегающие подземные воды, как правило, лишены кислорода и имеют повышенную минерализацию. Использование таких вод для целей водоснабжения является оптимальным решением при условии, что содержание в них растворенных веществ находится в допустимых пределах.

Исключением может быть содержание железа. Содержание железа в подземных водах обычно находится в пределах 1,5–2,0 мг/дм³, что лишь в несколько раз выше допустимой концентрации (0,3 мг/дм³), однако такая вода

не может считаться пригодной для хозяйственно — питьевого потребления. В некоторых регионах республики содержание железа в подземной воде достигает, а иногда и превышает 10 мг/дм³.

Содержание его в воде связано с региональными климатическими, ландшафтными и гидрогеологическими особенностями нашей гумидной зоны. Именно поэтому избыточное железо в подземных водах присутствует в Беларуси почти повсеместно, охватывая практически все стратиграфически выделяемые водоносные горизонты пресных вод, независимо от принадлежности к тому или иному артезианскому бассейну. В основных напорных горизонтах количество железа часто превышает предельно допустимые концентрации (0,3 мг/л) в 5–20 раз (1,5–6 мг/л) и больше, а в грунтовых водах это превышение иногда возрастает в 40–60 раз (до 12–18 мг/л).

За последние 40 лет в процессе геологоразведочных работ регионально изучены основные водоносные горизонты пресных вод, обеспечивающие хозяйственно — питьевое водоснабжение в республике. Сводные данные по содержанию железа в воде по основным водоносным горизонтам и комплексам приведены в таблице 1.

Таблица 1 — Содержание железа в подземных водах Беларуси по административным областям и основным эксплуатируемым горизонтам

Административные области	Эксплуатируемые водоносные горизонты	Содержание железа, мг/л
Брестская	четвертичный	0,2–0,4
	палеоген-неогеновый	0,3–2,8
	юрско-меловой	0,4–7,5
	протерозойский	0,4–4,8
Витебская	четвертичный	0,3–3,2
	девонский	0,2–7,1
Гомельская	четвертичный	0,5–8,0
	палеогеновый	0,4–4,5
	меловой	0,3–13,8
	девонский	1,2–3,8
Гродненская	четвертичный	0,4–2,3
	юрско-меловой	0,3–2,0
	протерозойский	0,5–1,2
Минская	четвертичный	0,3–7,5
	девонский	0,7–1,4
	протерозойский	0,6–2,8
Могилевская	палеогеновый	0,2–0,5
	меловой	0,2–0,4
	девонский	0,5–8,8

В Республике Беларусь всего несколько производителей малогабаритных установок представляют свою продукцию на внутреннем рынке. Один из них, в частности, предлагает гидроавтоматическую безреагентную установку обезжелезивания для очистки воды из подземных источников от соединений железа до концентрации не более 0,3 мг/л, основанную на методе «сухой»

фильтрации. Попутно в установке происходит очистка исходной воды от растворенных газов (сероводорода, диоксида углерода, метана и др.), удаление мутности и запаха. Установка состоит из аэратора-дегазатора, фильтра с полимерной плавающей загрузкой, емкости чистой воды, емкости промывной воды и приемной емкости. Техническим недостатком данного устройства являются большие габариты - высота верхней точки достигает 5,5 метра [7].

В целом необходимо отметить следующее: дистанционно определить цену на продукцию отечественных, а также ряда российских производителей, практически невозможно, поскольку для определения стоимости своей продукции для каждого конкретного потребителя производитель отправляет специалиста по анализу исходной воды, замерщика для изучения инфраструктуры коттеджа, инженера по подбору оборудования и коммуникаций, а также менеджера для определения конечной стоимости системы очистки.

Еще одна белорусская компания предлагает системы обезжелезивания, основанные на новейших достижениях в области водоочистки, которые менее требовательны к составу исходной воды (рН, содержание растворенного кислорода, хлора, сероводорода, органических соединений). Принцип действия основан на каталитическом окислении железа в слое фильтрующей среды при контакте воды и катализатора, изготовленного на основе глауконитового зеленого песка или синтетического. Регенерация фильтрующей среды производится автоматически перманганатом калия. Система состоит из электромеханического блока управления, бака для приготовления регенерационного раствора и корпуса системы — многослойного баллона из полимерных материалов и пищевого пластика [8].

Для автономного водопользования загородных домов, коттеджей, дач предназначены фильтры ряда российских производителей. Очистка подземных вод от железа может производиться на различных фильтрующих загрузках после предварительного насыщения воды кислородом. Для этого используется метод упрощенной аэрации, который основан на способности воды, содержащей двухвалентное железо и растворенный кислород, при фильтровании через зернистый слой выделять железо на поверхности зерен, образуя каталитическую пленку из ионов и окислов двухвалентного, трехвалентного железа. Упрощенная аэрация осуществляется с помощью несложных приспособлений путем разлива воды с небольшой высоты в карман или центральная канал фильтра, либо путем вдувания воздуха в обрабатываемые воды. Фильтры снабжены блоком автоматического управления процессом взрыхляющей промывки слоя фильтрующего материала обратным током воды без применения химических препаратов. Фильтры выполнены из полимерных материалов питьевого класса или нержавеющей стали. В целом, данные очистительные установки отличаются высокой производительностью (до 2,5 м³/ч) и компактностью.

Компактную и довольно миниатюрную (а в этом параметре не имеют конкурентного преимущества ряд отечественных и российских производителей)

установку, удаляющую из воды соли жесткости, растворенное железо и нерастворенные примеси, может предложить американский производитель — установку для решения проблем с жесткостью и избыточным железом. Отличительные особенности данной системы, помимо габаритов, являются: смесительный клапан для выбора жесткости воды по желанию потребителя; выбор режима регенерации по заданному времени или по необходимости; клапан безопасности для регулировки уровня воды в солевом баке; компактность и простота в подключении. Для установки данной системы в доме усадебного типа необходима также установка механического фильтра (для задержки песка, ржавчины, мутности), угольного фильтра (для удаления органики и запаха) и по необходимости ультрафиолетового стерилизатора (для уничтожения бактерий и вирусов). Все это значительно увеличивает стоимость системы в целом [6].

Некоторые российские производители часто концентрируют свое производство на выпуске окислительных фильтров для очистки воды от растворенного железа двух типов: с химической регенерацией и без химической регенерации. Так, например, автоматический регенерируемый фильтр без химической регенерации предназначен для обезжелезивания воды путем каталитического окисления растворимой 2-х валентной формы железа до нерастворимой 3-х валентной с последующим осаждением гидрооксида железа (ржавчины) фильтрующим слоем и сбросом накопленных загрязнений в дренажную линию во время обратной промывки. Химической регенерации не требует.

В целом стоит отметить: обезжелезиватели безреагентные имеют такие же требования к исходной воде, как и реагентные, в том лишь различие, что последние требуют наличие бака для приготовления регенерационного раствора. В целом на российском рынке распространен реагентный обезжелезиватель, который состоит, из корпуса фильтра, выполненного из стеклопластика, внутри ламинированного полиэтиленом, автоматического клапана управления, фильтрующей среды, поддерживающего слоя гравия, дренажно-распределительной системы, бака для приготовления регенерационного раствора. Напорные фильтры с зернистой фильтрующей средой, непосредственно окисляющей растворенное железо, переводят растворенное в воде железо и марганец в нерастворимую форму. Осадок задерживается в слое фильтрующей загрузки и в дальнейшем вымывается в дренаж при обратной промывке. Также происходит удаление сероводорода. Фильтрующий материал: марганцевый глауконит, содержащий оксиды марганца, железа, калия, кремния, алюминия и магния. Работа данного фильтра полностью автоматизирована. Требования к исходной воде: железо общее — до 15 мг/л, водородный показатель $\text{pH} = 6,2\text{--}6,8$, окисляемость перманганатная — не более 6 мгО₂/л, температура — +26,7 °С.

Принцип действия обезжелезивателя безреагентного следующий: напорные фильтры с зернистой фильтрующей средой, служащей катализатором реакции окисления, переводят растворенное в воде железо и марганец в нерастворимую

форму. Осадок задерживается в слое фильтрующей загрузки и в дальнейшем вымывается в дренаж при обратной промывке. Перед поступлением на фильтры данной серии, исходная вода в большинстве случаев должна подвергаться предварительной обработке для окисления железа и марганца. Фильтрующим материалом являются: алюмосиликат, покрытый оксидами марганца и железа, либо гранулированная среда из доломитов, модифицированных оксидами железа, марганца и кремния.

Ряд восточноевропейских производителей представлен фильтрами безреагентного обезжелезивания и реагентного обезжелезивания. Данные фильтры эффективно очищают воду до санитарных норм. Содержание железа общего в исходной воде — до 15 мг/л, марганца — до 5 мг/л, сероводорода — до 0,5 мг/л, мутности и цветности воды, неприятного запаха и привкуса. Даная установка очистки воды состоит из корпуса, автоматического блока управления, фильтрующей зернистой среды, удерживающего слоя гравия, дренажно-распределительной системы, бака для приготовления регенерационного раствора.

Скорые напорные системы очистки воды с зернистой фильтрующей средой, служащей катализатором реакции окисления, при которой растворенное в воде железо и марганец переходят в нерастворимую форму и выпадают в осадок. Осадок задерживается в слое фильтрующей загрузки и в дальнейшем вымывается в дренаж при обратной промывке. Перед поступлением в систему очистки исходная вода должна подвергаться предварительной аэрации для эффективного окисления железа и марганца. В системе очистки воды используются фильтрующие среды природного происхождения, покрытые пленкой диоксида марганца. Требования к исходной воде до очистки: водородный показатель pH — не менее 6,8; нефтепродукты — отсутствие; окисляемость воды перманганатная — не более 6,0 мгО₂/л; температура воды перед — +5+35 °С.

Стоимость, пожалуй, самого дорогостоящего фильтра, из встречающихся на Российском рынке, может достигать 2800 у.с., и это при производительности 1,5 м³/ч. Данные фильтры, как правило, предназначены для предварительной очистки воды в пищевом, химическом, фармацевтическом, автомобильном и других производствах; в медицине; для очистки вод до уровня питьевой в бытовых и промышленных условиях. Основные требования к качеству исходной воды: содержание железа общего — не более 15 мг/л; содержание марганца — не более 15 мг/л; содержание сероводорода — не более 5 мг/л; водородный показатель pH — 6,2–8,8; нефтепродукты — отсутствие. В качестве фильтрующей среды используется природный марганцевый цеолит, в состав которого входит смесь оксидов марганца различной валентности. Необходимо отметить, что недостаток фильтров данного производителя кроется не только в высокой стоимости, но и в зависимости производительности фильтра от температуры воды, диаметра корпуса фильтра, содержания в воде растворенного железа, марганца и сероводорода.

Помимо всех вышеописанных типов фильтров, российские производители также предлагают многоступенчатый фильтр, работа которого основана на фильтрации, ионном обмене и сорбции при прохождении воды через микропористый ионообменный материал картриджа. В данных фильтрах на основе обратного осмоса осуществляется фильтрация воды через полупроницаемую мембрану. Размеры пор мембраны настолько малы, что пропускают только молекулы воды. Отфильтрованные мембраной примеси постоянно вымываются из системы в дренаж. На первой ступени очистки вода проходит через механический картридж, который задерживает взвешенные частицы (ржавчину, глину, песок, микрофлору и др.). На второй ступени очистки вода очищается от любой взвеси, нерастворенных химических соединений и микрофлоры. За счет ионообменных свойств удаляются соли тяжелых металлов и растворенное железо. Также происходит очистка воды от остаточного хлора и его производных. При помощи введенного непосредственно в картридж активного серебра предотвращается размножение отфильтрованных болезнетворных бактерий (кишечной палочки и т. п.). Картридж из кокосового активированного угля на третьей ступени очистки удаляет из воды органические соединения и остаточный хлор, придает воде прозрачность и приятный питьевой вкус. Механическая регенерация ионообменного картриджа заключается в удалении отфильтрованной взвеси с его поверхности (щеткой под струей воды в бытовых условиях). А химическая регенерация происходит с помощью восстановления сорбционной способности материала картриджа при обработке кислотой, а также раствором поваренной соли в регионах с жесткой водой. Однако после одного года работы картридж подлежит обязательной замене. Эффективность очистки: взвешенные частицы — до 98%, растворенное железо — до 90%, органические соединения до 98%, остаточный хлор — до 99%, болезнетворные микробы — до 99,9%, пестициды — до 95%, тяжелые металлы — до 95%. Недостатками вышеописанных фильтров являются значительные объемы промывных вод; необходимость использования для регенерации дорогого реагента перманганата калия; применение дорогостоящих фильтрующих сред, которые нуждаются в периодической замене, а также высокая стоимость данных установок.

Следует учесть, что вышеописанные фильтрационные комплексы подбираются только по анализу воды, также исходя из характера водоисточника, водопотребления и особенностей эксплуатации установки. Для гарантии верного подбора и беспроблемной эксплуатации фильтров в будущем, необходимо выбирать компании, занимающиеся не только продажей и монтажом, но и обслуживанием на базе штатных сотрудников.

Заключение. В Республике Беларусь имеются достаточные запасы подземных вод. По сравнению с поверхностными подземные воды более защищены от попадания в них различных техногенных загрязнений. Основным неудовлетворяющим показателем качества воды является повышенное содержание железа.

В данной работе рассмотрены различные малогабаритные установки небольшой производительности, предлагаемые различными фирмами-производителями, проведена их сравнительная характеристика.

Список цитированных источников

1. Кульский Л. А., Строкач П. П. Технология очистки природных вод / Л. А. Кульский, П. П. Строкач. К. : Вища школа, 1986. — 328 с.
2. Житенев Б. Н., Рыбак Е. С. Перспективные технологии улучшения качества подземных вод для водоснабжения объектов в сельской местности // Вестник БрГТУ, Водохозяйственное строительство и теплоэнергетика. — 2007. №2(44). С. 63–67.
3. СанПиН 10-124 РБ 99 Санитарные правила и нормы Республики Беларусь «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества».
4. Седлухо Ю. П., Иванов С. А., Рудак А. В. Анализ рынка технологий и оборудования для обезжелезивания подземных вод / Ю. П. Седлухо, С. А. Иванов, А. В. Рудак // Вода, 2004. № 3. — С. 29–32.
5. Гуринович А. Д. Питьевое водоснабжение из подземных источников: проблемы и решения / А. Д. Гуринович — «ТЕХНОПРИНТ», — 2001 г., с. 4–18.
6. Электронный ресурс. Режим доступа <https://geizer.com/>. — Дата доступа: 18.03.2025 г.
7. Электронный ресурс. Режим доступа <http://fortex.by/>. — Дата доступа: 18.03.2025 г.
8. Электронный ресурс. Режим доступа <https://www.amazon.by/>. — Дата доступа: 18.03.2025 г.

УДК 628.3

ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ БРИКЕТИРОВАННОГО ТОРФА ПРИ ОЧИСТКЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ИОНОВ ЦИНКА

Житенев Б. Н.¹, Сенчук Д. Д.²

¹К.т.н., доцент, профессор кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов, БрГТУ, Брест, РБ, gitenev@tut.by

²Старший преподаватель кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов, БрГТУ, Брест, РБ, senchuk.d.d@mail.ru

Аннотация. Исследованы процессы сорбции ионов цинка на брикетированном торфе. Была изучена зависимость степени извлечения ионов Zn^{2+} от размеров зерен торфа. Наиболее эффективной оказалась навеска торфа с размером зерен 1 мм. За 20 минут взаимодействия сорбента с водой эффект очистки составил 96 %. Исследована кинетика сорбции брикетированным торфом ионов Zn^{2+} . Сорбционная емкость при насыщении по Zn^{2+} составила 0,0045 мМоль/г (0,29 мг/г). Полученные результаты исследований

свидетельствуют о возможности использования брикетированного торфа в качестве эффективного сорбента для очистки сточных. На основании проведенных исследований предложена технология сорбционной очистки воды от ионов цинка с применением брикетированного торфа.

Ключевые слова: очистка производственных сточных вод, ионы Zn^{2+} , сорбция, гранулированный торф.

INVESTIGATION OF SORPTION PROPERTIES OF BRIQUETTED PEAT IN THE TREATMENT OF INDUSTRIAL WASTEWATER FROM ZINC OXIDES

Zhitenev B. N., Senchuk D. D.

Abstract. *The processes of sorption of zinc ions on briquetted peat are investigated. The dependence of the degree of extraction of Zn^{2+} ions on the size of peat grains was studied. Peat weighting with a grain size of 1 mm proved to be the most effective. After 20 minutes of interaction of the sorbent with water, the purification effect was 96%. The kinetics of sorption of Zn^{2+} ions by briquetted peat has been studied. The sorption capacity at Zn^{2+} saturation was 0.0045 mmol/g (0.29 mg/g). The obtained research results indicate the possibility of using briquetted peat as an effective sorbent for wastewater treatment. Based on the conducted research, a technology for sorption purification of water from zinc ions using briquetted peat has been proposed.*

Key words: industrial wastewater treatment, Zn^{2+} ions, sorption, granular peat.

Введение. В Республике Беларусь имеется ряд предприятий приборостроения, машиностроения и металлургии с гальваническим производством, в котором используются процессы нанесения металлических покрытий и обработки поверхности с целью придания ей необходимых свойств. Электрохимический способ нанесения покрытий является наиболее распространенным и применяется для нанесения металлических покрытий, а также для получения оксидных пленок при анодной обработке изделий. Основным его преимуществом считается возможность получать покрытия заданной толщины — от нескольких до десятков и даже сотен микрон.

В процессах обработки поверхности с целью придания ей антикоррозионных и декоративных свойств используются разнообразные реагенты, содержащие тяжелые металлы. Они входят в состав побочных продуктов этого производства — твердых и жидких отходов, сточных вод, выбросов в атмосферу. В результате предприятия, в составе которых функционируют гальванические цеха, являются основными источниками поступления токсичных тяжелых металлов в объекты окружающей среды. При этом установленные нормативы допустимых концентраций по ионам тяжелых металлов для сточных вод, отводимых в канализационные сети, часто не выполняются, что затрудняет работу городских очистных сооружений [1].

В Республике Беларусь согласно данным Государственного водного кадастра, отражающим объемы сброса загрязняющих веществ, лидирующие позиции среди металлов занимают железо, цинк и медь. В 2023 г. объем металлов в составе сточных вод составил: железо общее — 270,9, цинк — 23,11, медь — 3,6, хром общий — 2,67, никель — 1,34, свинец — 0,55 тонн. Масса цинка в составе сточных вод по Брестской области за 2023 год составила 0,826 т, по г. Бресту — 0,378 т [2].

Поэтому водоочистка становится одним из распространенных технологических процессов, особенно актуален вопрос глубокой очистки технической и сточных вод. Для использования природных вод в технологических циклах предприятий, а также для вторичного использования сточных вод необходима их очистка до соответствующих нормативов качества с использованием сорбционных технологий [3].

Разработка усовершенствованных технологий сорбционной очистки сточных вод с использованием торфа является весьма перспективным направлением. В литературе отсутствуют достаточно полные данные об использовании брикетированного торфа в качестве сорбента тяжелых металлов. Наличие в Республике Беларусь значительных запасов торфа и масштабных производств торфобрикетов способствует выпуску дешевых, экологически безопасных сорбентов на основе модифицированного брикетированного торфа. Настоящая работа посвящена изучению сорбционной очистки производственных сточных вод от ионов цинка гранулированным брикетированным торфом [4].

Материалы и методы исследований. В процессе исследований использовались физико-химические, технологические, математические методы. В данной работе объектом исследования являлась проба производственной сточной воды, полученная с предприятия СП ОАО «Брестгазоаппарат» 05 февраля 2025 года. Проба была отобрана из резервуара объемом 500 м³, где собираются сточные воды со всего завода. Концентрация ионов цинка в технологической воде до взаимодействия с торфом составила 2,1 мг/дм³.

В работе выполнялось экспериментальное исследование влияния крупности гранул измельченного брикетированного торфа и времени контакта его с пробой воды на величину снижения концентрации ионов цинка в производственных сточных водах СП ОАО «Брестгазоаппарат».

Для выполнения эксперимента использовался торфобрикет марки БТ-2, произведенный на ТБЗ «Гатча-Осовский», расположенном в Жабинковском районе Брестской области. Опыты осуществлялся следующим образом. Брикет механическим способом измельчался, затем рассеивали через набор сит калибром 1,0–2,0–3,0–4,0 мм. В результате были получены образцы крупностью <1 мм, 1,00–2,0 мм, 2,0–3,0 мм, 3,0–4,0 мм. Далее исследовалась сорбция ионов цинка Zn⁺². Исходный сток, объемом 100 мл, заливали в колбу и добавляли 10 г гранул торфа. Затем суспензию непрерывно перемешивали с помощью магнитной мешалки в течение 1,3, 5, 10, 15, 20 и 40 минут. Растворы фильтровали через бумажный фильтр сорта «Синяя лента» и определяли остаточное содержание ионов цинка Zn²⁺.

Результаты и обсуждение. Предварительно изучалась зависимость эффекта очистки сточных вод от крупности зерен брикетированного торфа. Исследовали эффективность сорбции для гранул средних размеров 1 мм, 2 мм, 3 мм и 4 мм, при продолжительности контакта 15 минут. С увеличением крупности гранул сорбента эффективность сорбции снижается, это является следствием того, что уменьшается площадь межфазовой границы между сорбентом и раствором. Дальнейшие исследования выполнялись с гранулами размером около 2 мм.

На рисунке 1 эффективность процесса сорбции ионов цинка на брикетированном торфе выражена через эффект снижения концентрации ионов Zn^{2+} в сточной воде, определяемый по формуле:

$$\Xi = \frac{C_{исх} - C_{обр}}{C_{исх}} \cdot 100, \% \quad (1)$$

где $C_{исх}$ — массовая концентрация ионов цинка в пробе воды до опыта; $C_{обр}$ — массовая концентрация ионов цинка в пробе воды после опыта.

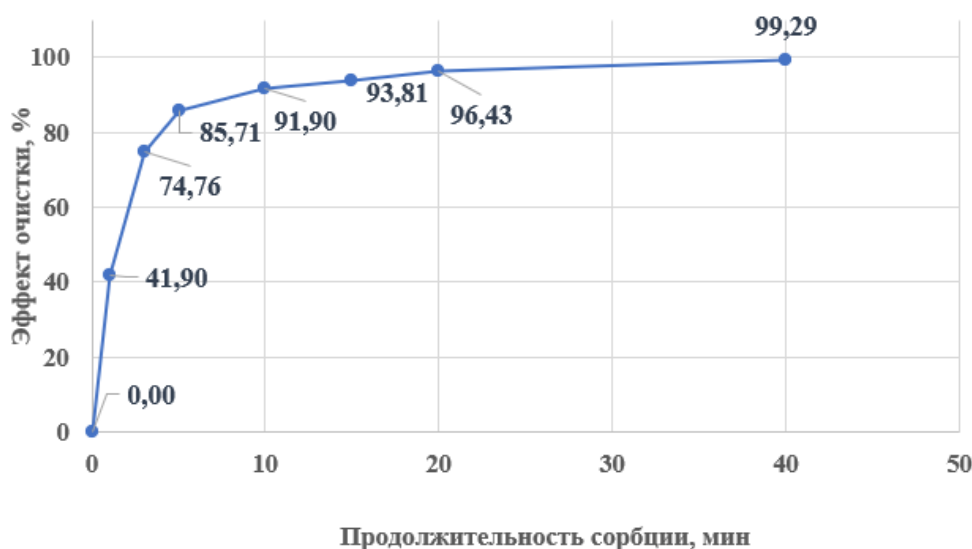


Рисунок 1 — Зависимость эффекта сорбции ионов Zn^{2+} от продолжительности взаимодействия

Наиболее эффективно процесс сорбции ионов цинка зернами брикетированного торфа протекает в течении 20 минут контакта, затем он замедляется. В течении 20 минут удаляется до 96 % ионов Zn^{2+} (рис. 1) и практически наступает сорбционное равновесие.

Для установления адсорбционной емкости брикетированного торфа был использован концентрированный раствор, содержащий 46 мг/л ионов цинка. После взаимодействия с навеской измельченного торфа в течение 20 минут остаточная концентрация ионов цинка составила 17 мг/л. Кинетическая кривая сорбции представлена на рис. 2.

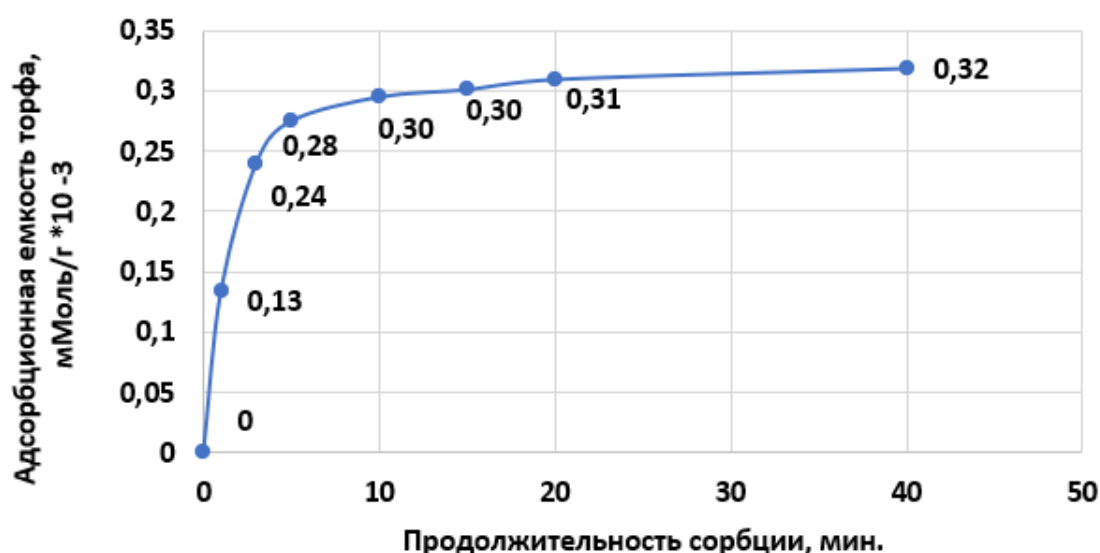


Рисунок 2 — Кинетическая кривая сорбции ионов Zn^{2+} брикетированным торфом

Закключение. По результатам выполненных исследований извлечения ионов цинка из производственных сточных вод СП ОАО «Брестгазоаппарат» процессом сорбции брикетированным торфом было установлено:

- с увеличением крупности зерен брикетированного торфа эффективность сорбции снижается;
- достаточная интенсивность процесса характеризуется тем, что за 5 минут контакта эффект сорбции ионов Zn^{2+} составляет $\Theta = 85,71\%$, а при 20 и 40 минутах соответственно 96%, и 99%;
- сорбционная емкость при насыщении составила по Zn^{2+} — 0,0045 ммоль/г. (0,29 мг/г);
- согласно уравнениям диффузионной и химической кинетики процесс сорбции идет в диффузионном режиме, при этом вклад в общую скорость процесса вносит стадия химического взаимодействия ионов металла с функциональными группами торфа.

Полученные результаты исследований свидетельствуют о возможности использования брикетированного торфа в качестве эффективного сорбента для очистки сточных вод от ионов Zn^{2+} .

Благодарность. Выражаем благодарность Е. И. Дмухайло и Т. М. Гончарко за активное содействие в проведении исследований.

Список цитированных источников

1. Марцуль В. Н. Очистка сточных вод гальванических цехов предприятий Республики Беларусь / В. Н. Марцуль [и др.] // Труды БГТУ. №3. Химия и технология неорганических веществ, 2013. — С. 61–66.
2. Государственный водный кадастр. Водные ресурсы, их использование и качество вод (за 2023 гг.). Мн., Минприроды Республики Беларусь, Минздрав Республики Беларусь.

3. Т. Ю. Дьячкова, И. А. Макарова, Е. С. Ваганова и др Сорбционная очистка растворов от ионов тяжелых металлов с применением цеолита, модифицированного углеродными нанотрубками / Т. Ю. Дьячкова, И. А. Макарова, Е. С. Ваганова и др // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». — 2019. — № 2. — С. 16–27.

4. Житенев, Б. Н. Технология сорбционной очистки сточных вод от ионов кадмия, свинца и меди гранулированным торфом / Б. Н. Житенев, А. Д. Гуринович, Д. Д. Сенчук // Вестник Брестского государственного технического университета. — 2022. — № 1 (127). — С. 26–31.

УДК 628.16.08

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ВОДОПОДГОТОВКИ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ И ДЕМАНГАНАЦИИ ПРИРОДНЫХ ВОД

***Конон А. А.¹, Данилюк М. А.²,
Научные руководители: Андреюк С. В.³, Волкова Г. А.⁴***

²Студентка факультета инженерных систем и экологии, БрГТУ, Брест, Беларусь,
v0011210@g.bstu.by

¹Студентка факультета инженерных систем и экологии, БрГТУ, Брест, РБ,
mariadaneluk25@gmail.com

³Заведующий кафедрой водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов, БрГТУ,
Брест, РБ, svandreyuk@g.bstu.by

⁴Доцент кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов, БрГТУ,
Брест, РБ, volga-brest@mail.ru

Аннотация. Работа направлена на исследование методов физико-химической очистки с учетом показателей качества воды питьевых водопроводов централизованных и нецентрализованных систем водоснабжения. В статье приводятся результаты исследований по проблеме низкой эффективности водоочистных сооружений централизованных систем водоснабжения, предназначенных для обезжелезивания и деманганации. Предложены технологические схемы очистки подземных вод от соединений железа, марганца и органических соединений с использованием окислительно-сорбционных технологий с целью интенсификации процессов водоподготовки.

Ключевые слова: водоподготовка, интенсификация, обезжелезивание, деманганация.

INTENSIFICATION OF WATER TREATMENT PROCESSES DURING RECONSTRUCTION OF TECHNOLOGICAL SCHEMES FOR DEFERRIZATION AND DEMANGANISATION OF NATURAL WATERS

Konon A. A., Danilyuk M. A.

Abstract. *The work is aimed at research of physical and chemical treatment methods taking into account water quality indicators of household and drinking water pipelines of centralised and non-centralised water supply systems. The article presents the results of research on the problem of low efficiency of water treatment facilities of centralised water supply systems, designed for deferrization and demanganisation. Technological schemes of groundwater purification from iron, manganese and organic compounds using oxidation-sorption technologies for the purpose of intensification of water treatment processes are proposed.*

Keywords: water treatment, intensification, deferrization, demanganisation.

Введение. Во многих регионах РБ содержание железа в воде для большинства источников водоснабжения превышает допустимое рекомендациями Гигиенического норматива «Показатели безопасности питьевой воды». Ограничение на содержание железа в питьевой воде имеет ПДК, равная 0,3 мг/дм³. Обезжелезивание является одной из самых насущных задач водоподготовки. Содержание железа в разных источниках водоснабжения значительно отличается как по форме соединений железа, так и по его суммарной концентрации.

В поверхностных водах железо обычно встречается в виде органических и минеральных комплексных соединений, либо коллоидных или тонкодисперсных взвесей. Преобладающей формой существования железа в подземных водах является бикарбонат железа (II), который устойчив только при наличии значительных количеств углекислоты и отсутствии растворенного кислорода. Наряду с этим железо встречается в виде сульфида, карбоната и сульфата железа (II), комплексных соединений с гуматами и фульвокислотами. Наряду с железом в подземной воде могут присутствовать марганец и сероводород, которые также необходимо удалять [2, 3]. Гидроксид железа может присутствовать в воде в коллоидном состоянии, которое является одной из основных форм существования. Железо может быть переведено из этого комплекса в осадок двумя путями: естественным – при участии бактерий, разрушающих органическое вещество, и искусственным – в том числе с помощью сильных окислителей (таких как озон, хлор), уничтожающих защитные коллоиды.

Мониторинг показателей качества воды питьевых водопроводов централизованных и нецентрализованных систем водоснабжения. Согласно обработке данных протоколов испытаний качества проб воды питьевых водопроводов нередко имеют превышения по концентрации железа и марганца после станций обезжелезивания. Так, по статистическому анализу исследуемых

показателей качества воды питьевых водопроводов централизованных и нецентрализованных систем водоснабжения населенных пунктов районного значения из 20 участков 12 имели превышения: 60% проб по концентрации железа, 5% проб по концентрации марганца. Сопутствующими загрязнениями нередко являются превышения по цветности (до 60 град. при норме 20 град.) и мутности (до 4,1 мг/л при норме 1,5 мг/л) [4].

Наряду с недостатками эксплуатационного характера технологические схемы обезжелезивания и деманганизации требуют разработки мероприятий по интенсификации процессов водоподготовки по снижению концентрации железа и марганца с учетом существующих сооружений, в том числе с применением окислительно-сорбционных технологий.

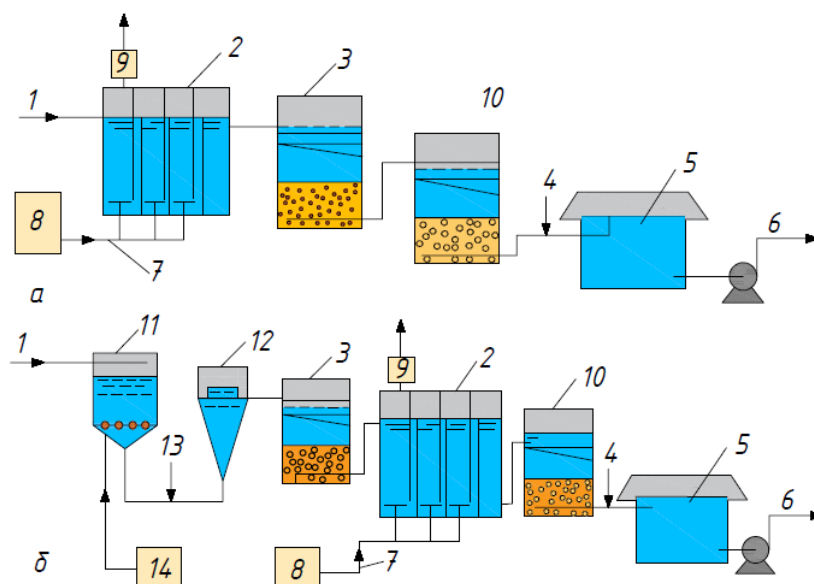
В соответствии с планом проведения мероприятий технического (технологического, поверочного) характера специалистами зональных ЦГиЭ периодически, а также по желанию водопотребителей обследованию подлежат индивидуальные источники водоснабжения.

Так, в 2019 г. 28 проб из 60 индивидуальных источников водоснабжения потребителей населенных пунктов Кобринского района (шахтные колодцы, скважины глубиной от 15 до 30 м) имели превышения по концентрации нитратов (47% проб) [4].

Наличие железа (Fe^{2+}) в подземных водах, наряду с нитратами, в концентрациях, превышающих предельно допустимые, является дополнительным фактором, определяющим состав технологической схемы водоподготовки для нецентрализованных локальных и индивидуальных систем питьевого водоснабжения [5].

Схема очистки подземных вод от соединений железа, марганца и органических соединений. При применении окислительно-сорбционных технологий очистки воды, учитывая ее высокую стоимость, особое значение имеет проведение предпроектных технологических изысканий, обеспечивающих оптимальную схему и наиболее экономичный режим эксплуатации.

При содержании в воде значительных количеств железа и марганца для более эффективного их окисления рекомендуется применять озонирование. Оптимальная доза озона определяется отдельно для каждого водисточника.



- а — при небольших концентрациях железа (до 15 мг/л) и марганца (до 0,6–1 мг/л);
 б — при повышенных концентрациях марганца (до 4 мг/л) и железа (более 15 мг/л);
 1 — подача подземной воды; 2 — контактная камера; 3 — песчаный фильтр;
 4 — подача хлорреагента; 5 — резервуар чистой воды; 6 — подача очищенной воды потребителю;
 7 — подача озонородушной смеси; 8 — блок подготовки воздуха и синтеза озона;
 9 — аппарат каталитического разложения озона; 10 — угольный фильтр;
 11 — дегазатор-аэрактор; 12 — смеситель; 13 — подача коагулянта (в случае необходимости);
 14 — турбовоздуходувка

Рисунок — Схемы очистки подземных вод от соединений железа, марганца и органических соединений [6]

На рисунке представлен вариант реконструкции традиционной технологической схемы обезжелезивания методом аэрации с фильтрованием на песчаных фильтрах: *а* — очистка подземной воды производится с предварительным озонированием и последующим фильтрованием на фильтрах двух типов загрузки. Этот метод может быть применен при небольших концентрациях трудноокисляемых соединений железа (до 15 мг/л) и марганца (до 1 мг/л) в подземной воде. При повышенных концентрациях — целесообразно применять двухэтапную очистку воды (рисунок, *б*): на первом этапе удаляется железо с помощью упрощенной аэрации и фильтрования на песчаном фильтре, на втором этапе проводится окисление марганца озоном до нерастворимых соединений (что достигается при оптимальной дозе озона) и последующее их удаление фильтрованием на второй ступени песчаных или угольных фильтров.

Для рассмотренных выше случаев сорбционная ступень очистки на фильтрах с активным углем необходима при содержании в воде повышенных концентраций органических загрязнений природного или антропогенного происхождения, когда схемы с использованием озонирования не обеспечивают требуемого качества питьевой воды.

Заключение. Наличие железа в природных водах в концентрациях, превышающих предельно допустимые, является дополнительным фактором, определяющим состав технологической схемы водоподготовки. Важнейшими геохимическими

условиями, способствующими накоплению железа и марганца в подземных водах, являются наличие бескислородной обстановки и отсутствие в водах осадителей (CO_3^{2-} , HS^- и др.). С глубиной содержание кислорода уменьшается. В подобных условиях традиционные схемы обезжелезивания и деманганации методом аэрации с фильтрованием на песчаных фильтрах не всегда позволяют достигнуть требуемый эффект очистки воды. Актуальными являются исследования по интенсификации работы и реконструкции технологических схем водоподготовки централизованных систем водоснабжения с применением окислительно-сорбционных технологий очистки воды.

Список цитированных источников

1. Охрана окружающей среды в Республике Беларусь. Статистический сборник; под общ. ред. И. В. Медведевой. — Минск: Национальный статистический комитет Республики Беларусь, 2020. — 202 с.

2. Зань, М. В. Аналитический обзор состояния и перспективные направления исследований по проблемам охраны и использования вод природной среды Беларуси / М. В. Зань, А. С. Крук // Инженерно-экологические аспекты и перспективы развития систем водоснабжения и водоотведения: сб. науч. статей Междунар. науч.-практ. конф., Брест, 28 марта 2024 г. / Брест. гос. техн. ун-т ; редкол.: А. А. Волчек [и др.] ; науч. ред. А. А. Волчек, О. П. Мешик, С. В. Андреюк. — Брест: БрГТУ, 2024. — С. 128–139.

3. Андреюк, С. В. Моделирование процессов подготовки воды для технического и питьевого водоснабжения / С. В. Андреюк, М. А. Таратенкова // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. — 2021. — №2 (34). — С. 46–57. — DOI: 10.21869/2311-1518-2021-34-2-46-57.

4. Андреюк, С. В. Мониторинг качества подземных вод нецентрализованных систем питьевого водоснабжения на содержание нитратов / С. В. Андреюк, А. А. Острейко // Охрана окружающей среды — основа безопасности страны : сб. науч. трудов по материалам Междунар. науч. экол. конф. / под ред. И. С. Белюченко. — Краснодар : КубГАУ, 2022.

5. Крук, А. С. Исследование методов физико-химической очистки в целях водоснабжения автономных объектов / А. С. Крук, М. В. Зань // Сборник тезисов научной студенческой конференции «Неделя науки — 2024» / УО «Брестский государственный технический университет»; редкол.: Н. Н. Шалобыта [и др.]. — Брест : Издательство БрГТУ, 2024. — С. 47.

6. Мацкович, О. А. Реконструкция технологических схем обезжелезивания и деманганации природных вод / О. А. Мацкович, А. А. Хведченя // Проблемы энергетической эффективности в различных отраслях: Материалы международного научного семинара. ЧАСТЬ II, Брест, БрГТУ, 22 апреля 2022 года / Под ред. В. С. Северянина, В. Г. Новосельцева — Брест : РУПЭ «Брестэнерго», 2022. — 78 с. — С. 25–28.

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА НАЛИЧИЕ НИТРАТОВ В НЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ СИСТЕМАХ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Крук А. С.¹, Андреюк С. В.²

¹Студентка факультета инженерных систем и экологии, БрГТУ, Брест, РБ,
krukaleksandra.ss@gmail.com

²Заведующий кафедрой водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов, БрГТУ,
Брест, РБ, svandreyuk@g.bstu.by

Аннотация. Качество подземных вод, используемых в нецентрализованных системах питьевого водоснабжения, является важным аспектом обеспечения здоровья населения и защиты окружающей среды. Одной из ключевых проблем, с которой сталкиваются многие регионы, является превышение допустимых норм содержания нитратов в питьевой воде. Целью настоящей работы является исследование шахтных колодцев и водозаборных скважин на наличие нитратов, усиление внимания к проблеме загрязнения подземных вод азотсодержащими веществами. Решаются вопросы по разработке технологических схем и оптимизации процессов водоподготовки для удаления нитратов.

Ключевые слова: подземные воды, водозабор, соединения азота, нитраты, водоподготовка, питьевое водоснабжение, ионообмен.

GROUNDWATER QUALITY CONTROL FOR NITRATES IN NON-CENTRALIZED DRINKING WATER SYSTEMS WATER SUPPLY

Kruk A. S., Andreyuk S. V.

Abstract. The quality of groundwater used in non-centralized drinking water supply systems is an important aspect of public health and environmental protection. One of the key problems faced by many regions is the exceeding of permissible norms of nitrate content in drinking water. The purpose of this work is to study shaft wells and water wells for the presence of nitrates, to increase attention to the problem of groundwater pollution with nitrogen-containing substances. Issues related to the development of technological schemes and optimization of water treatment processes to remove nitrates are being addressed.

Keywords: groundwater, nitrogen compounds, nitrates, water treatment, drinking water, ion exchange.

Проблема загрязнения подземных вод нитратами. В настоящее время при общем обеспечении централизованным водоснабжением 83,7% потребителей Республики Беларусь водоснабжение многих сельских населенных пунктов (до 56% сельского населения), усадеб городской и пригородной зон (до 7% городского населения) основывается на использовании подземных вод, которые

эксплуатируются шахтными колодцами, либо неглубокими индивидуальными скважинами. Имея, как правило, хорошие вкусовые качества, эти воды подвержены изменению химического и микробиологического состава под влиянием антропогенных факторов. Аналитический обзор и результаты гидрохимических наблюдений за 2020 г. указывают на высокую степень загрязненности подземных вод азотистыми соединениями: максимальные концентрации нитратов превышают допустимые по гигиеническим требованиям к источникам нецентрализованного питьевого водоснабжения в 5 и более раз и отмечены в 41% всех проб источников нецентрализованного водоснабжения в Брестской области Беларуси, при среднереспубликанском уровне 24,5% [1]. В результате выполненного анализа гидрохимических данных, полученных за 2022–2023 гг., установлено, что физико-химический состав подземных вод, опробованных за отчетный период на пунктах наблюдений НСМОС по определяемым компонентам, в основном, соответствует установленным требованиям качества вод (СанПиН 10-124 РБ 99 и гигиенический норматив «Показатели безопасности питьевой воды»). Однако в 2022 г. в 1 скважине, оборудованной на грунтовые воды, зафиксированы превышения по нитрат-иону (в д. Волчин Каменецкого района Брестской области) до 1,04 ПДК (46,8 мг/дм³). Исследования в 2023 г. также показали, что во всех скважинах отмечается превышающие ПДК показатели по железу общему (Fe, суммарно), кроме того наблюдался локальный участок, где выявлено превышение ПДК по нитрат-иону (по NO³⁻) — 5,8 ПДК (263,2 мг/дм³): в д. Хвойники Пружанского района Брестской области) [1–3].

Нитраты – это соли азотной кислоты, наличие которых как правило вызвано поступлением в подземные воды хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод, а также загрязненных вод с сельскохозяйственных угодий, обрабатываемых азотосодержащими удобрениями, и ливневых вод. В целом источники попадания азотосодержащих соединений в систему грунтовых вод (верхних слоев подземных вод) можно разделить на естественные (почвенный азот, атмосферные осадки, богатые азотом биологические отложения) и антропогенные (азотные удобрения, животноводческие фермы, места сброса хозяйственных и производственных сточных вод, дренажные воды септических бассейнов).

На рисунке представлена структура источников выброса аммиака на территории Беларуси в 2020 г. (в % от общего выброса): значительную долю составляют хранение и использование навоза, а также внесение в почву минеральных удобрений. Основными показателями, в целом определяющими загрязнение грунтовых и артезианских вод Беларуси, являются азот аммонийный, *нитраты*, окисляемость перманганатная. Наибольшее количество водных проб с повышенным содержанием нитрат-ионов наблюдается в бассейнах рек Днепра (грунтовые и артезианские воды), бассейнах рек Западного Буга и Припяти (грунтовые воды).

Нитраты — это соединения, которые могут оказывать негативное влияние на здоровье человека, особенно на детей. При высоком уровне нитратов в организме может развиваться метгемоглобинемия, или «синий синдром», что приводит к недостатку кислорода в крови. Основными источниками нитратов являются сельскохозяйственные удобрения, сточные воды, а также разложение органических веществ.

Поступление нитратов в организм человека происходит с потреблением продуктов питания и воды. Считается, что до 70–80 % нитратов, поступающих в организм первоначально, содержится в продуктах питания растительного происхождения, доля нитратов водного происхождения обычно существенно меньше.



Рисунок 1 — Структура источников выброса аммиака на территории Беларуси в 2020 г. (в % от общего выброса)

Однако установлено, что нитраты воды в среднем в 1,5 раза токсичнее нитратов, содержащихся в растительной пище. В случае повышенного содержания нитратов в воде именно они составляют основную часть нитратной нагрузки на организм человека. Реальная нагрузка существенно зависит от характера питания и количественного

содержания нитратов в воде и достигает в ряде случаев 500–600 мг/чел в сутки. Для взрослого человека допустимая суточная доза нитратов принята 300–325 мг/чел, для детей – рассчитывается исходя из 5 мг нитратов на 1 кг массы тела. Эта доза иногда превышает и может приводить к неблагоприятным для здоровья населения последствиям. По мнению некоторых исследователей с употреблением загрязненной воды может быть связано от 30 до 50 % случаев новообразований. При поступлении больших доз нитритов в организм человека наблюдается накопление метгемоглобина. Это вещество в отличие от гемоглобина не переносит кислород, что приводит к кислородному голоданию тканей. При количествах метгемоглобина в крови до 25% отмечается частичное кислородное голодание тканей, при 65–70% – наступает смерть. Наиболее часто подвергаются заболеванию метгемоглобинемией дети грудного возраста [4, 5].

Для контроля качества подземных вод необходимо проводить регулярный мониторинг и анализ образцов воды на содержание нитратов. Это может включать как лабораторные исследования, так и использование портативных анализаторов, которые позволяют быстро получить результаты на месте. Важно также проводить оценку факторов, влияющих на уровень нитратов, таких как тип почвы, расположение источников загрязнения и гидрогеологические условия.

В случае выявления превышения допустимых норм содержания нитратов в подземных водах необходимо принимать меры по их очистке и улучшению качества воды. Это может включать установку систем фильтрации, использование альтернативных источников воды или внедрение систем управления сельским хозяйством, направленных на снижение применения удобрений.

В рамках собственных исследований нитратного загрязнения подземных вод Брестского и соседних регионов РБ при взятии проб воды в 20 источниках

водоснабжения (скважинах и шахтных колодцах глубиной от 5 до 33 м) были выявлены превышения предельно допустимой массовой концентраций нитратов в воде водозаборных скважин и шахтных колодцев на приусадебных участках в городской, сельской местности и в пригородной зоне. Так, содержание нитратов составило от 60 мг/л — в воде шахтного колодца агрогородка Пески Березовского района Брестской области, до 147 мг/л — в воде шахтного колодца деревни Магдалин Кобринского района Брестской области. По данным проведенного нами опробования, в 70 % подземных источниках на территории Брестского региона содержание нитратов в воде превышает уровень ПДК, установленный для питьевых вод — 45 мг/дм³. Так же исследования показали, что содержание нитратов в подземных водах уменьшается с увеличением глубины скважины.

Разработка технологических схем и устройств очистки и кондиционирования подземных вод нецентрализованных систем питьевого водоснабжения для удаления нитратов. Наличие железа (Fe^{2+}) в подземных водах, наряду с нитратами, в концентрациях, превышающих предельно допустимые, является дополнительным фактором, определяющим состав технологической схемы водоподготовки для нецентрализованных локальных и индивидуальных систем питьевого водоснабжения. С учетом показателей качества исходной воды, в процесс очистки от соединений азота следует включать следующие этапы: осветление (предварительная механическая обработка для исключения попадания мелких частиц в устройства последующей водоподготовки); кондиционирование (основная стадия: удаление нитратов; обезжелезивание — при необходимости); сорбцию (заключительная стадия обработки воды) и обеззараживание [5–8].

Исследование и оптимизация технологического режима очистки воды от нитратов на ионообменных смолах. На кафедре водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов УО БрГТУ в рамках научно-технических разработок проводятся исследования физико-химических методов очистки подземных вод от нитратов на основе экспериментальной установки с использованием метода ионного обмена [5, 8]. Исследование наиболее эффективных ионитов проводилось с применением математического планирования экспериментов, целью которого являлось изучение влияния на эффективность процесса очистки воды от нитратов основных факторов работы ионообменной колонки с определением их оптимальных значений: скорости фильтрации воды V , м/ч; величины отношения высоты загрузки фильтрационной колонки к ее диаметру H/d ; температуры обрабатываемой воды t , °C.

В области оптимальных значений частные решения полученных экспериментально-статистических зависимостей позволяют оценить изменение эффекта очистки воды от нитратов с учетом варьирования факторов работы ионообменной колонки по уравнениям линейной регрессии (95%-й значимости) [5]:

– для фактора температуры обрабатываемой воды t , °C, в интервале $t = 5\text{--}18^\circ\text{C}$,

$$\Xi = 1,03 \cdot t + 78,46, \%; \quad (1)$$

– для фактора скорости фильтрации V , м/ч, в интервале $V = 10–32$ м/ч,

$$\Xi = -0,69 \cdot V + 99,28, \% \quad (2)$$

– для фактора H/d , в интервале $H/d = 0,1–5$,

$$\Xi = 3,71 \cdot (H / d) + 77,77, \%. \quad (3)$$

Полученное математическое описание, во-первых, дает информацию о влиянии факторов, во-вторых, позволяет количественно определить значения функции отклика (эффекта удаления нитратов) при любом заданном режиме ведения процесса очистки воды (рисунок 2).

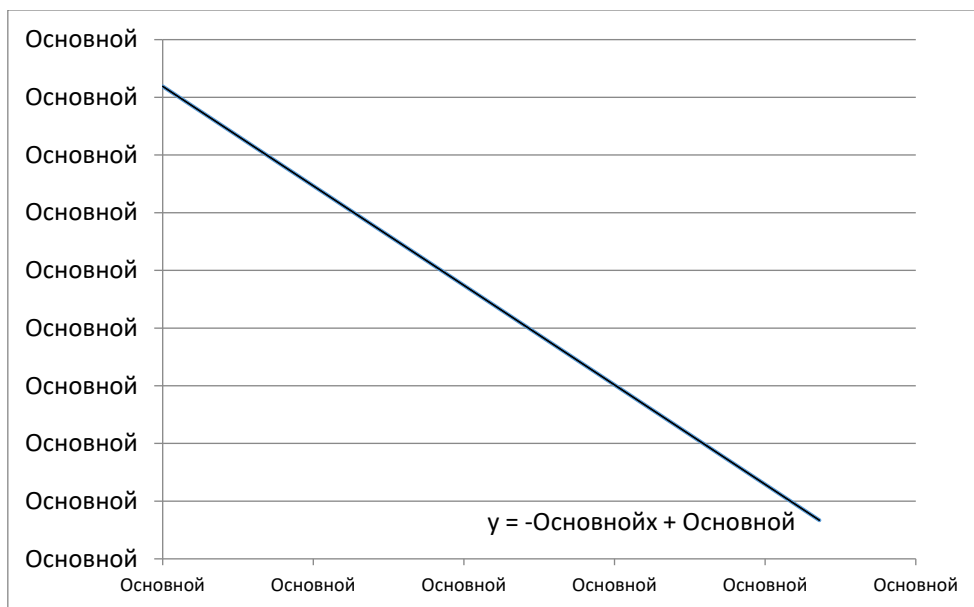


Рисунок 2 — Зависимость эффекта очистки (%) воды от нитратов от параметра скорости фильтрации (м/ч) при фиксированных оптимальных значениях параметров H/d и T ($^{\circ}\text{C}$) в интервале $V = 10–32$ м/ч

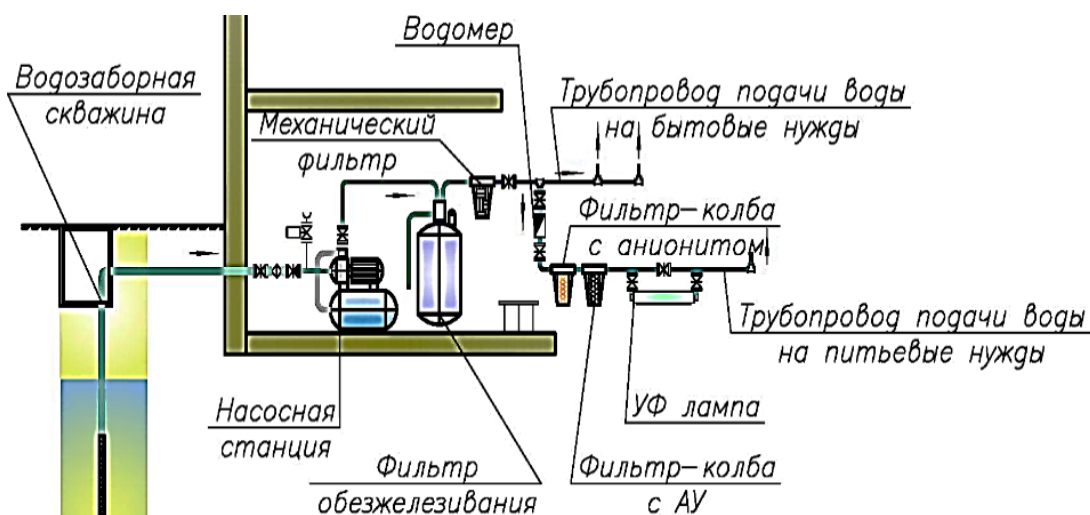


Рисунок 3 — Технологическая схема очистки подземных вод, содержащих нитраты и соединения железа (II) в концентрациях выше ПДК, для индивидуальной системы питьевого водоснабжения

На рисунке 3 представлена разработанная технологическая схема очистки подземных вод, содержащих соединения азота (нитраты) и железа (II) в концентрациях выше ПДК, в индивидуальной системе питьевого водоснабжения: исходная вода забирается из источника водоснабжения и подается на водоподготовку: проходит первую ступень очистки — обезжелезивание предварительно насыщенной кислородом воды, после чего разделяется на два потока: 1) подается на бытовые (гигиенические и хозяйственные) нужды потребителю; 2) направляется на последующую водоподготовку; вода второго потока проходит подготовку на сильноосновных ионообменных смолах, сорбционную очистку на активных углях, обеззараживание ультрафиолетовой лампой. Далее вода второго потока поступает потребителю на питьевые нужды.

Заключение. Контроль качества подземных вод на наличие нитратов в нецентрализованных системах питьевого водоснабжения является важной задачей, требующей комплексного подхода и взаимодействия между различными заинтересованными сторонами, включая органы местного самоуправления, сельскохозяйственных производителей и население. Современные масштабы нитратного загрязнения источников централизованных и нецентрализованных систем питьевого водоснабжения требуют конкретных предложений в практике проектирования, строительства и эксплуатации водозаборных скважин и шахтных колодцев с целью обеспечения населения питьевой водой, свидетельствуют об актуальности и целесообразности снижения антропогенной нагрузки на подземные воды, а также создания высокоэффективных технологий очистки воды от нитратов.

Список цитированных источников

1. Государственный водный кадастр. Водные ресурсы, их использование и качество вод (за 2017–2022 гг.). Мн., Минприроды Республики Беларусь, Минздрав Республики Беларусь.

2. Государственный водный кадастр. Водные ресурсы, их использование и качество вод (за 2023 г.). Мн., Минприроды Республики Беларусь, Минздрав Республики Беларусь.

3. Андреюк, С. В. Перспективные направления исследований по проблемам охраны и использования вод природной среды Беларуси / С. В. Андреюк, А. С. Крук // Перспективные направления инновационного развития и подготовки кадров : сб. науч. статей XXIII Междунар. науч.-практ. конф. , 31 октября — 1 ноября 2024 г. / Брест. гос. техн. ун-т ; редкол.: Н. Н. Шалобыта [и др.]. — Брест : БрГТУ, 2024. — С. 88–96.

4. Андреюк, С. В. Мониторинг качества подземных вод нецентрализованных систем питьевого водоснабжения на содержание нитратов / С. В. Андреюк, А. А. Острейко // Охрана окружающей среды – основа безопасности страны : сб. статей по материалам Междунар. науч. экол. конф., 29–31 марта 2022 г. / сост. В. В. Корунчикова, Л. С. Новопольцева; под ред. И. С. Белюченко. — Краснодар : КубГАУ, 2022. — С. 459–462.

5. Андреюк, С. В. Технологические схемы очистки и кондиционирования воды нецентрализованных систем питьевого водоснабжения / С. В. Андреюк // Вестник Брест. гос. техн. ун-та. — 2022. — № 1 (127). — С. 2–5. — DOI: 10.36773/1818-1112-2022-127-1.

6. Зайцева, И. С. Современные методы очистки питьевой воды от нитратов / И. С. Зайцева, В. В. Козловская, Е. В. Шатрова // Проблемы строительного производства и управления недвижимостью: сб. науч.статей V Междунар. науч.-практич. конференции / Кузбасский ГТУ им. Т.Ф. Горбачева. — Кемерово, 2018. — С. 146–150.

7. Трус, И. Н. Использование ионного метода для очистки воды от нитратов / И. Н. Трус, Н. Д. Гомеля, В. И. Воробьева, А. Ю. Флейшер // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. — 2016/12 (108) — Москва, ООО «Издательский дом «Орион»». — С. 28–30.

8. Крук, А. С. Исследование методов физико-химической очистки в целях водоснабжения автономных объектов / А. С. Крук, М. В. Зань // Сборник конкурсных научных работ студентов и магистрантов / УО «Брестский государственный технический университет»; редкол.: Н. Н. Шалобыта [и др.]. — Брест : Издательство БрГТУ, 2024. — Ч. I. — С. 26–30.

УДК 658.567.1

ПРИМЕНЕНИЕ АДСОРБЦИИ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

Мытько Д. В.¹, Шибека Л. А.²

¹Инженер кафедры промышленной экологии, БГТУ, Минск, РБ, dianamytko1@gmail.com

²Доцент кафедры промышленной экологии, БГТУ, Минск, РБ, Shibekal@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены закономерности процессов адсорбции ионов меди отходами деревообработки — древесными опилками. Установлено, что для описания изотермы сорбции ионов меди исходными древесными опилками применимо уравнение Фрейндлиха, а химически модифицированными древесными опилками — уравнение БЭТ.

Ключевые слова: древесные опилки, отход, медь, адсорбция, сорбент.

APPLICATION OF ADSORPTION FOR WASTEWATER TREATMENT FROM HEAVY METAL IONS

Mytsko D. V., Shibeka L. A.

Abstract. *The regularities of the processes of copper ion adsorption by wood processing waste — wood sawdust — are considered. It is established that the Freundlich equation is applicable to describe the isotherm of copper ion sorption by the initial wood sawdust, and the BET equation — by chemically modified wood sawdust.*

Keywords: sawdust, waste, copper, adsorption, sorbent.

Введение. В связи с повсеместным загрязнением природных водоемов и высокими санитарными требованиями, предъявляемыми к качеству воды в них, проблема очистки сточных вод является актуальной задачей, стоящей перед обществом. Среди загрязняющих веществ, присутствующих в сточных водах, особое положение занимают тяжелые металлы, обладающие высокой токсичностью в отношении живых организмов [1]. Создание высокоэффективных очистных сооружений для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов имеет особую актуальность для предприятий цветной металлургии, машиностроения, химической промышленности и других производств.

Среди физико-химических методов обезвреживания сточных вод особое положение занимают адсорбционные методы. Поиск новых сорбционных материалов является одной из задач, стоящих перед учеными. Одним из вариантов решения указанной проблемы является применение отходов производства в качестве сорбентов [2].

Цель работы — сравнительный анализ сорбционной емкости сорбентов, полученных на основе целлюлозосодержащих отходов.

Задачами исследования является изучение сорбционных свойств исходных и модифицированных древесных опилок в отношении ионов меди и определение математических зависимостей, с наибольшей степенью достоверности, описывающих изотермы сорбции.

Материалы и методы. В качестве объекта исследований в работе использовали отход производства деревообрабатывающей промышленности — древесные опилки. Исследование сорбционных свойств проводили на исходных и модифицированных древесных опилках. Процесс модификации предусматривал обработку отхода раствором соляной кислоты с последующей промывкой частиц образца дистиллированной водой и сушкой при 105 °С.

Исследование сорбционных свойств образцов проводили в статических условиях. Для приготовления модельных сточных вод использовали сульфат меди. Содержание ионов меди в пробах не превышало 1 г/дм³. В каждую пробу вносилось по 4 г/дм³ сорбента. Содержимое колб непрерывно перемешивалось в течение 60 минут, затем производилось отстаивание смеси и анализ осветленного раствора для определения содержания ионов меди в нем. На основании полученных результатов производился расчет сорбционной емкости исследуемых образцов и строились изотермы сорбции.

Результаты и обсуждение. Изотермы сорбции ионов меди исходными и химически модифицированными древесными опилками, полученные на основании результатов исследований, представлены на рисунке 1.



Рисунок 1 — Изотермы сорбции ионов меди

Из представленного рисунка видно, что ход кривых изотерм адсорбции для исследуемых образцов различается. Для древесных опилок наблюдается плавное увеличение сорбционной емкости образца отхода с наличием незначительных перегибов по ходу зависимости. Вероятно, таким образом, происходит заполнение свободных центров на поверхности адсорбента при увеличении концентрации ионов меди в воде. Для модифицированного образца в области низких концентраций ионов меди фиксируется значительное увеличение сорбционной емкости исследуемого материала, которая при дальнейшем увеличении содержания металла в воде возрастает незначительно. Такой ход кривой, вероятно, обусловлен невысоким количеством доступных для взаимодействия активных центров на поверхности сорбента. Это подтверждает значение величин сорбционной емкости исследуемых образцов. Для исходных древесных опилок предельная величина сорбционной емкости достигает 2,7 ммоль/г, для модифицированных — 0,3 ммоль/г. Для объяснения изменений в ходе изотерм сорбции использовали уравнения Ленгмюра, Фрейндлиха и БЭТ (Брунауэра, Эммета и Теллера) [3, 4].

Закключение. Установлено, что для описания изотермы сорбции ионов меди, полученной при использовании в качестве сорбционного материала древесных опилок, применимо уравнение Фрейндлиха, а химически модифицированных древесных опилок — уравнение БЭТ, о чем свидетельствует величины коэффициентов корреляции теоретических моделей с экспериментальными результатами, равные 0,86 и 0,98 соответственно. Применяемые модели используются в случае образования нескольких слоев адсорбата на поверхности сорбента.

Список цитированных источников

1. Келлер А. А., Кувакин В. И. Медицинская экология. — СПб.: Петроградский и К°, 1998. — 256 с.
2. Шайхиев И. Г. Использование компонентов деревьев рода *Quercus* в качестве сорбционных материалов для удаления поллютантов из воды. Обзор литературы / И. Г. Шайхиев // Вестник Казанского технологического университета. — 2017. — № 5. — С. 151–160.
3. Никифорова Т.Е. Сорбционные свойства и природа взаимодействия целлюлозосодержащих полимеров с ионами металлов / Т. Е. Никифорова, Н. А. Багровская, В. А. Козлов, С. А. Лилин // Химия растительного сырья. — 2009. — № 1. — С. 5–14.
4. Шайхиев И. Г. Использование компонентов хвойных деревьев для удаления поллютантов из водных сред. 4. Лиственничные / И. Г. Шайхиев, К. И. Шайхиева // Вестник Казанского технологического университета. — 2016. — №11. — С. 201–204.

УДК 628.161.3

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИЗВЛЕЧЕНИЯ СОЕДИНЕНИЙ ФОСФОРА СТОЧНЫХ ВОД РЕАГЕНТНЫМ МЕТОДОМ

Николайчик Е. А.¹, Сильванков К. А.²
Научные руководители: Андреюк С. В.³, Акулич Т. И.⁴

¹Студентка факультета инженерных систем и экологии, БрГТУ, Брест, РБ,
v0011222@g.bstu.by

²Студент факультета инженерных систем и экологии, БрГТУ, Брест, РБ,
v0011221@g.bstu.by

³Заведующий кафедрой водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов,
БрГТУ, Брест, РБ, svandreyuk@g.bstu.by

⁴Старший преподаватель кафедры водоснабжения, водоотведения
и охраны водных ресурсов, БрГТУ, Брест, РБ, tigol1976@mail.ru

Аннотация. Реагентные методы извлечения фосфора основаны на химических реакциях, которые позволяют преобразовать растворимые фосфорсодержащие соединения в нерастворимые формы, которые затем могут быть удалены из сточных вод. Исследования показывают, что эффективность извлечения фосфора из сточных вод с использованием реагентного метода может достигать 80–95% в зависимости от состава сточных вод и используемых реагентов. Оптимизация условий реакции, таких как концентрация реагента, значение рН среды; температура и время контакта, играет критическую роль в достижении высокой степени

удаления фосфора. Целью выполненных научных исследований стало установление зависимости эффекта дефосфотации сточных вод от дозы реагента при использовании различных видов реагентов пробным коагулированием с учетом изменения условий среды.

Ключевые слова: фосфор, сточные воды, реагенты, коагулянты, дефосфотация.

EFFICIENCY OF PHOSPHORUS COMPOUNDS EXTRACTION FROM WASTEWATER BY REAGENT METHOD

Nikolaychik E. A., Silvankov K. A.

Abstract. *Reagent-based phosphorus recovery methods are based on chemical reactions that convert soluble phosphorus-containing compounds into insoluble forms that can then be removed from wastewater. Studies show that the efficiency of phosphorus recovery from wastewater using the reagent method can reach 80–95%, depending on the composition of the wastewater and the reagents used. Optimization of reaction conditions, such as reagent concentration, pH value of the medium, temperature and contact time, plays a critical role in achieving high phosphorus removal rates. The purpose of this research was to determine the dependence of the effect of wastewater dephosphorization on the reagent dose when using different types of reagents by trial coagulation, taking into account changes in environmental conditions.*

Keywords: phosphorus, wastewater, reagents, coagulants, dephosphotization.

Введение. В настоящее время одним из главных направлений в области очистки сточных вод является удаление биогенных элементов – соединений азота и фосфора, приводящих к эвтрофикации водных объектов [1, 2].

Удаление азота и фосфора биологическим методом взаимосвязаны. В силу достаточно жестких требований по содержанию фосфора в очищенной воде приоритеты перемещаются в сторону удаления фосфора, который в свою очередь в большей степени является усугубляющим фактором процесса эвтрофикации [3].

В результате очистки сточных вод биологическим методом эффективность по фосфору составляет 78–80%. При этом процесс биологической очистки очень чувствительный и нестабильный. Применение химического удаления фосфора позволяет снижать его содержание на 95% (до 0,5 мг/дм³).

Целью выполненных научных исследований стало установление зависимости эффекта дефосфотации сточных вод от дозы реагента при использовании различных видов реагентов пробным коагулированием с учетом изменения условий среды.

Математическое моделирование процессов извлечения соединений фосфора. Изучение механизмов сложных процессов и свойств многокомпонентных систем, а также их оптимизация в современной математической теории позволяют смоделировать процессы очистки сточных вод на основе

влияющих и определяющих факторов. Для химического удаления фосфора сточных вод к данным факторам можно отнести стехиометрическую дозу реагента; β -фактор; значение pH среды; температуру среды; метод осаждения; реализацию процессов разделения фосфорного осадка и водной среды [4, 5].

В рамках экспериментальных исследований в качестве модели процесса дефосфотации использовали выражение для определения оптимальных значений параметров технологического процесса коагуляции фосфатов сточных вод:

$$\Xi = f(C_{\text{реаг. (Me)}} : C_{\text{исх. (P)}}, \text{pH}, t), \quad (1)$$

где Ξ — эффект снижения концентрации фосфора, %;

$C_{\text{реаг. (Me)}} : C_{\text{исх. (P)}}$ — отношение концентрации реагента по металлу к исходной концентрации фосфора (β -фактор);

pH — водородный показатель;

t — температура сточной воды, °C.

Оценка эффективности применения реагентов для дефосфотации воды методом пробного коагулирования. Экспериментальные исследования по подбору оптимальной дозы реагента проводили с учетом значения pH и температуры обрабатываемой воды, а также оптимального соотношения: реагент по металлу / фосфор.

Таблица 1 — Результаты пробного коагулирования

№ п/п	β -фактор	Доза Аква Аурат 30, мг/дм ³	Остаточная концентрация фосфатов, мг/дм ³	Эффект очистки, %
1	1	8,7	3,8	62
2	1,5	13,05	2,56	74,4
3	2,5	21,75	1,85	81,5
4	3,5	30,45	0,65	93,5

В таблице 1 представлены результаты пробного коагулирования при обработке сточных вод 1%-м раствором коагулянта Аква Аурат 30 (Al₂O₃ 30%) при концентрации фосфатов 10 мг/дм³.

Положительную динамику очистки получили также в результате пробного коагулирования с использованием реагента сульфата железа (III) Fe₂(SO₄)₃·7H₂O (доза 1%-го раствора варьировалась от 18 до 63 мг/дм³). Графики зависимостей представлены на рисунках 1, 2.

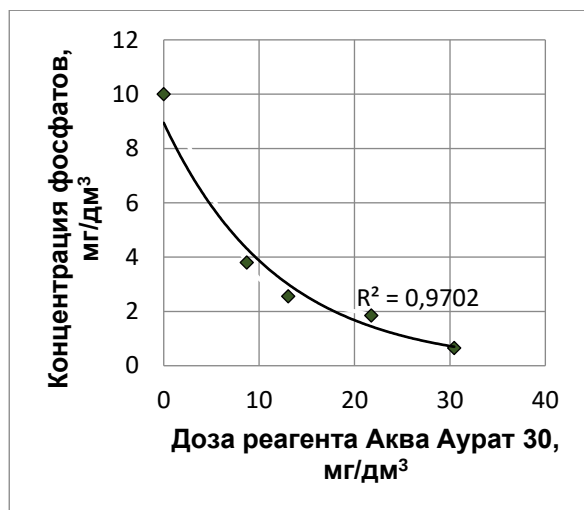


Рисунок 1 — Зависимость остаточной концентрации фосфатов от дозы реагента

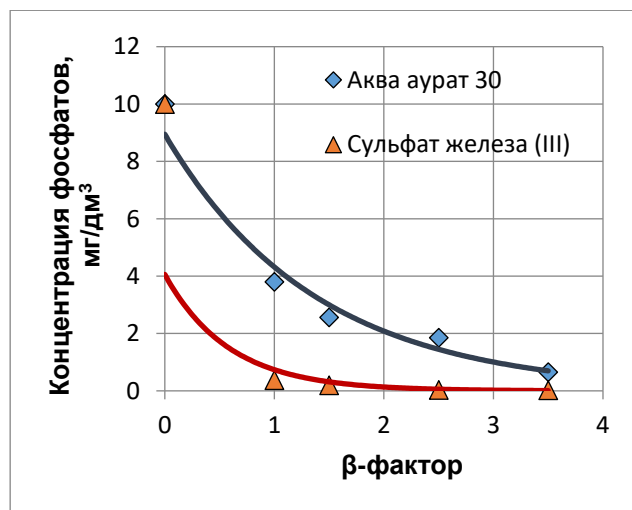


Рисунок 2 — Зависимость остаточной концентрации фосфатов от β-фактора

Получены зависимости эффекта очистки сточных вод от дозы коагулянта при начальной концентрации фосфатов 10 мг/дм³; установлено:

- с увеличением дозы коагулянта достигается эффект очистки от 62 до 94% (для реагента Аква Аурат 30), до 99,8% (для сульфата железа (III));
- на оптимальные значения дозы реагента влияют значения pH в диапазоне от 4 до 11, значения температуры от 10 до 40 °С, β-фактор.

Заключение. По результатам экспериментальных и расчетных данных пробным коагулированием установлена зависимость эффекта очистки сточных вод от дозы коагулянта при использовании различных видов реагентов для химической дефосфотации сточных вод.

Согласно разработанной методике последующие экспериментальные исследования планируется направить на получение уравнений регрессии в виде многочлена второй степени от трех переменных, определяющим зависимость остаточной концентрации фосфатов при химической дефосфотации сточных вод от соотношения Me:P, с учетом изменения значений pH, температуры сточных вод, а также выбора точки ввода реагента на технологической схеме очистки.

Список цитированных источников

1. Мешенгиссер, Ю. М. Ретехнологизация сооружений очистки сточных вод / Ю. М. Мешенгиссер. — М.: ООО «Издательский дом «Вокруг цвета», 2012. — 211 с.
2. Андреюк, С. В. Эффективность дефосфотации сточных вод реагентным методом / С. В. Андреюк, Т. И. Акулич // Проблемы энергетической эффективности в различных отраслях: Материалы международного научного семинара. ЧАСТЬ I, Брест, БрГТУ, 22 апреля 2022 года / Под ред. В. С. Северянина, В. Г. Новосельцева — Брест : РУПЭ «Брестэнерго», 2022. — С. 26–28.
3. ЭкоНиП 17.01.06-001-2017 Экологические нормы и правила РБ «Охрана окружающей среды и природопользование. Требования экологической безопасности». Утв. пост. Мин. природн. рес. и охр. окр. среды РБ от 18 июля 2017 г. № 5-Т.

4.

5. Андреюк, С. В. Технологическое моделирование процесса реагентного удаления фосфора из сточных вод / С. В. Андреюк, Т. И. Акулич, Е. С. Гогина, Д. В. Каперейко // Вестник Брест. гос. техн. ун-та. — 2022. — № 3 (129). — С. 2–4. — DOI: 10.36773/1818-1112-2022-129-3-2-4.

6. Каперейко, Д. В. Эффективность дефосфотации сточных вод с использованием полиоксихлорида алюминия (Phosphorus removal efficiency in waste water using aluminum polyoxychloride) / Д. В. Каперейко, М. С. Бубнова, С. В. Андреюк // Химия. Экология. Урбанистика: матер. всерос. науч.-практ. конф. (с междунар. участием), 19–21 апреля 2023 г., г. Пермь, Российская федерация — Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политех. ун-та, 2023 — С. 55–59.

7. Слинка, Е. А. Эффективность дефосфотации сточных вод с использованием полиоксихлорида алюминия / Е. А. Слинка, Д. В. Каперейко // Инженерно-экологические аспекты и перспективы развития систем водоснабжения и водоотведения: сб. научн. статей Междунар. науч.-практ. конф., Брест, 28 марта 2024 г. / Брест. гос. техн. ун-т ; редкол.: А. А. Волчек [и др.] ; науч. ред. А. А. Волчек, О. П. Мешик, С. В. Андреюк. — Брест: БрГТУ, 2024. — С. 192–197.

УДК 628.196

ПОЛІФУНКЦЫЯНАЛЬНЫЯ МАТЭРЫЯЛЫ ДЛЯ АБЕЗЖАЛЕЗВАННЯ І ДЭМАНГАНАЦЫІ ПАДЗЕМНЫХ ВОД

Прапольскі Д. Э.¹

¹Старэйшы выкладчык, БНТУ, Мінск, Беларусь, propolskiy@bntu.by

Анатацыя. *Наяўнасць якаснай пітнай вады — адна з асноўных умоў жыццядзейнасці чалавека. Для гэтай мэты найбольш адпаведнай крыніцай з'яўляюцца падземныя воды. Ужыванне пітнай вады, у якой перавышэннем гранічна дапушчальныя канцэнтрацыі забруджваючых рэчываў, наносіць шкоду здароўю чалавека. Для забеспячэння вадой пітнай якасці абавязковым з'яўляецца выкананне нарматываў і стандартаў. У Рэспубліцы Беларусь гэта рэгламентуецца Пастановай Савета Міністраў № 37.*

Гідрагеахімічны склад падземных вод Рэспублікі Беларусь характарызуецца падвышаным ўтрыманнем злучэнняў жалеза і марганцу. Гранічна дапушчальная канцэнтрацыя жалеза агульнага складае 0,31 мг/дм³, а для марганцу — 0,01 мг/дм³. Найбольш распаўсюджаным у Беларусі метадам водападрыхтоўкі для выдалення Fe і Mn з'яўляецца аэрацыя з наступным фільтраваннем праз інэртныя матэрыялы. Для эфектыўнай работы метаду неабходна, каб выбар фільтруючага матэрыялу адпавядаў крытэрыям падбору загрузак фільтраў. Перспектыўным з'яўляецца выкарыстанне поліфункцыянальных фільтруючых

загрузак. Гэтыя матэрыялы могуць вырабляцца з даступных матэрыялаў або перапрацаваных адходах. Акрамя таго, мадыфікацыя можа палепшыць характарыстыкі загрузкі, такія як марфалогія матэрыялу і хімічны склад яго паверхні.

Ключавыя словы: падземная вада, дэфэрызацыя, дэманганатацыя, выдаленне жалеза і марганцу, фільтруючыя матэрыялы.

POLYFUNCTIONAL MATERIALS FOR DEIRONIZATION AND DEMANGANIZATION OF GROUNDWATER

Prapolski D. E.

Abstract. The availability of high-quality drinking water is one of the basic conditions for human life. For this purpose, the most suitable source is groundwater. The use of drinking water with exceeding the maximum permissible concentrations of pollutants is harmful to human health. Compliance with regulations and standards is a prerequisite for obtaining drinking water. In the Republic of Belarus, such a document is the Resolution of the Council of Ministers No. 37.

The hydrogeochemical composition of groundwater in the Republic of Belarus is characterized by an increased content of iron and manganese compounds. The maximum permissible concentration for total iron is 0.31 mg/dm^3 , and for manganese - 0.01 mg/dm^3 . The most common water treatment method in Belarus for removing Fe and Mn is aeration followed by filtration through inert materials. For the effectiveness of the method, it is necessary that the selection of the filter material meets the criteria for selecting filter loads. The use of polyfunctional filter loads is promising. These materials can be made from available materials or recycled waste. Also, as a result of the modification, the characteristics of the load, such as the morphology of the material and the chemical composition of the surface, can be improved.

Keywords: underground water, deferrization, demanganation, iron and manganese removal, filter media.

Увядзенне. Кожная крыніца водазабеспячэння валодае сваімі гідрагеохімічнымі асаблівасцямі, разнавіднасцямі і ўзроўнямі забруджвання. Для Рэспублікі Беларусь актуальнай праблемай водападрыхтоўкі падземных вод з'яўляецца выдаленне жалеза і марганцу. Згодна з Пастановай Савета Міністраў №37 [1], гранічна дапушчальныя канцэнтрацыі (ГДК) гэтых злучэнняў складаюць $0,31 \text{ мг/дм}^3$ і $0,01 \text{ мг/дм}^3$ адпаведна. Паводле справаздач Нацыянальнай сістэмы маніторынгу навакольнага асяроддзя [2] і дадзеных Дзяржаўнага воднага кадастра назіраецца шматразовае перавышэнне ГДК жалеза і марганцу ў падземных водах краіны (Fe: 2,5–168; Mn: 1,04–55). Вырашэнне гэтага пытання рэалізуецца шляхам будаўніцтва новых станцый абезжалезвання ў рамках Дзяржаўнай праграмы “Камфортнае жыллё

і спрыяльнае асяроддзе” [3]. У выніку агульная колькасць станцый абезжалезвання, што функцыянуюць у краіне, перавышае 1200.

У Беларусі асноўным метадам выдалення жалеза і марганцу з падземных вод з’яўляецца аэрацыя з наступным фільтраваннем праз інэртныя фільтруючыя матэрыялы. Эфектыўнасць работы станцый будзе шмат у чым залежаць ад формаў прадстаўленага ў вадзе жалеза і марганцу, наяўнасці ў фільтрах каталітычнага і затрымліваючага слаёў, а таксама правільнасці падбору матэрыялу іх загрузкі. Акрамя таго, варта ўлічваць яго кошт і даступнасць.

Вынікі і абмеркаванне. Якасць фільтрата і эфектыўнасць працэсу фільтрацыі залежыць ад выбару параметраў фільтруючых матэрыялаў. Умовы падбору фільтруючых матэрыялаў ўключаюць вызначэнне перыяду фільтрацыкла, умоў фільтрацыі і рэгенерацыі, наяўнасць рэагентнай апрацоўкі загрузкі, санітарна-гігіенічныя і эксплуатацыйныя параметры матэрыялу. Асноўнымі параметрамі пры выбары фільтруючага матэрыялу з’яўляюцца фракцыйны склад, порыстасць, гідраўлічная буйнасць, кут натуральнага адхону, удзельная паверхня, механічная трываласць, хімічная ўстойлівасць. Фінальны выбар паміж некалькімі фільтруючымі матэрыяламі будзе залежаць ад тэхніка-эканамічных разлікаў.

Найбольш распаўсюджанымі ў Рэспубліцы Беларусь матэрыяламі, якія прымяняюцца ў фільтрах станцый абезжалезвання падземных вод, з’яўляюцца кварцавы пясок, антрацыт, піралюзіт (дыяксід марганцу). Сярод каталітычных матэрыялаў шырока выкарыстоўваюцца загрузкі маркі Birm, Manganese Greensand, MTM, Filter AG і Сарбэнт АС. Варта адзначыць, што параўнанне коштаў на гэтыя матэрыялы ў 2018 і 2024 г. паказала павелічэнне кошту імпортных загрузак у 1,2–2,3 разы. У той жа час кошт кварцавага пяску і антрацыту знізіўся ў 1,6 разы і 2,2 разы адпаведна. Таксама выкарыстанне гэтых матэрыялаў з’яўляецца неэфектыўным у дачыненні арганічнага жалеза з-за ўтварэння на паверхні арганічнай плёнкі.

Для вырашэння дадзеных праблем у якасці каталітычнага слоя могуць прымяняцца поліфункцыянальныя мадыфікаваныя фільтруючыя загрузкі [4–8]. Падчас мадыфікацыі можна задаваць новыя характарыстыкі зыходных загрузак. Таксама з дапамогай мадыфікацый паверхні можна наносіць некалькі эфектыўных акісляльнікаў, якія дзейнічаюць на жалеза і марганец і здольныя выконваць функцыю інактывацыі мікраарганізмаў. У выніку павелічэння каталітычных уласцівасцей матэрыялу можна павялічыць хуткасць фільтравання або паменшыць вышыню каталітычнага слоя. Асновай такіх загрузак могуць быць танныя матэрыялы або перапрацаваныя адходы вытворчасці [9, 10].

Заклучэнне. Поліфункцыянальныя фільтруючыя матэрыялы з’яўляюцца эфектыўнымі аналагамі імпортных каталітычных загрузак. Ужыванне такіх матэрыялаў дазваляе вырашыць адразу некалькі задач водападрыхтоўкі ў залежнасці ад асаблівасцяў крыніцы водазабеспячэння. Гэта, у сваю чаргу, дазваляе зменшыць кошт атрымліваемай пітнай вады і зменшыць выдаткі на працу станцыі водападрыхтоўкі.

Спис цытаваных крыніц

1. Об утверждении гигиенических нормативов [Электронный ресурс] постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 25 янв. 2021 г., № 37 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. — Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C22100037&p1=1&p5=0> — Дата доступа: 12.05.2024.
2. Главный информационно-аналитический центр Национальной системы мониторинга окружающей среды. Мониторинг подземных вод за 2023 год [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.nsmos.by/sites/default/files/2024-06/3-monitoring-podzemnykh-vod.pdf> — Дата доступа: 10.03.2025.
3. О Государственной программе «Комфортное жилье и благоприятная среда» на 2021–2025 годы [Электронный ресурс] постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 28 янв. 2021 г., № 50 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. — Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C22100050>. — Дата доступа: 10.03.2025.
4. Prapolski D., Romanovski V. Recent advances in underground water deironing and demanganization: Comprehensive review // *Journal of Water Process Engineering*. — 2025. — Т. 70. — С. 107089.
5. Пропольский, Д.Э. Модифицированный активированный уголь для обезжелезивания подземных вод / Д. Э. Пропольский, В. И. Романовский, Е. В. Романовская // Вестник БрГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. — 2019. — №2. — С. 47–50.
6. Пропольский, Д. Э. Эффективность обезжелезивания подземных вод с использованием модифицированных каталитических материалов / Д. Э. Пропольский, В. И. Романовский // *Технологія* — 2019 : матеріали ХХІІ Міжнар.наук.-техн. конф., 26–27 квіт. 2019 р., м. Сєверодонецьк : в 2 ч. — Сєверодонецьк : Східноукр. нац. ун-т ім. В. Даля, 2019. — Ч. 1 — С. 85–86.
7. Модифицированные антрациты-эффективные каталитические материалы для обезжелезивания подземных вод / Клебеко П. А., Романовский В. И. // *Водоснабжение и санитарная техника*. — 2020. — № 7, — с. 24–29.
8. Hurynovich A., Ramanouski V. Artificial replenishment of the deep aquifers // *E3S Web of Conferences*. — EDP Sciences, 2018. — Т. 45. — С. 00025.
9. Wang C. et al. Preparation of calcium sulfate from recycled red gypsum to neutralize acidic wastewater and application of high silica residue // *Journal of Material Cycles and Waste Management*. — 2024. — Т. 26. — №. 3. — С. 1588–1595.
10. Smorokov A. et al. A novel low-energy approach to leucoxene concentrate desiliconization by ammonium bifluoride solutions // *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*. — 2023. — Т. 98. — №. 3. — С. 726–733.

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД, ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СОЛОДА

Русак Е. Ю.¹, Тур Э. А.²

¹Студентка факультета инженерных систем и экологии, БрГТУ, Брест, РБ,
rusakkatsiaryna@gmail.com

²Доцент кафедры инженерной экологии и химии, БрГТУ, Брест, РБ, tur.elina@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрены результаты исследования сточных вод, образующихся при замачивании зерна для производства солода. Проведены лабораторные исследования, направленные на снижение содержания загрязняющих веществ в сточных водах до нормативных. Изучены возможные варианты использования реагентов для нейтрализации стоков, удаления фосфатов. Подобран реагент CaO и диапазон оптимальных доз реагента.

Ключевые слова: сточные воды, солод, фосфат-ионы, взвешенные вещества

WASTEWATER TREATMENT GENERATED DURING MALT PRODUCTION

Rusak E. Y., Tur E. A.

Abstract. The article discusses the results of a study of wastewater generated during soaking of grain for malt production. Laboratory studies have been conducted aimed at reducing the content of pollutants in wastewater to regulatory levels. Possible options for using reagents to neutralize wastewater and remove phosphates have been studied. The CaO reagent and the range of optimal reagent doses have been selected.

Keywords: wastewater, malt, phosphate ions, suspended solids

Введение. На предприятиях по производству солода в Республике Беларусь и Российской Федерации периодически возникают превышения предельно-допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ на выпуске в городскую канализационную сеть в производственных стоках предприятия по следующим показателям: водородный показатель pH по нормативам должен быть не ниже 6,5 и не выше 8,5 мг/дм³; содержание фосфат-ионов (в пересчете на P) по нормативам — не более 11,4 мг/дм³; химическое потребление кислорода (ХПК) — не более 1500,0 мг/дм³; взвешенные вещества — не более 450,0 мг/дм³. Данные сточные воды образуются на разных стадиях замачивания ячменя для производства солода [1].

Материалы и методы. Целью исследований являлись: анализ стоков на всех этапах технологического процесса производства солода с определением мест и выявлением причин появления загрязняющих веществ; разработка мероприятий

по недопущению превышения ПДК загрязняющих веществ в составе производственных сточных вод на выпуске в сети коммунальной канализации без строительства локальных очистных сооружений.

При производстве солода этапами производства являются процессы замачивания и проращивания зерна. Замачивание, мойку и дезинфекцию ячменя производят партиями по 350 т через 16 часов одновременно в 8 стальных цилиндрических замочных чанах первых суток, емкостью 85 м³ каждый. Количество чанов всего в замочном отделении — 24 шт. Замочные чаны оборудованы системами подачи и слива воды. Сброс сточных вод предприятия производится по наружным сетям канализации диаметром 150–500 мм в резервуар-усреднитель вместимостью 1000 м³. Так как сбросы сточных вод является залповыми, в резервуаре происходит усреднение расходов стоков и концентрации их загрязнения.

Сточные воды промышленных предприятий подвергают, как правило; очистке различными способами: механической, химической, физико-химической и биохимической. **Механическую очистку** применяют для удаления из сточных вод взвешенных веществ и частично от загрязнений, находящихся в коллоидном состоянии. Для механической очистки используют решетки, песколовки, отстойники, жироловки, нефтеловушки, маслоотделители, гидроциклоны, фильтры и другие сооружения. Для очистки производственных сточных вод от взвешенных веществ, имеющих большой удельный вес (минеральные загрязнения), могут применяться гидроциклоны. Для очистки производственных сточных вод от мелкодисперсных взвешенных веществ используют тканевые, сетчатые или песчаные фильтры.

Химическая очистка заключается в выделении из сточных вод загрязнений путем проведения реакций между ними и вводимыми в воду реагентами. Таковыми реакциями являются реакции окисления и восстановления, реакции образования соединений, выпадающих в осадок, и реакции, сопровождающиеся газовыделением. Химическая очистка применяется для очистки только некоторых производственных сточных вод.

Механохимическую очистку применяют для выделения из сточных вод нерастворенных загрязнений. Сущность ее состоит в том, что в воду добавляют коагулянты, которые способствуют удалению из нее загрязнений в процессе ее механической очистки. **К физико-химическим методам** очистки сточных вод относятся сорбция, экстракция, коагуляция, флотация, электролиз, ионный обмен, кристаллизация и др. **Биохимическая (биологическая) очистка** заключается в окислении остающихся в воде после механической очистки органических загрязнений с помощью микроорганизмов, способных в процессе своей жизнедеятельности осуществлять минерализацию органических веществ [2].

В процессе работы были исследованы сточные воды на различных стадиях технологического процесса на величину pH, содержание фосфат-ионов, ХПК и взвешенных веществ, а также в лабораторных условиях продублирован технологический процесс замачивания зерна и исследован ячмень различных поставщиков.

Результаты и их обсуждение. Согласно проведенным исследованиям, наиболее кислыми являются сточные воды, образующиеся после 1-й замочки

ячменя. В выпускном колодце разбавление бытовыми сточными водами положительно влияет на рН стока. В исследованных пробах не обнаружено превышения содержания взвешенных веществ. Ранними исследованиями было определено, что превышения по содержанию взвешенных частиц наблюдается при использовании ячменя, поставляемого из-за рубежа. Превышение содержания фосфат-ионов имеют сточные воды, образующиеся после первой замочки (1-е сутки) ячменя. После 2-й замочки (3-е сутки) содержание фосфат-ионов находится в пределах допустимого значения. В усреднителе после смешения стоков имеется небольшое превышение, а в выпускном колодце после разбавления промышленных сточных вод бытовыми превышения практически нет ($0,2 \text{ мг/дм}^3$ — в пределах допустимой погрешности измерений). Ранее определено, что превышения по содержанию фосфат-ионов имеют сточные воды, образующиеся при использовании ячменя, поставляемого как из-за рубежа, так и из Беларуси. Установлено, что наиболее критичными и дающими превышения по всем параметрам являются сточные воды слива 1-й замочки ячменя (через 1 сутки замачивания). В исследованных пробах не обнаружено превышения по показателю «химическое потребление кислорода» (ХПК). После промывки и продувки ячменя, а также, замачивания в следующие двое суток значение рН отработанной воды повышается до 5,65–6,1. Так как экспериментальные и фактические значения рН не соответствуют нормативным показателям, возникает необходимость нейтрализации кислых сточных вод. В качестве такого реагента использовался СаО. При исследовании в сточные воды добавляли различные количества реагента, начиная с минимальной дозы $0,1 \text{ г/л}$ СаО и выше, до 5 г/л СаО. Рекомендуются использовать в качестве нейтрализующих реагентов именно соединения кальция, т.к. ПСВ имеют повышенное содержание фосфат-ионов и взвешенных веществ, которые при действии Ca^{2+} , $\text{Ca}(\text{OH})_2$ способны образовывать осадки. В процессе проведенных исследований определено, что видимый процесс образования осадков ПСВ начинается при минимальных дозах СаО, а именно, от $0,1 \text{ кг}$ СаО на 1 м^3 сточной воды. В результате исследований установлено, что оптимальным значением является добавление $0,5 \text{ г/л}$ СаО при незначительном превышении рН. Если данную обработанную воду применять для разбавления последующих стоков (оборотная система очистки ПСВ), то это приведет к положительным результатам — нейтрализации кислых стоков (снизится до нормативного содержание фосфат-ионов, нормализуется рН) без нарушения норматива по взвешенным веществам.

Заключение. При использовании минимальной дозы СаО ($0,1 \text{ г/л}$) для удаления взвешенных веществ (519 мг/л) рекомендуется устанавливать применять физико-химические методы удаления взвешенных веществ (центрифугирование, сепарирование, использование гидроциклона). Для снижения затрат на реагенты и с целью экономичного режима работы устройств по очистке сточных вод предлагается использовать оборотную систему очистки, позволяющую разбавлять наиболее загрязненный залповый сброс водой прошедшей реагентную и/или физико-механическую обработку, перед сбросом в сеть бытовой канализации [3].

В связи с этим можно рекомендовать следующий вариант обработки сточных вод:

– при значениях pH, близких к нормативным с высоким содержанием взвешенных веществ, сточная вода из усреднителя, смешивается с реагентом, затем поступает на физико-механическую обработку (например) в напорные гидроциклоны, после чего возвращается в усреднитель, разбавляя следующий сброс.

Список цитированных источников

1. Колунянц, К. А. Химия солода и пива. / К.А. Колунянц. — М.: Агропромиздат, 1990. — 175 с.
2. Комарова, Л. Ф. Инженерные методы защиты окружающей среды / Л. Ф. Комарова, Л. А. Кормина. — Барнаул: ГИПП Алтай, 2000. — 391 с.
3. Кульский, Л. А. Основы химии и технологии воды / Л. А. Кульский. — Киев: Наукова Думка, 1991. — 568 с.

УДК 628.162, УДК 628.316

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ КОАГУЛИРОВАНИЯ ПРИМЕСЕЙ ПРИРОДНЫХ ВОД

Сергиевич А. С.¹, Зань М. В.²

Научные руководители: Волкова Г. А.³, Андреюк С. В.⁴

¹ Студентка факультета инженерных систем и экологии, БрГТУ, Брест, РБ,
sergievicalina9@gmail.com

² Студент факультета инженерных систем и экологии, БрГТУ, Брест, РБ,
zanmaksim05@mail.ru

³ Доцент кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов,
БрГТУ, Брест, РБ, volga-brest@mail.ru

⁴ Заведующий кафедрой водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов,
БрГТУ, Брест, РБ, svandreyuk@g.bstu.by

Аннотация. Высокоосновные коагулянты применяют для методов осветления и обесцвечивания воды, используемой для питьевого водоснабжения. Регулирование оптимальных условий коагулирования примесей поверхностных вод является важной задачей для подготовки воды, используемой для питьевых целей. Исследованию подлежат факторы, влияющие на процесс коагуляции загрязняющих примесей воды: температура, жесткость некарбонатная воды, водородный показатель, анионы, содержащиеся в воде, доза коагулянта. В результате сравнительного анализа показателей качества воды из поверхностных источников и экспериментальных

данных изучены факторы, влияющие на процесс искусственного осветления и обесцвечивания природных вод коагулированием, и определена эффективность использования солей алюминия в качестве коагулянтов.

Ключевые слова: коагуляция, коагулянты, осветление, обесцвечивание, мутность, цветность, показатели безопасности.

INTENSIFICATION OF OPTIMAL COAGULATION CONDITIONS IMPURITIES OF NATURAL WATERS

Sergievich A. S., Zan M. V.

Abstract. High-base coagulants are used for methods of clarification and decolourisation of water used for drinking water supply. Regulation of optimal conditions for coagulation of surface water impurities is an important task for the treatment of water used for drinking purposes. Factors influencing the process of coagulation of polluting water impurities are subject to investigation: temperature, non-carbonate water hardness, hydrogen index, anions contained in water, coagulant dose. As a result of comparative analysis of water quality indicators from surface sources and experimental data, the factors influencing the process of artificial clarification and decolouration of natural waters by coagulation were studied and the efficiency of using aluminium salts as coagulants was determined.

Keywords: coagulation, coagulants, lightening, discoloration, turbidity, color, safety indicators.

Введение. Примеси, содержащиеся в поверхностных водных источниках, в том числе тонкая взвесь и коллоидно-дисперсные вещества, могут быть удалены из воды только путем ее реагентной обработки, в частности коагуляцией. Органические примеси, обуславливающие цветность воды, находятся в коллоидном и истинно растворенном состоянии. Вымываемый водами гумус представляет собой сложный комплекс органических соединений. Гуминовые вещества составляют от 45 до 90 % почвенного гумуса и представлены кислотами (гуминовые и фульфоислоты) и их солями.

Целью выполненных научных исследований является изучение факторов, влияющих на процесс коагулирования примесей природных вод, и регулирование оптимальных условий процесса коагуляции.

На процесс коагуляции примесей воды оказывают влияние следующие факторы: доза коагулянта и доза флокулянта, в том числе — при использовании полимерных высокомолекулярных флокулянтов, интенсифицирующих процесс хлопьеобразования; концентрация ионов H^+ в воде; pH, температура, щелочность, анионный состав воды; условия перемешивания и быстрота смешения воды с реагентами; содержание в воде естественных взвесей.

В водоподготовке в качестве коагулянтов применяют соли алюминия или железа. В настоящее время рекомендуется применение современных высокоосновных коагулянтов, предназначенных для обработки воды в питьевом водоснабжении, в том числе,

- полиоксихлорид алюминия марки «АКВА-АУРАТ™»,
- гидроксихлорид алюминия — «Pro-AQUA» марки «Pro-AQUA SB»,
- полиалюминий гидроксид марки «БОПАК-Е»,
- коагулянт для очистки воды ПОЛВАК марки 68.

Эти реагенты требуют меньших доз, при этом не изменяют pH обрабатываемой воды, хорошо срабатывают при низких температурах воды (от 0°С до — 4°С), образуют меньший объем осадка, который легко обезвоживается.

Материалы и методы. Коагулирование применяется для ускорения выпадения взвеси, осуществляемое путем добавления в обрабатываемую воду химических реагентов (коагулянтов), образующих хлопья, которые, оседая, увлекают за собой взвесь, содержащуюся в воде поверхностного источника водоснабжения. Показатели качества воды в поверхностных источниках водоснабжения (мутность, цветность, запах и привкус, pH, температура, перманганатная окисляемость, общая минерализация, щелочность, биомасса фитопланктона, солевой состав и др.) изменяются в зависимости от сезона года [4], [5]. В связи с этим, расчетные дозы реагентов устанавливают на основании инженерных изысканий для различных периодов года и корректируют в период наладки и эксплуатации сооружений, согласно п.9.3.1[1]. При этом учитывают допустимые остаточные концентрации реагентов в обработанной воде, предусмотренные [2, 3], в том числе остаточный алюминий [6].

Результаты и обсуждение. На рисунке 1 показано изменение показателя мутности исходной воды из поверхностного источника и воды с добавленными алюминийсодержащими коагулянтами дозой от 3,0 до 5,5 мг/дм³ (полиоксихлорид алюминия марки «АКВА-АУРАТ™», гидроксихлорид алюминия марки «Pro-AQUA SB» и др.), осветленной по этапам очистки (вода после горизонтальных отстойников и после фильтров).

Из графика, приведенного на рисунке 1 видно, что в холодное время года в декабре — апреле при мутности поверхностной воды, равной 0,73–1,46 мг/дм³ (на графиках рис. 1: исходная 1 и исходная 2), происходит снижение показателя в очищенной воде (см. на графиках: РЧВ 1 и РЧВ 2) до 0,36–0,56 мг/дм³ (эффект очистки составил 62%). При этом за период с января до середины февраля обработка поверхностной воды коагулянтom не производилась.

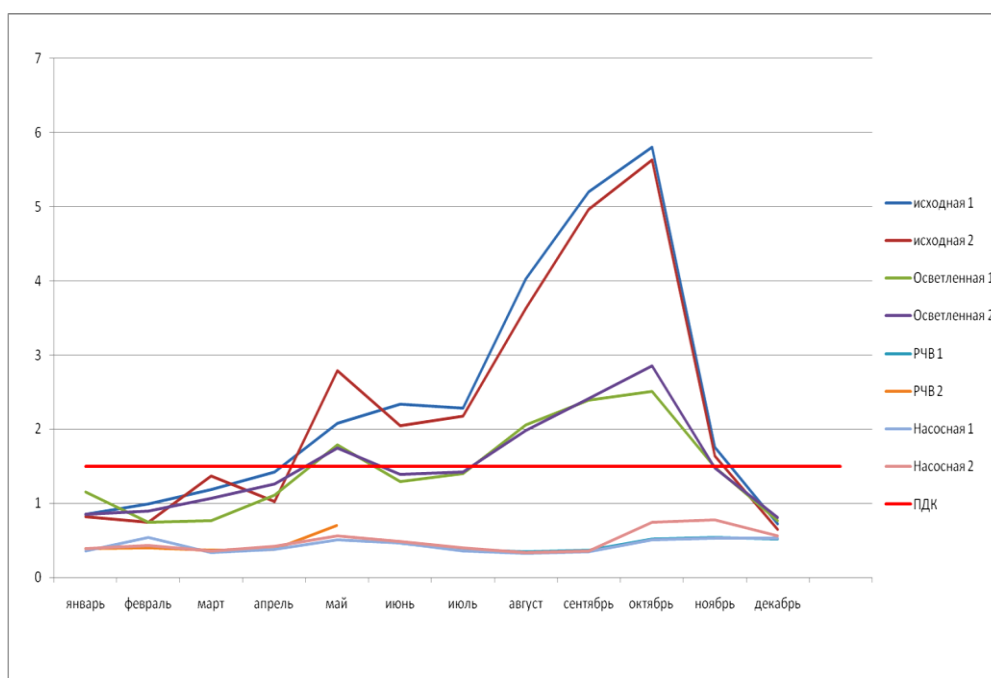


Рисунок 1 — Изменение мутности воды, мг/дм³, по этапам очистки

На рисунке 2 показано изменение показателя цветности исходной воды из поверхностного источника и воды с добавленными коагулянтами по этапам очистки.

На графиках, приведенных на рисунке 2, видно, что цветность поверхностной воды (на графиках рис. 2: исходная 1 и исходная 2) за период январь–апрель достигает максимальных значений, равных 26–30 градусов. При этом цветность очищенной воды (см. на графиках: РЧВ 1 и РЧВ 2) снижается до 9–14 градусов, т. е. эффект очистки составляет 52%.

Для сравнения, эффект по этапам очистки за период январь–март 2018 г. при максимальных значениях показателя цветности, равных 25–30 градусов, составил 57%; в 2019 г. за период январь–апрель при максимальной цветности 18–19 градусов — 32%. В 2020 г. максимальная цветность исходной воды, равная 16–18 градусов, наблюдалась за этот же период, январь–апрель, эффект очистки при этом составил 33%. Таким образом, прослеживается закономерность: эффект снижения показателя цветности ниже, чем показателя мутности.

Для быстрого и полного протекания процесса гидролиза коагулянта требуется определенный резерв щелочности воды, обусловленный содержанием в воде гидрокарбонатных HCO_3^- и карбонатных ионов CO_3^{2-} , которые связывают ионы водорода, выделяющиеся при гидролизе. Если щелочной резерв недостаточен, то необходимо дополнительное дозирование извести или соды [1].

При коагулировании воды на структурообразование хлопьев оказывает влияние температура, солевой состав воды, главным образом, анионный. Возрастание концентрации гидрокарбонатов HCO_3^- и хлоридов Cl^- повышает прочность формирующихся хлопьев, а увеличение концентрации сульфатов SO_4^{2-} понижает ее. В холодное время года при понижении температуры процесс искусственного осветления и обесцвечивания воды при использовании солей алюминия

в качестве коагулянтов протекает хуже, хлопья образуются мелкие, осаждаются в отстойниках неравномерно, в результате в воде остается большое количество мелких хлопьев, поступающих на фильтр.

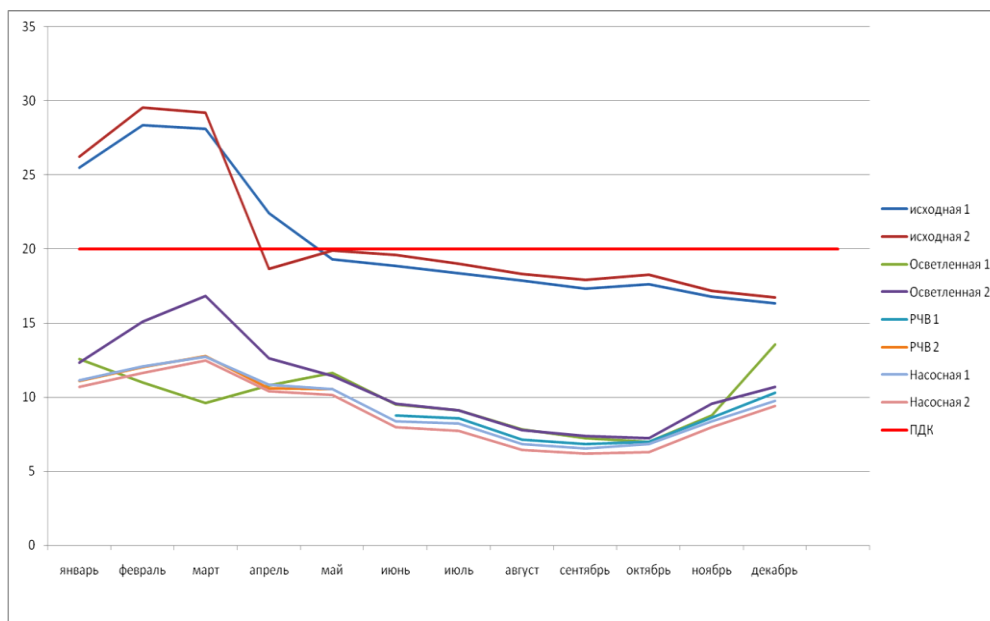


Рисунок 2 — Изменение цветности воды, градусов, по этапам очистки

Дозы алюминийсодержащих коагулянтов также зависят от биомассы фитопланктона и перманганатной окисляемости воды. В холодное время года (декабрь–апрель) замедляется развитие фитопланктона, снижается перманганатная окисляемость и мутность поверхностной воды в источнике водоснабжения, соответственно снижаются и дозы коагулянтов. Из приведенного на рисунке 3 графика видно, что снижение по показателю «перманганатная окисляемость» за период декабрь–март незначительное (эффект очистки низкий — 32%), но при этом значения перманганатной окисляемости ниже ПДК, равной 5 мг/дм³.

При выборе режима дозирования учитывают: показатели качества исходной воды, поступающей на водоочистную станцию; показатели качества воды за предыдущие 1–7 суток по всем этапам очистки; показатели качества питьевой воды, подаваемой в водораспределительную сеть города; определение оптимальной дозы коагулянта на основании результатов пробного коагулирования воды; режим работы водоочистных сооружений, данные опыта работы прошлых лет.

Оптимальная доза коагулянта определяется на основании результатов пробного коагулирования воды, выполняемого на водоочистных станциях. В зависимости от показателей качества поверхностной воды, поступающей на водоочистные сооружения, применяется постоянная подача коагулянта или периодическая подача (дробная). Периодическую подачу коагулянта целесообразно применять в холодное время года, когда снижается мутность поверхностной воды, но сохраняются более высокие значения показателей цветности, перманганатной окисляемости и биомассы фитопланктона.

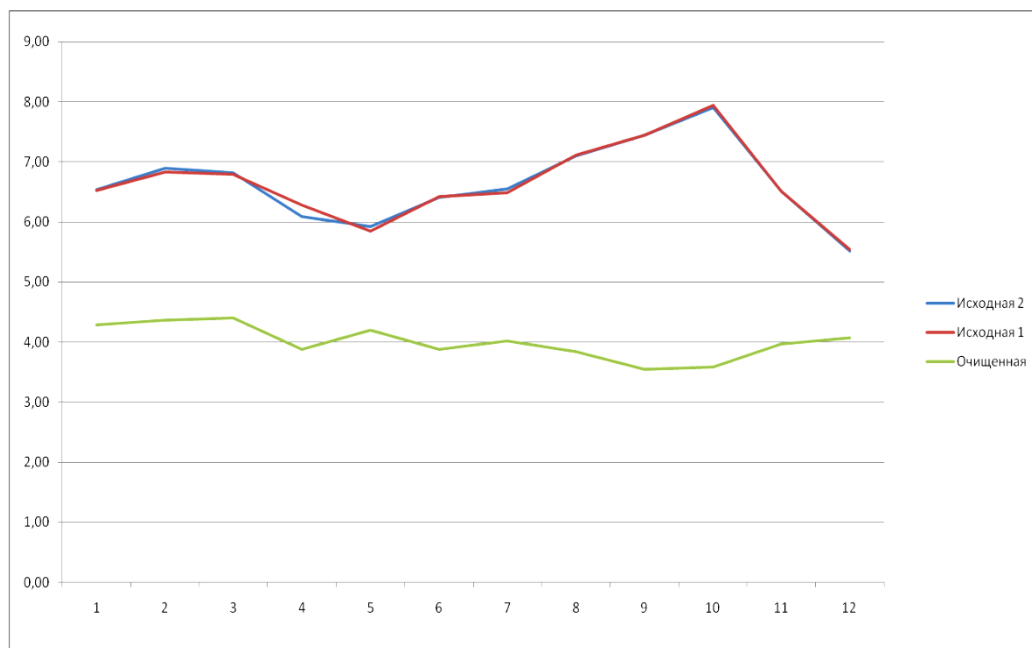


Рисунок 3 — Изменение перманганатной окисляемости воды, мг/дм³

Закключение. Регулирование оптимальных условий коагулирования примесей поверхностных вод является важной задачей для подготовки воды, используемой для питьевых целей. В результате сравнительного анализа показателей качества воды из поверхностных источников и экспериментальных данных изучены факторы, влияющие на процесс искусственного осветления и обесцвечивания природных вод коагулированием, и определена эффективность использования солей алюминия в качестве коагулянтов. Предугадать взаимное влияние всех факторов, влияющих на процесс коагулирования, невозможно, поэтому точные выводы можно сделать лишь на основании постоянного мониторинга за результатами лабораторных испытаний по всем стадиям очистки питьевой воды. Режим дозирования коагулянта выбирается с учетом совокупности полученной информации. Также следует учитывать результаты пробного коагулирования воды, по результатам которого на данный момент времени устанавливается целесообразность постоянной или периодической подачи коагулянта.

Список цитированных источников

1. СН 4.01.01-2019 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения», Минск, 2020 г.
2. СанПиН 10–124 РБ 99 Санитарные правила и нормы Республики Беларусь «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества»
3. Гигиенический норматив «Показатели безопасности питьевой воды», утв. Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 25.01.2021 г., № 37.

4. Зань, М. В. Аналитический обзор состояния и перспективные направления исследований по проблемам охраны и использования вод природной среды Беларуси / М. В. Зань, А. С. Крук // Инженерно-экологические аспекты и перспективы развития систем водоснабжения и водоотведения: сб. научн. статей Междунар. науч.-практ. конф., Брест, 28 марта 2024 г. / Брест. гос. техн. ун-т ; редкол.: А. А. Волчек [и др.] ; науч. ред. А. А. Волчек, О. П. Мешик, С. В. Андреюк. — Брест: БрГТУ, 2024. — С. 128–139.

5. Сергиевич, А. С. Исследование процессов коагуляции с целью интенсификации водоподготовки природных вод / А. С. Сергиевич, О. А. Мацкович // Инженерно-экологические аспекты и перспективы развития систем водоснабжения и водоотведения: сб. научн. статей Междунар. науч.-практ. конф., Брест, 28 марта 2024 г. / Брест. гос. техн. ун-т ; редкол.: А. А. Волчек [и др.] ; науч. ред. А. А. Волчек, О. П. Мешик, С. В. Андреюк. — Брест: БрГТУ, 2024. — С. 81–85.

6. Крук, А. С. Исследование методов физико-химической очистки в целях водоснабжения автономных объектов / А. С. Крук, М. В. Зань // Сборник тезисов научной студенческой конференции «Неделя науки — 2024» / УО «Брестский государственный технический университет»; редкол.: Н. Н. Шалобыта [и др.]. — Брест : Издательство БрГТУ, 2024. — С. 47.

УДК 628.32

ПЕРСПЕКТИВЫ ОРГАНИЗАЦИИ ЛОКАЛЬНЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Суворова Ю. А.¹

¹Доцент ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»,
г. Тамбов, РФ, syvorovaya@mail.ru

Аннотация. Отмечена необходимость организации локальных очистных сооружений на промышленных предприятиях. Выделены технологии регенерационной очистки сточных вод и глубокой доочистки с целью возврата специфических примесей и воды в технологический цикл.

Ключевые слова: сточная вода, локальные очистные сооружения, регенерационные технологии очистки, замкнутый водооборотный цикл.

PROSPECTS FOR ORGANIZING LOCAL TREATMENT FACILITIES FOR INDUSTRIAL ENTERPRISES

Suvorova Yu. A.¹

¹Associate Professor, Tambov State Technical University,
Tambov, Russian Federation, syvorovaya@mail.ru

Abstract: *The need for organizing local treatment facilities at industrial enterprises is noted. Technologies for regenerative wastewater treatment and deep post-treatment are highlighted in order to return specific impurities and water to the technological cycle.*

Keywords: wastewater, local treatment facilities, regenerative treatment technologies, closed water circulation cycle.

Промышленность является основным загрязнителем гидросферы, при этом по количеству сбрасываемых сточных вод лидируют следующие отрасли: тепло- и электроэнергетика (около 21%), химическая промышленность (около 18%), деревообрабатывающая промышленность (около 18%), черная металлургия (около 10 %), машиностроение (около 8%).

Сточные воды промышленных предприятий содержат в себе специфические химические вещества, характерные для конкретного технологического процесса. Например, сточные воды гальванических производств содержат ионы тяжелых металлов — хрома, кадмия и др.; сточные воды металлургических предприятий содержат фенол, цианиды, роданиды и др. При производстве серной кислоты характерным является наличие в сточных водах сульфат-иона. Такие вещества, как правило, являются экотоксикантами, способными накапливаться в природных системах, передаваться по трофическим цепям, оказывать канцерогенное действие на живые организмы.

Сточные воды, содержащие токсичные вещества, недопустимо сбрасывать в водоем и городскую канализационную сеть. Для их очистки требуется организация локальных очистных сооружений (ЛОС) непосредственно на промышленном предприятии. При проектировании локальных очистных сооружений актуальным является обеспечение возможности извлечения специфических химических веществ из сточных вод для их возврата в производство, а также обеспечение возврата очищенной воды на технологические нужды предприятия, что позволит организовать замкнутый водоборотный цикл для целей водосбережения.

К регенерационным (позволяющим извлечь примеси без их деструкции) технологиям очистки сточных вод относят следующие: экстракция, эвапорация (отгонка), адсорбция, ионообменная очистка, обратный осмос.

Для удаления из сточных вод соединений тяжелых металлов, применяют, как правило, ионообменные и сорбционные технологии. Для очистки сточных вод от фенолов возможно применение таких регенерационных технологий, как эвапорация и экстракция. К регенерационным технологиям очистки сточных вод от цианидов относятся ионный обмен и обратный осмос.

Такие технологии позволяют производить очистку сточных вод с высокой степенью извлечения загрязнителей, составляющей более 90 %. Таким образом, на выходе с данных ступеней очистки вода практически не содержит специфических загрязняющих веществ. Однако для возврата в технологический цикл производства может понадобиться организация доочистки. К технологиям глубокой доочистки сточной воды перед ее возвратом в производство

в замкнутых водооборотных циклах и для организации бессточных технологических систем относятся: мембранные методы очистки, термические методы очистки (такие как выпаривание). При выпаривании происходит концентрирование содержащихся в сточных водах примесей, при этом неорганические соли выделяются в виде кристаллов, а выпаренная чистая вода возвращается в производственный цикл.

Регенерационные методы очистки сточных вод и технологии глубокой доочистки являются дорогостоящими и зачастую энергоемкими, что связано с необходимостью введения в процесс очистки дополнительных сорбирующих, экстрагирующих агентов, ионообменных смол и др., а также проведением процесса извлечения при повышенных температуре, давлении, повышенном расходе электроэнергии или пара. Однако при грамотной организации процесса извлечения и возврата примесей в химико-технологическую систему, при многократном возврате воды в производство на технологические нужды, установка и эксплуатация ЛОС экономически целесообразна.

Организация ЛОС, бессточные системы — это будущее промышленных предприятий.

Список цитированных источников

1. ИТС 47-2023. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. Системы обработки (обращения) со сточными водами и отходящими газами в химической промышленности. (утв. Приказом Росстандарта от 21.12.2023 N 2759)

УДК 628.134, УДК 624.9

ИСТОРИЧЕСКИЕ И СОВРЕМЕННЫЕ ВИДЫ ИНЖЕНЕРНЫХ ВОДОПРОВОДНО-КАНАЛИЗАЦИОННЫХ СООРУЖЕНИЙ В ИНФРАСТРУКТУРЕ ГОРОДОВ

***Туровинов К. В.¹, Климович И. И.²
Научные руководители: Андреюк С. В.³, Сенчук Д. Д.⁴***

¹*Студент факультета инженерных систем и экологии, БрГТУ, Брест, РБ,
v0011424@g.bstu.by*

²*Студент факультета инженерных систем и экологии, БрГТУ, Брест, РБ,
v0011411@g.bstu.by*

³*Заведующий кафедрой водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов, БрГТУ,
Брест, РБ, svandreyuk@g.bstu.by*

⁴*Старший преподаватель кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов, БрГТУ, Брест, РБ, senchuk.d.d@mail.ru*

Аннотация. *Исторические и современные типы инженерных водопроводно-канализационных систем в городской инфраструктуре играют ключевую роль в обеспечении комфортной и безопасной жизни населению. Их развитие прошло через несколько этапов, начиная от простейших систем, использовавшихся в древности, и заканчивая современными высокотехнологичными решениями. Исторические типы инженерных систем демонстрируют эволюцию подходов к обеспечению водоснабжения и очистки сточных вод, зачастую остаются памятниками истории развития системы водоснабжения в инфраструктуре современных городов.*

Ключевые слова: водопроводно-канализационные сооружения, водоснабжение, водоотведение, водозабор.

HISTORICAL AND MODERN TYPES OF ENGINEERING WATER AND SEWERAGE FACILITIES URBAN INFRASTRUCTURE

Turovinov K. V., Klimovich I. I.

Abstract. *Historical and modern types of engineering water supply and sewerage systems in urban infrastructure play a key role in ensuring comfortable and safe life for the population. Their development has gone through several stages, from the simplest systems used in ancient times to modern high-tech solutions. Historical types of engineering water supply and sewerage systems demonstrate the evolution of approaches to water supply and wastewater treatment, and often remain monuments to the history of water supply system development in the infrastructure of modern cities.*

Keywords: water supply and sewerage facilities, water supply, water disposal, water intake.

Введение. Исторические и современные типы инженерных водопроводно-канализационных систем в городской инфраструктуре играют ключевую роль в обеспечении комфортной и безопасной жизни населению. Их развитие прошло через несколько этапов, начиная от простейших систем, использовавшихся в древности, и заканчивая современными высокотехнологичными решениями [1, 2].

Современные водопроводно-канализационные системы представляют собой сложные и высокоорганизованные сети, включающие в себя как механические, так и автоматизированные элементы. Они обеспечивают не только подачу пресной воды и отвод сточных вод, но и решение таких задач, как очистка и повторное использование ресурсов, минимизация потерь и эффективное управление водными ресурсами. На этапе проектирования современных систем учитываются не только технические аспекты, но и экологические факторы. Эволюция водопроводно-канализационных систем продолжается, и с каждым днем они становятся более умными, эффективными и устойчивыми.

Исторические типы водопроводно-канализационных систем можно классифицировать по этапам развития как

- ✓ древние водопроводные системы,
- ✓ канализация средневековья,
- ✓ индустриальная революция.

Древние водопроводные системы Первые системы водоснабжения появились в Месопотамии и Древнем Риме. Они представляли собой простые каналы и акведуки, которые использовали силу гравитации для транспортировки воды с источников к населенным пунктам. Римские акведуки, например, были выдающимся достижением инженерной мысли и обеспечивали города пресной водой.



Рисунок 1 — Самый высокий из существующих в наше время древнеримских акведуков Пон дю Гар

Акведук Пон дю Гар (рисунок 1), простоявший уже два тысячелетия, является удивительным памятником прошлого, констатирующим величие, размах и масштабы строительства того времени [3]. Длина этого грандиозного сооружения имеет 275 метров. Высота достигает 47 метров. Акведук Пон дю Гар был построен с практической целью: для того, чтобы снабжать жителей города Нима чистой водой. Сегодня Ним — это древнейший на французской территории римский город. Его так и называют «маленький Рим».

Гигантский мост представлял собой часть 50-километрового водопровода, строительство которого велось в середине I века нашей эры. Использовалась технология без какого-либо скрепляющего раствора. Мост сложен из камней, плотно пригнанных друг к другу. Масса одного камня составляет 6 тонн.

Акведук построен в три яруса, которые абсолютно не зависят друг от друга. В нижнем ярусе шесть арок, в среднем — одиннадцать, в верхнем — тридцать

пять. Именно по верхнему ярусу и пролегал непосредственно водопровод. Водопровод надежно функционировал практически четыре столетия. Как показали современные подсчеты, благодаря акведуку каждый из пятидесяти тысяч жителей Нима мог расходовать по 400 литров воды каждый день.

Водопровод перестал действовать вскоре после падения Римской империи. Однако сам акведук на протяжении следующих столетий использовался в качестве моста для повозок.

Канализация средневековья В средние века, с ростом городов, возникла необходимость в более сложных системах отведения сточных вод. В некоторых европейских городах начали строить открытые канавы, которые собирали сточные воды и ливневые потоки. Однако такая система часто приводила к санитарным проблемам и распространению инфекций.

Индустриальная революция С началом индустриализации в XVIII–XIX веках значительно увеличилось население городов, что требовало более эффективных решений. В это время стали активно внедряться системы централизованного водоснабжения и канализации, основанные на принципах механики и гидравлики. Строились очистные сооружения, что позволило улучшить качество воды и минимизировать загрязнение окружающей среды.

Развитие современных водопроводно-канализационных систем можно рассматривать по следующим ключевым направлениям:

- ✓ современные инженерные сети,
- ✓ автоматизированные системы управления,
- ✓ системам сбора и использования дождевых вод,
- ✓ экологические технологии,
- ✓ устойчивое развитие

Современные инженерные сети. В настоящее время водопроводные системы включают в себя сложные системы трубопроводов, насосных станций, очистных сооружений и систем мониторинга. Используются новые материалы, такие как полиэтилен и композиты, которые обеспечивают долговечность и устойчивость к коррозии.

Автоматизированные системы управления. Современные технологии позволяют внедрять автоматизированные системы управления, которые обеспечивают контроль за качеством и количеством подаваемой воды, а также мониторинг состояния трубопроводов. Это способствует более эффективному управлению ресурсами и снижению потерь.

Экологические технологии. В современных городах применяются более современные методы водоподготовки, активно внедряются экологически чистые технологии, такие как биологическая очистка сточных вод, которые способствуют улучшению качества воды и уменьшению загрязнения.

Устойчивое развитие. Современные системы водопроводов и канализации проектируются с учетом принципов устойчивого развития. Это включает в себя рациональное использование ресурсов, минимизацию воздействия на окружающую среду и развитие инфраструктуры, способной адаптироваться к изменениям климата.

Системы сбора и использования дождевых вод. В последние годы все большее внимание уделяется системам сбора и использования дождевых вод. Такие системы позволяют не только уменьшить нагрузку на канализацию, но и использовать дождевую воду для полива, технических нужд и других целей.

Современное состояние систем водоснабжения и водоотведения. На сегодняшний день в населенных пунктах России и Беларуси сформировавшаяся в советское время система ЖКХ преобразована в соответствии с новыми экономическими веяниями.

Внедряются новые материалы и технологии, позволяющие экономить водные ресурсы и улучшающие качество обслуживания всех потребителей воды. Повсеместно устаревшие стальные и чугунные трубопроводы меняются на полиэтиленовые трубы. Для контроля расхода устанавливаются водосчетчики, ведется постоянная работа по обеспечению водой жилого сектора и промышленных предприятий. Поскольку важнейшим вопросом в настоящее время является экономия воды, большое внимание уделяется новым технологиям водоочистки, для чего модернизируются очистные сооружения. Развиваются сети оборотного и повторного водоснабжения, особенно актуальные для промышленных предприятий, расходующих много воды. Для качественного водоснабжения применяются современное оборудование и арматура, не требующая обустройства колодцев или рытья траншей, — шаровые краны в подземном исполнении, различные виды задвижек, выполненных из новых материалов.

Поступающая к потребителям вода используется в разных целях, среди которых выделяют хозяйственно-питьевые, производственные нужды и системы пожаротушения. Водоснабжение учитывает качество подаваемой воды, которое определяется требованиями нормативно-технической документации. Например, питьевая вода должна соответствовать определенным гигиеническим требованиям [4]. Чтобы привести подаваемую воду в соответствие с нормативами, применяют системы водоподготовки.

В настоящее время системы водоснабжения значительно отличаются от тех, которыми пользовались ранее. Для подачи воды используются современные полиэтиленовые трубы, качественная трубопроводная арматура, применяются более современные методы водоподготовки.

Отдельные инженерные сооружения утрачивают или меняют свое прямое предназначение, оставаясь при этом скульптурными композициями или памятниками архитектуры в инфраструктуре населенных пунктов и промышленных предприятий.

История водоснабжения в России. Первые системы подачи воды в России возникли еще в IX–XII веках. Об этом свидетельствуют найденные во время раскопок на территории Великого Новгорода старинные водопроводные системы. В то время водоснабжение подразделялось на самотечную водопроводную сеть и каналы для водостока и дренажа. К XV веку самотечными водопроводами из деревянных труб обеспечивались некоторые промыслы [2].

Старинные водопроводные системы — самотечные с деревянными трубами — были обнаружены также и в других городах Древней Руси. Для

регулирования тока воды применялись деревянные задвижки — старейшая арматура. В эпоху царствования Петра I водоснабжение в России стало развиваться. Все царские дворцы были оборудованы водопроводами. В это же время стали применяться как свинцовые, так и медные трубы. Однако городской водопровод, которым могли пользоваться не только высшие особы, но и другие горожане, впервые появился в России только в начале XIX века. От подмосковной деревни Мытищи вода самотеком подавалась в Москву по водопроводу длиной 16 км.

К началу XX века централизованным водоснабжением в России было охвачено около 20% городов, преимущественно промышленных и фабрично-заводских, причем вода подавалась в основном не в дома, а на предприятия. Постепенно увеличивалась мощность водопроводов, которая к 1940 году выросла почти в 5 раз.

После Великой Отечественной войны в период восстановления городов началась работа по восстановлению разрушенных систем. Нередко водопроводные сети строились по временным схемам, а сточные воды не очищались. В 1950-е годы индустриальные методы строительства и переход на массовую застройку вызвали необходимость обустройства водопроводных сетей для подачи питьевой воды в дома и квартиры, а также строительства канализации. В это время шла масштабная прокладка водопроводов и канализационных трубопроводов.

С 1960-х годов процессы строительства стали механизироваться, начала применяться новая спецтехника, а также арматура для трубопроводов, шаровые краны. Начали строить железобетонные водоводы с цементно-песчаным покрытием.

Белорусское строительство и проектирование. Первые упоминания о городских колодцах Минска встречаются в документах XVII в. Известно, что свои колодцы имели все древние церкви Минска. В XIX веке почти в каждом дворе находились колодцы. Глубина некоторых достигала 80 метров, но основная их масса была не так глубока.



Рисунок 2 — Памятник-фонтан в Минске «Мальчик с лебедем», 2014 г.

В 1871 г. Городская управа приняла решение о создании централизованного водоснабжения в Минске. Уже через два года были сооружены первые шахтные колодцы (так называемые Бруклинские) глубиной до 30 метров. Была построена первая насосная станция «Эльвод», на которой стоял 18-сильный паровой насос

производительностью 500 кубометров воды в сутки, уложено 1,5 км чугунных водопроводных труб. Все работы велись рижским торговым домом «Вебер и К».

Официально минский водопровод открылся 12 февраля 1874 года. В память об этом событии в Александровском сквере был установлен памятник-фонтан — «Мальчик с лебедем». Этот памятный фонтан украшает сквер и в наши дни [5] (рисунок 2).

Еще одно инженерное сооружение как исторический объект Минска — водонапорная башня — сохранилось до наших дней (рисунок 3). Башня построена в неоготическом стиле в начале XX века из красного кирпича со сложными бордюрами и карнизами. Она снабжала водой больничные корпуса железнодорожной больницы, станцию и паровозное депо. В прошлом веке водонапорная башня снабжала питьевой водой железнодорожную больницу, паровозное депо и железнодорожную станцию. В верхней части башни располагались два железных бака с водой (каждый содержал 80 тонн воды). Толщина стен башни более 1,5 метров, именно за этими стенами во время Второй Мировой войны скрывались партизаны. На сегодняшний день водонапорная башня является уникальным памятником архитектуры. Это единственное сохранившееся башенное сооружение начала XX века такого типа (раньше их в Минске было три). Здесь часто можно встретить фотографов устраивающих фотосессии, художников и просто творческую молодежь.



*Рисунок 3 — Водонапорные башни на городских улицах Минска
(на фото начала XX века и сохранившееся здание по ул. Автодоровской)*

Долгий путь Бреста к чистым источникам Брест — один из древнейших белорусских городов, возникший у места, где река Мухавец впадает в Западный Буг. Люди всегда жили у воды — это и транспортные пути, и возможность заниматься рыболовством, и источник водоснабжения. Первое упоминание о городе под названием Берестье в летописной «Повести временных лет» относится к 1019 г. Несмотря на столь почтенный возраст города, только около 120 лет

назад идея строительства городского водопровода стала приобретать реальные очертания и, наконец, много лет спустя начала реализовываться [6].

В начале XIX века в Брест-Литовске на территории Кобринского предместья был выделен земельный участок под Городской сад для места отдыха горожан (в те времена садами называли парковые территории) [7].

В период с 1931 по 1934 годы на территории парка были пробурены 3 артезианские скважины, которые осуществляли водоснабжение города. С приходом советской власти в город в сентябре 1939 года парк Wolności был переименован в парк Свободы. В августе 1940 года находились действующие водозаборные инженерные сооружения, а место парка было общественным, по этой причине он и был закрыт для посещения.

В период 1941–1945 годов насосная станция в парке Свободы была полностью разрушена немецко-фашистскими захватчиками со всем комплексом оборудования. В послевоенный период было принято решение восстановить разрушенные скважины, насосную станцию, водонапорную башню системы водоснабжения Бреста. В июле 1945 года шахта артезианской скважины №4 была оборудована глубоководным насосом и песчаным фильтром для обезжелезивания воды. В 1946 году над скважиной был возведен павильон из шлакобетона высотой 12 метров.

На территории Городского сада для обеспечения водой города Бреста, который быстро восстанавливался в послевоенное время, дополнительно было пробурено несколько артезианских скважин, построено здание станции обезжелезивания. До 2003 года в данной водоохранной зоне действовал водозабор №1 «Парк Свободы». Восстановленный *Городской сад* в Бресте в торжественной обстановке был открыт 3 сентября 2019 года (рисунок 5).



Рисунок 5 — Павильон над артезианской скважиной № 4, Городской парк Бреста (до и после реконструкции здания)

Таким образом, первый артезианский колодец, выкопанный в Городском саду, дал начало развития водоснабжения города Бреста. Сейчас система водоснабжения и канализации — это многоступенчатый технологический процесс, эксплуатацию которого осуществляет государственное предприятие «Брестводоканал». А инженерные сооружения на территории Городского сада остаются памятниками истории развития систем водопроводно-канализационного хозяйства города.

Заключение. Исторические типы инженерных систем демонстрируют эволюцию подходов к обеспечению водоснабжения и очистки сточных вод, зачастую остаются памятными объектами истории развития системы водоснабжения и водоотведения в инфраструктуре современных городов, подчеркивают уникальность населенных пунктов, что придает им большую туристическую привлекательность.

Список цитированных источников

1. Михневич, Э. И. Водопроводные сети : учеб. пособие / Э. И. Михневич, С. В. Андреюк. — Минск : ИВЦ Минфина, 2021. — 255 с.
2. История развития водоснабжения и современные виды инженерных сетей: [Электронный ресурс]. URL: <https://ingazteh.ru/articles/Istorija-razvitija-vodosnabzhenija-i-sovremennye-vidy-inzhenernyh-setej/>. (Дата обращения 04.03.2025).
3. СанПиН 10-124 РБ 99, ВУ. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества : утв. М-вом здравоохранения Респ. Беларусь 19.10.99 № 204 : с изм.
4. Древнеримский акведук Пон дю Гар: [Электронный ресурс]. URL: <https://dzen.ru/a/ZfszeWTsi2uHsCp2> (Дата обращения 04.03.2025).
5. Как мальчик с лебедем провел воду в дома горожан: [Электронный ресурс]. URL: <https://www.polyplastic.by/news/item/347-kak-malchik-s-lebedem-provel-vodu-v-doma-gorozhan.html>. Дата обращения 04.03.2025).
6. Станкевич, Р. А. Артезианские воды Бреста и их использование: Природные условия, история освоения и пути прогресса / Р. А. Станкевич. — Минск : Адукацыя і выхаванне, 2004. — 184 с. — ISBN 985-471-135-8.
7. Скважина №4. Брест. Городской сад: [Электронный ресурс]. URL: <https://www.realbrest.by/novosti/realnyi-brest/skvazhina-4-brest-gorodskoi-sad.html>. (Дата обращения 04.03.2025).

ПРИМЕНЕНИЕ БИОНОСИТЕЛЕЙ НА СТАДИИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ БЫТОВЫХ СТОЧНЫХ ВОД МАЛЫХ ПОСЕЛЕНИЙ

Урбоков Е. А.¹, Матюшенко Е. Н.²

¹ Студент-магистрант института инженерных и экологических систем НГАСУ
(Сибстрин), Новосибирск, Россия, e.urbokov@sibstrin.ru

² Преподаватель, доцент кафедры водоснабжения и водоотведения НГАСУ
(Сибстрин), Новосибирск, Россия, e.matyushenko@sibstrin.ru

Аннотация. Научно-исследовательская работа посвящена изучению влияния эффективности различных носителей прикрепленных микроорганизмов (бионосителей) на качество биологической очистки бытовых сточных вод от органических загрязнений и различных форм азота в биореакторе с суперкавитационной системой аэрации. Для исследований была разработана и смонтирована экспериментальная установка, работающая как в непрерывном режиме с использованием реальной сточной жидкости, поступающей от коттеджного поселка, расположенного в Новосибирской области. В результате сравнительного анализа используемых бионосителей выбрана самая оптимальная по стоимости и эффективности биозагрузка, которая позволяет добиться высокого качества биологической очистки. Выявлены трудности в работе с разными типами загрузок и при разных режимах работы экспериментальной установки.

Ключевые слова: биологическая очистка, сточная жидкость, бионоситель, биореактор, нитрификация, денитрификация.

APPLICATION OF BIOLOGICAL LOADING AT THE STAGE OF BIOLOGICAL TREATMENT OF DOMESTIC WASTEWATER IN SMALL SETTLEMENTS

Urbokov E. A., Matyushenko E. N.

Abstract. The scientific research devotes to the study of the effect of the effectiveness of various carriers of attached microorganisms (biological carriers) on the quality of biological wastewater treatment from organic pollutants and various forms of nitrogen in a bioreactor with a supercavitation aeration system. For the research, an experimental installation was developed and installed, operating as in continuous mode using real sewage coming from a cottage settlement located in the Novosibirsk region. As a result of a comparative analysis of the bio-media used, the most optimal bio-loading in terms of cost and efficiency was selected, which allows achieving high-quality biological purification. Difficulties in working with different types of downloads and with different operating modes of the experimental installation were revealed.

Keywords: biological treatment, domestic wastewater, biological carrier, bioreactor, nitrification, denitrification.

Введение. В связи с ужесточением требований на сброс азотистых загрязнений со сточными водами в водоемы Российской Федерации многие канализационные очистные сооружения (КОС) малых населенных пунктов (НП) подвергаются реконструкции, ввиду отсутствия технологии биологического удаления азота из сточной жидкости. Внедрение данной технологии требует значительное увеличение объемов сооружений биологической очистки, что не всегда возможно. Поэтому возникает необходимость в применении альтернативных технологий, таких как мембранное илоразделение или технология прикрепленного активного ила для увеличения окислительной мощности сооружений, что позволяет достигать нормируемых показателей в очищенной сточной воде по азоту без значительного расширения площадки КОС.

Основной проблемой КОС малых НП, к которым относят НП с населением до 50 тыс. чел., являются высокие значения неравномерности поступления по расходу и качеству сточной жидкости. Это приводит к высокой удельной себестоимости очистки по сравнению с КОС крупных городов (с населением свыше 50 тыс. чел) при прочих равных условиях.

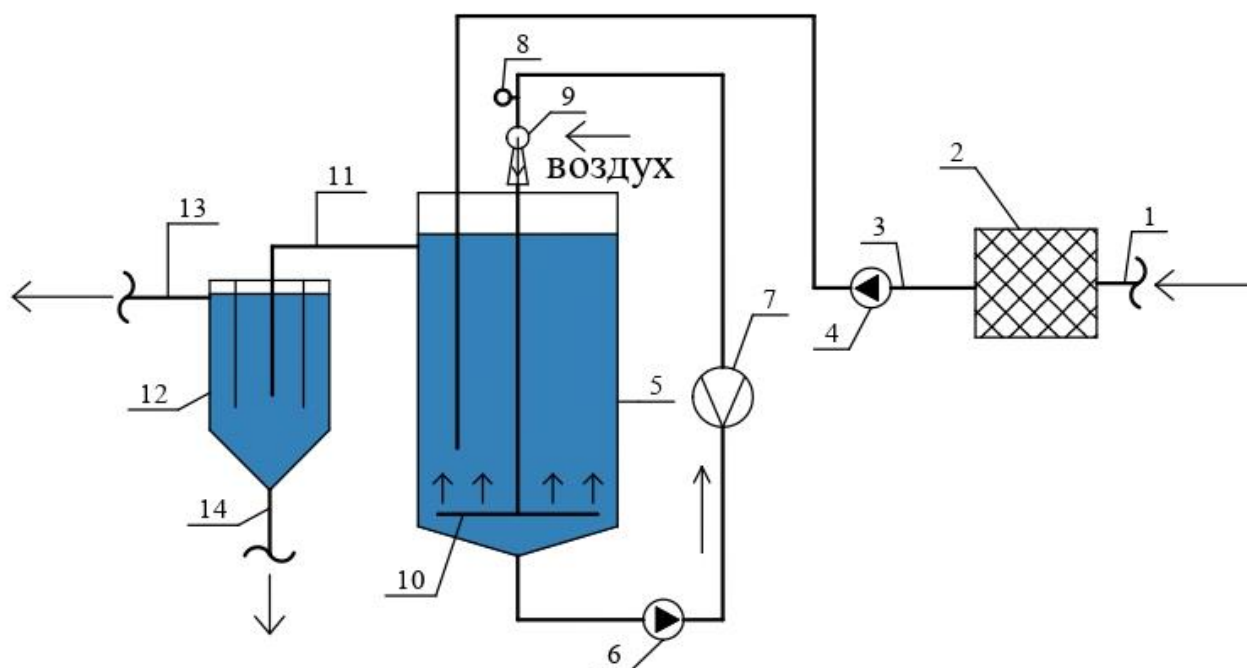
Для реализации технологии прикрепленного активного ила подразумевается использование носителей прикрепленных микроорганизмов (биоагентов), однако технология не прошла широкой апробации и не существует общих рекомендаций по проектированию и эксплуатации биореакторов с прикрепленным биоценозом.

Цель научно-исследовательской работы — исследование влияния эффективности различных бионосителей на качество биологической очистки хозяйственно-бытовых сточных вод в биореакторе с суперкавитационной аэрационной системой. Для достижения поставленной цели сформулированы задачи, основными из которых являются: разработка технологической схемы установки и подбор оптимальных параметров ее работы; проведение экспериментов с контролем и анализом работы экспериментальной установки по установленным технологическим показателям; сравнительный анализ влияния выбранных носителей прикрепленных микроорганизмов на эффективность очистки бытовых сточных вод; определение оптимального типа биоагента и ее регенерации на основании скорости обрастания и видового состава активного ила.

Материалы и методы. Для проведения экспериментов использовались биоагенты трех фирм-производителей: агент российского производства «Руфизол»; агент российского производства типа «ЕРШ»; агент китайского производства «ТМ Levapor», погруженные в биореактор, схема которого представлена на рисунке 1. Стационарный агент «Руфизол» был представлен плоскими вытянутыми лентами двух типов, отличающимися размерами пор и изготовленная из вспененного ретикулированного полиуретана. Стационарный биоагент «ЕРШ» представляет собой ерш, изготовленный из синтетического волокна (полиамид) в виде щетины, равномерно чередующиеся вдоль

скрученной проволоки, изготовленной из нержавеющей стали. Биоагрузка «ТМ Levapog» представляет собой кубоиды (20 мм х 20 мм х 7 мм) из вспененного полиуретана с частицами порошкообразного активированного угля, которые по технологии должны свободно перемещаться и соударяться в объеме биореактора.

Время проведения экспериментов с каждым типом носителей составило не более 2 месяцев. Экспериментальная установка испытывалась в режиме непрерывного окисления органических веществ и азота аммонийного.



- 1 — подача исходной сточной воды; 2 — барабанная решетка;
 3 — всасывающая линия насоса (4); 4 — насос подачи сточной жидкости на очистку;
 5 — биореактор с носителями; 6 — циркуляционный насос; 7 — ротаметр;
 8 — датчик давления; 9 — суперкавитационный аэратор; 10 — турбина-распределитель;
 11 — отвод биологически очищенной сточной жидкости из биореактора;
 12 — вторичный отстойник; 13 — отвод биологически очищенной сточной жидкости;
 14 — отвод осевшей биопленки.

Рисунок 1 — Схема экспериментальной установки

Для оценки качества сточной жидкости до и после очистки в экспериментальной установке в лаборатории определялись следующие показатели: ХПК, взвешенные вещества, ионы аммония, нитритов, нитратов и фосфатов, температура, растворенный кислород и pH среды. Гидробиологический анализ состояния биоценоза проводился в течении всех экспериментов. С некоторой периодичностью определялись щелочность и общая жесткость воды.

Результаты и обсуждение. Усредненные показатели качества исходной и очищенной сточной жидкости за время проведения экспериментов с различными типами носителей прикрепленных микроорганизмов представлены в таблице 1.

Таблица 1 — Технологические показатели очистки сточной жидкости в биореакторе после установления режима с использованием различных типов бионосителей

Показатели	Бионоситель «Руфизол»		Бионоситель «ЕРШ»		Бионоситель «ТМ Levapor»	
	До очистки	После очистки	До очистки	После очистки	До очистки	После очистки
ХПК, мг О ₂ /дм ³	256,5–288,6	65,4–76,5	229,5–550,0	31,0–59,1	214,8–227,4	81,9–87,3
Взвешенные вещества, мг/дм ³	50,0–400,0	20,0–50,0	20,0–880,0	10,0–50,0	50,0–400,0	10,0–30,0
Аммоний-ион, мг/дм ³	50,0–75,0	0,1–7,5	12,5–55,0	0,05–1,00	50,0–112,5	0,5–13,0
Нитрит-ион, мг/дм ³	0,00	0,0–12,0	0,00	0,03–200,0	0,00	4,4–40,0
Нитрат-ион, мг/дм ³	0,00	50,0–400,0	0,00	1,5–500,0	0,00	100,0–500,0
Фосфат-ион, мг/дм ³	22,5–40,0	10,0–35,0	1,0–10,0	0,2–5,0	30–50	30,0–47,5
t, °C	18,0–26,6	19,8–26,6	17,4–25,7	19,8–27,3	18,0–27,1	21,7–28,0
O ₂ , мгО ₂ / дм ³	0,0–0,1	4,4–4,6	0–0,1	0,6–4,9	0,0–0,1	4,5–4,8
pH, ед. pH	7,46–7,84	6,46–7,74	7,08–7,80	5,57–7,95	7,57–8,36	6,34–8,07

Выводы:

1) В результате исследований разработана технологическая схема, позволяющая непрерывно в течении суток очищать сточную жидкость и определены оптимальные параметры ее работы для осуществления глубокого окисления органических загрязнений и азота аммонийного.

2) К сожалению, не удалось достичь предельно-допустимых концентраций на сброс сточных вод в рыбохозяйственный водоем, однако достигнуты показатели технологического нормирования ИТС 10-2019 для малых КОС [1, приложение Б, НДТ 8б] по многим показателям, таким как взвешенные вещества, ХПК, аммоний-ион, нитрит-ион.

3) Все исследуемые типы бионосителей способствуют ускорению роста биоценоза, что позволяет запустить биосооружение за короткий срок, и поддержанию высокой дозы активного ила, что позволяет увеличить его окислительную мощность.

4) Насыпная свободноплавающая биозагрузка «ТМ Levapor» показала самую низкую эффективность повышения качества очистки по нескольким причинам: оттирание частиц биопленки с поверхности кубоидов из-за интенсивного соударения друг об друга; долгое намокание и длительное нахождение на поверхности воды; закупоривание полостей кубоидов и медленное загнивание наростов внутри биопленки. Сравнимое с использованием стационарных бионосителей качество очистки удалось достичь только при увеличении времени обработки до 28–30 часов (время обработки сточной жидкости в биореакторе с использованием «Руфизол» и «ЕРШ» 17–18 часов).

5) Биозагрузка «Руфизол» показала схожее качество очистки как при использовании специально разработанной для биологической очистки загрузки «ЕРШ» при прочих равных условиях (время обработки, концентрация кислорода, температура).

6) При увеличении толщины биопленки в ее толще возникают анаэробные условия, при которых начинают протекать процессы денитрификации параллельно аэробным процессам, однако при превышении некоторой толщины биопленки, возникают анаэробные условия и начинаются процессы загнивания биомассы, тем самым происходит вторичное загрязнение сточной воды, поэтому требуется регенерация биопленки путем смывания ее под струей воды, так как регенерация воздухом не приводит к необходимому удалению избытка активного ила.

Заключение. Проведенная научно-исследовательская работа по изучению работы биореактора с бионосителями показывает перспективность исследований в данном направлении с целью усовершенствования и повышения стабильности работы КОС малой производительности. В дальнейшем запланировано проведение серии экспериментов по изучению работы усовершенствованного биореактора с бионосителем «Руфизол» с автоматизированной механической регенерацией биопленки.

Список цитированных источников

1. Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов: Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 10-2019. — М., Бюро НДТ: 2019. — 434 с.

2. Серебряков, Д. В. Обзор конструктивных особенностей блочно-модульных канализационных очистных сооружений малой производительности / Д.В. Серебряков, В. В. Морозов // Вода и экология: проблемы решения. 2008. №1. С. 20–25.

3. Харькина, О.В. Эффективная эксплуатация и расчет сооружений биологической очистки сточных вод / О. В. Харькина. — Волгоград: Панорама, 2015. — 433 с.

4. Макиша, Н. А. Глубокое удаление аммонийного азота из сточных вод с применением плавающего загрузочного материала / Н. А. Макиша, Д. Г. Смирнов // Интернет-вестник ВолгГАСУ. — 2012. — № 3(23). — С. 2.

5. Данилович, Д. А. Пути достижения технологических показателей НДТ в объемах существующих сооружений биологической очистки городских сточных вод / Д. А. Данилович, С. В. Харькин // Доступные технологии водоснабжения и водоотведения. — 2017. — № 1. — С. 39–53.

УСЛОВИЯ СБРОСА СТОЧНЫХ ВОД

Фролов А. И.¹, Сухова А. О.²

¹ Студент кафедры природопользования и защиты окружающей среды, ТГТУ,
Тамбов РФ, sanfro000@gmail.com

² Доцент кафедры природопользования и защиты окружающей среды, ТГТУ,
Тамбов РФ, apill@yandex.ru

Аннотация. Статья рассматривает условия сброса сточных вод, которые играют ключевую роль в обеспечении экологической безопасности и сохранении качества водных ресурсов. Анализируются основные параметры, а также технологии очистки, используемые для соблюдения установленных норм.

Ключевые слова: условия сброса, сточные воды, очистка, загрязняющие вещества, нормативы.

WASTEWATER DISCHARGE CONDITIONS

Frolov A. I., Sukhova A. O.

Abstract. The article discusses the conditions for wastewater discharge, which are crucial for ensuring environmental safety and maintaining water quality. It analyzes the main parameters and cleaning technologies used to meet established standards.

Keywords: discharge conditions, wastewater, purification, pollutants, standards.

Введение. Эффективность очистки стоков определяется множеством факторов, среди которых условия сброса являются одними из наиболее важных. Эти условия включают в себя нормативы допустимого содержания загрязняющих веществ, требования к качеству очищенной воды перед ее возвратом в природные водоемы, а также технологии, применяемые для обработки сточной жидкости.

Основная часть. Условия сброса сточных вод регулируются законодательными актами и нормативными документами, определяющими предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в сбрасываемых водах. Ключевыми параметрами являются:

- Содержание взвешенных веществ. Недопустимо высокое содержание твердых частиц может привести к образованию донных отложений и ухудшению качества водной экосистемы.
- Биохимическое потребление кислорода (БПК) и химическое потребление кислорода (ХПК). Высокие значения БПК и ХПК указывают на наличие большого количества органических загрязнений, что негативно сказывается на кислородном режиме водоемов.
- pH уровень. Критически важно поддерживать нейтральный pH (6,5–8,5), чтобы избежать неблагоприятного влияния на биоту водоемов.
- Температура. Сброс теплой воды может нарушить температурный баланс природных водоемов, вызывая стресс у обитающих там организмов.

- Токсичные вещества. Такие, как тяжелые металлы, нефтепродукты и пестициды, требуют строгих ограничений по содержанию, поскольку даже малые дозы могут оказать губительное воздействие на экосистемы.

Для обеспечения соответствия условиям сброса применяются различные методы очистки, включая механическую, биологическую и физико-химическую обработку. Современные установки очистных сооружений используют комплексные подходы, сочетающие несколько технологий для достижения наилучших результатов.

Постоянный мониторинг состояния сбрасываемых вод необходим для поддержания нормативных требований. Автоматизированные системы контроля позволяют оперативно выявлять отклонения и принимать меры по корректировке работы очистных установок. Лабораторные анализы проводятся регулярно для подтверждения соответствия нормам.

Заключение. Эффективная реализация условий сброса сточных вод требует комплексного подхода, учитывающего как технологические аспекты очистки, так и природоохранные нормы. Постоянное совершенствование методов очистки и внедрение новых технологий позволит минимизировать негативное влияние на окружающую среду и сохранить качество водных ресурсов.

Список цитированных источников

1. Петров, А. В., Иванова, Л. А. Экологическое состояние поверхностных вод и проблемы их охраны // Вестник экологии, 2020. — № 12. — С. 23–29.
2. Официальный сайт Федеральной службы по надзору в сфере природопользования. — URL: <https://rpn.gov.ru>. — Дата обращения: 10.03.2024.

УДК 628.16; 628.351

ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ AORPS-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РАБОТЕ С АЭРОБНЫМ АКТИВНЫМ ИЛОМ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Шикунец А. Б.¹, Штена В. Н.², Глушень Е. М.³

¹ Аспирант, УО ПолесГУ, Пинск, Беларусь, lesha.shikunets@gmail.com

² Заведующий кафедрой БЖД, УО БГТУ, Минск, Беларусь, tpoless@gmail.com

³ Заведующий лабораторией природоохранных биотехнологий, Институт микробиологии НАН Беларуси, Минск, Беларусь, gem@mbio.bas-net.by

Аннотация. В статье приведена оценка влияния AORPs-технологий на активный ил (АИ) биологических очистных сооружений (БОС). Показано положительное влияние смешанного раствора католита и анолита на микробное сообщество аэробного активного ила. Сделаны выводы о потенциальной перспективности использования электрохимической обработки АИ с целью интенсификации процессов редукции загрязнителей сточных вод (СВ).

Ключевые слова: аэробный активный ил, AORPs-технологии, pH, ОБП, дегидрогеназная активность, анолит, католит.

PRELIMINARY ASSESSMENT OF THE USE OF AORPS TECHNOLOGIES WHEN WORKING WITH AEROBIC ACTIVATED SLUDGE FROM WASTEWATER TREATMENT PLANTS

Shikunets A. B., Shtepa V. N., Glushen E. M.

Abstract. *The article provides an assessment of the impact of AORPs technologies on the activated sludge of biological treatment plants. The positive effect of a mixed solution of catholyte and anolyte on the microbial community of aerobic activated sludge is shown. Conclusions are drawn about the potential prospects of using electrochemical treatment of activated sludge in order to intensify the reduction of wastewater pollutants.*

Keywords: aerobic active sludge, AORPs technologies, pH, ORP, dehydrogenase activity, anolyte, catholyte.

Введение. Загрязнение сточных вод — это современная проблема, которая негативно влияет на водные экосистемы, здоровье людей и общее состояние окружающей среды. Поэтому очистка сточных вод является одной из основных задач в области управления водными ресурсами. С развитием объемов промышленного производства растет количество сточных вод, и необходимость в эффективных и экологических методах их очистки становится все более актуальной [1].

Для очистки сточных вод перспективно использование передовых процессов окисления и восстановления (advanced oxidation and recovery processes — AORPs). Эти методы основаны на генерации гидроксильных радикалов ($\text{HO}^\cdot$), как мощных окислителей, способных разрушать стойкие загрязнители, не поддающиеся традиционным методам очистки, так и сильных восстановителей. К аппаратной реализации данного метода можно отнести использование электрохимических модулей на основе электрохимического воздействия. Однако, различные виды растворов, образованных путем воздействия данных технологий, по-разному воздействуют на живые организмы и могут оказывать как положительный, так и отрицательный эффект в зависимости от основных характеризующих их показателей — ОБП и pH [2,3].

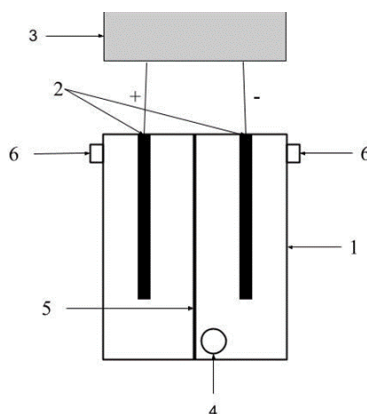
В условиях работы биологических очистных сооружений, процесс очистки осуществляет сложное сообщество микроорганизмов — активный ил. АИ включает представителей различных систематических групп: бактерий, простейших, колониальных, червей, в меньшем количестве — грибов и водорослей [4].

Поэтому, в контексте очистки городских стоков, актуальной является оценка воздействия AORPs технологий на микробные сообщества активного ила, как одни из основных действующих факторов в данном процессе.

Материалы и методы. Для определения влияния AORPs-процессов на состояние ила были отобраны следующие растворы:

- входная вода очистных сооружений г. Барановичи;
- раствор из первичного отстойника данных БОС;
- непосредственно активный ил БОС.

Каждый из растворов обрабатывался в электротехнологической камере, принципиальная схема которой представлена на рисунке 1.



- 1) электролизная ячейка; 2) электроды; 3) источник постоянного тока;
4) кран для подачи воды; 5) мембрана; 6) отверстия для отвода католита и анолита

Рисунок 1 — Схема электротехнологического модуля

Данное устройство представляет собой бездиафрагменный электролизный блок, способный работать, как в статическом, так и в проточном режимах. Обработка раствора происходит одновременно в катодной и анодной зонах.

Вольт-амперные характеристики при этом составили:

- $I = 3,6A$;
- $U = 20,4V$.

Время обработки составило 30 секунд.

Результаты и обсуждение. По результатам обработки было показано, что увеличение количества микроорганизмов в растворе, а также повышение дегидрогеназной активности наблюдалось непосредственно при смешении растворов католита и анолита. При этом, по отдельности данные растворы показали снижение обоих этих признаков, а также показателя осаждения ила, что может свидетельствовать о нецелесообразности их использования изолированно друг от друга. Так, обобщенные данные о количестве микроорганизмов и дегидрогеназной активности в растворе представлены на схеме (рис. 2).

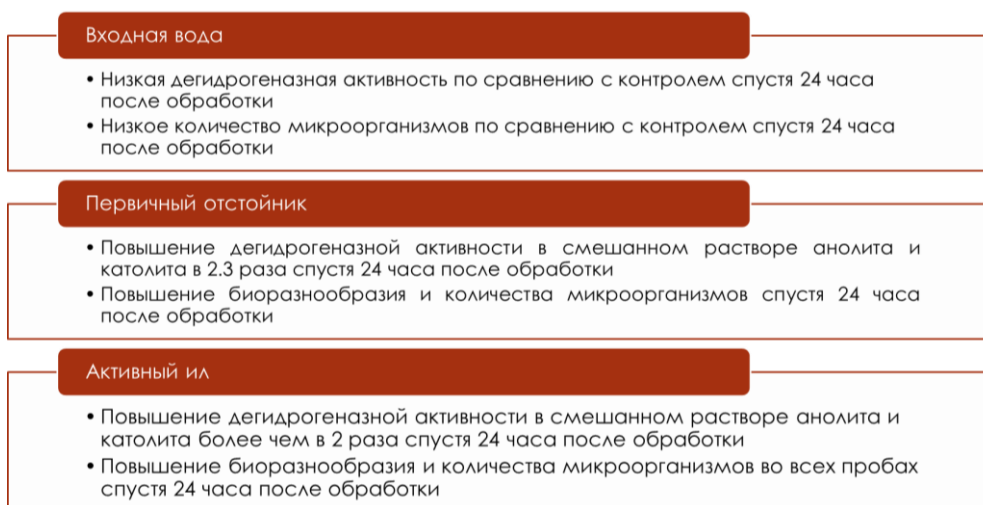


Рисунок 2 — Результаты обработки растворов

При проведении дальнейших исследований в данном направлении целесообразно изучить долгосрочное воздействие исследуемых растворов на стабильность микробного сообщества активного ила БОС, а также провести оптимизацию параметров обработки (время, сила тока, концентрации) для достижения максимальной эффективности при минимальных энергозатратах.

Заключение. Проведенное исследование позволило оценить влияние АОРPs-технологий на микробное сообщество аэробного активного ила городских очистных сооружений. Экспериментально установлено, что совместное применение католита и анолита, полученных в электротехнологическом модуле, способствует увеличению количества микроорганизмов и повышению дегидрогеназной активности, что свидетельствует об активизации метаболических процессов в иле и говорит о целесообразности дальнейших исследований в данном направлении.

Список цитированных источников

1. Электрохимические методы очистки сточных вод / С. Ю. Киреев, В. Н. Штепа, С. Н. Киреева [и др.] // Актуальные вопросы современной науки, технологии и образования : сборник статей III Международной научно-технической конференции, Энгельс, 30–31 октября 2024 года / Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А., Энгельсский технологический институт ; ред. кол.: А. С. Мостовой (отв. редактор) [и др.]. — Энгельс : ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю. А., 2024. — С. 102–107.
2. Шикунец, А.Б. Оценка эмбриотоксичности электролитически обработанных водных растворов на примере модели *Danio rerio* / А.Б. Шикунец, В. Н. Штепа, Д. А. Каспирович // Научный потенциал молодежи — будущему Беларуси : материалы XVII международной молодежной научно-практической конференции, Пинск, 14 апреля 2023 г. : в 2-х ч. / Министерство образования Республики Беларусь [и др.] ; редкол.: В. И. Дунай [и др.]. — Пинск : ПолесГУ, 2023. — Ч. 2. — С. 305–307.
3. Схема комбинированной очистки сточных вод текстильных производств с использованием АОРPs-технологий / В. Н. Штепа [и др.] // Вестник Витебского государственного технологического университета : научный журнал. — 2023. — № 1 (44). — С. 114–124.
4. Нестер, О. В., Формирование гранул активного ила в аэробных условиях / О. В. Нестер, Р. М. Маркевич // Труды БГТУ. Серия 2: Химические технологии, биотехнология, геоэкология. — 2016. — № 4. — С. 220–224.

СЕКЦИЯ 2

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ИНЖЕНЕРНЫЕ АСПЕКТЫ ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПОЧВЕННЫХ ВЛАГОЗАПАСОВ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ СУПЕСЧАНЫХ ПОЧВАХ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ

Асаулов Р. В.¹

¹Ассистент кафедры природообустройства, БрГТУ, Брест, Беларусь,
roma_valerievich_00@mail.ru

Аннотация. В настоящем исследовании произведена оценка почвенных влагозапасов по агрометеорологическим пунктам в разрезе Брестской и Гомельской области в период до современного потепления климата. Выполнен сравнительный анализ с современными данными по влажности почвы.

Ключевые слова: почва, влагозапасы, климат, осушение, орошение.

MODELING THE DYNAMICS OF SOIL MOISTURE RESERVES ON SODDY-PODZOLIC SANDY LOAM SOILS OF THE BELARUSIAN POLESIE

Asaulau R. V.

Abstract. In this study, an assessment of soil moisture reserves was made at agrometeorological points in the Brest and Gomel regions in the period before the current climate warming. A comparative analysis was performed with modern data on soil moisture.

Keywords: soil, moisture reserves, climate, draining, irrigation.

Введение. С конца 80-х годов прошлого столетия в Белорусском Полесье наблюдаются значительные климатические изменения, которые в первую очередь выражаются в повышении температуры воздуха. Этот регион, благодаря своему географическому положению, отличается самым теплым климатом и продолжительным вегетационным периодом среди всех регионов Беларуси. Негативное воздействие засушливых периодов на сельскохозяйственный сектор, в частности, обусловлено тем, что в составе угодий Белорусского Полесья преобладают дерново-подзолистые почвы, развитые на песках и супеси. Эти типы почв наиболее восприимчивы к погодным условиям и изменениям климата.

Материалы и методы. В работе использованы данные агрометеорологических наблюдений по влажности почв в долях от наименьшей влагоемкости на дерново-подзолистых супесчаных почвах территории Белорусского Полесья. Основной метод исследования — моделирование динамики почвенных влагозапасов.

Результаты и обсуждение. Ключевыми характеристиками, которые определяют, насколько водный режим соответствует потребностям сельскохозяйственных культур и влияют на объем полива, являются границы изменения оптимальной влажности почвы. Они обеспечивают достаточную аэрацию и не мешают корням растений поглощать воду и питательные вещества [1].

Наибольшее количество воды, которое может удержать почва без потери в нижние слои под действием силы тяжести, определяет верхний предел оптимальной влажности почвы. Этот показатель, который является константой почвенно-гидрологических свойств при достаточно глубоком уровне грунтовых вод, называется наименьшей влагоемкостью ($W_{\text{нв}}$). За нижний предел оптимальной влажности принимался уровень, при котором растения начинают завядать, однако позже было обнаружено, что даже кратковременное снижение влажности до уровня завядания может привести к нарушению физиологических процессов в растениях, что замедляет их рост и негативно влияет на формирование урожая. В результате вместо термина «влажность завядания» используется понятие «влажность разрыва капиллярных связей» ($W_{\text{врк}}$), которое и стало нижним пределом оптимума [1].

В работе рассматривается период до современного потепления климата. Для построения кривых почвенных влагозапасов использованы данные наблюдений на агрометеорологических станциях Белорусского Полесья по влажности почвы в долях от наименьшей влагоемкости (табл. 1). Рассматриваемая почва — дерново-подзолистая, супесчаная. На рисунках 1, 2 показана динамика среднеголетних почвенных влагозапасов по агрометеорологическим пунктам в разрезе Брестской и Гомельской области соответственно, дополнительно обозначены верхний ($W_{\text{нв}}$) и нижний ($W_{\text{врк}}$) пределы оптимальной влажности.

Таблица 1 — Влажность почвы в долях от наименьшей влагоемкости

Метеостанция	Месяц								
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI–III	V–VIII
Гомельская область									
Чечерск	1,22	1,27	0,90	0,76	0,74	0,76	0,83	0,90	0,92
Жлобин	1,13	1,14	0,84	0,73	0,73	0,76	0,73	0,90	0,86
Гомель	1,13	1,17	0,86	0,74	0,71	0,72	0,79	0,86	0,87
Василевичи	1,12	1,12	0,83	0,74	0,73	0,75	0,82	0,89	0,86
Житковичи	1,10	1,09	0,81	0,72	0,72	0,70	0,84	0,90	0,83
Лельчицы	1,00	0,99	0,78	0,69	0,71	0,74	0,78	0,84	0,79
Брагин	1,05	1,07	0,80	0,70	0,67	0,68	0,74	0,82	0,81
Брестская область									
Барановичи	1,19	1,21	0,91	0,78	0,76	0,80	0,87	0,94	0,92
Ганцевичи	1,18	1,21	0,89	0,79	0,78	0,80	0,87	0,93	0,92
Ивацевичи	1,11	1,13	0,85	0,74	0,74	0,75	0,82	0,89	0,86
Пружаны	1,03	0,90	0,71	0,70	0,76	0,86	0,96	1,01	0,77
Высокое	0,99	1,00	0,79	0,70	0,69	0,70	0,73	0,81	0,80
Пинск	1,09	1,12	0,83	0,72	0,71	0,71	0,77	0,85	0,84
Брест	1,01	1,02	0,80	0,71	0,69	0,70	0,74	0,82	0,81

Из рисунков видно, что влагозапасы практически во всех месяцах, за исключением апреля и мая, находятся в зоне оптимальной влажности, в некоторых случаях имеется необходимость в осушении. В работе [2] рассматривается период после начала потепления климата и результаты исследования показывают обратное, так как уровень влагозапасов находится ниже предела $W_{ВРК}$, тем самым демонстрируя необходимость в дополнительном увлажнении почвы.

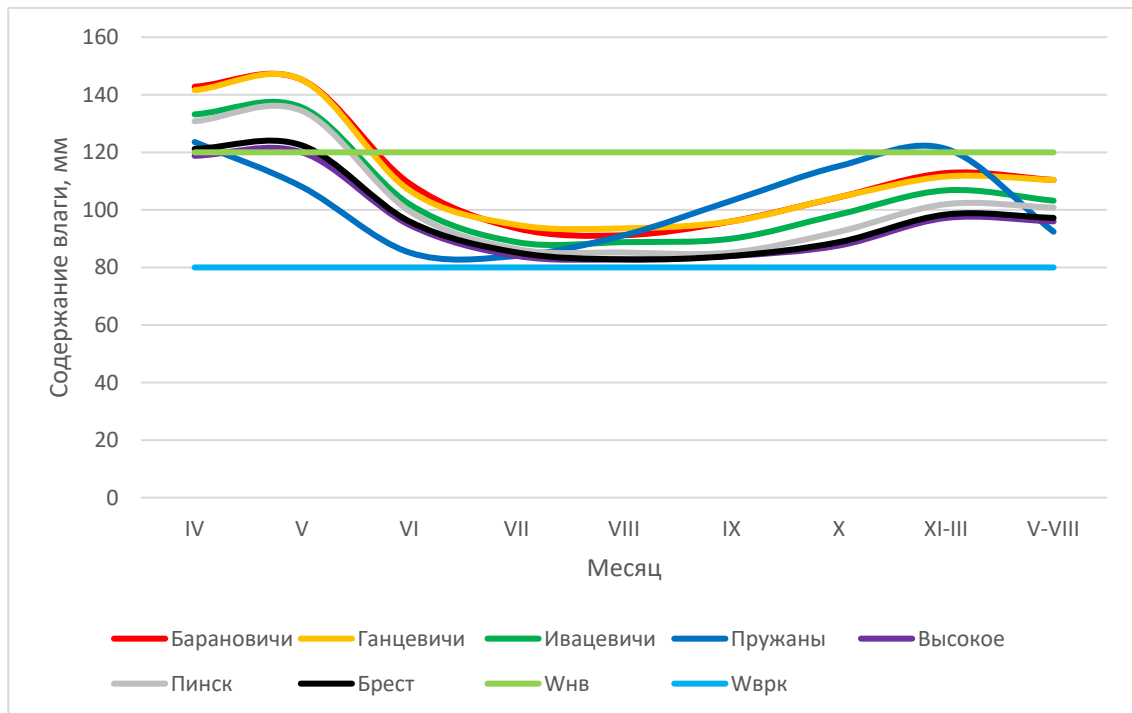


Рисунок 1 — Динамика среднегодовых почвенных влагозапасов в разрезе Брестской области

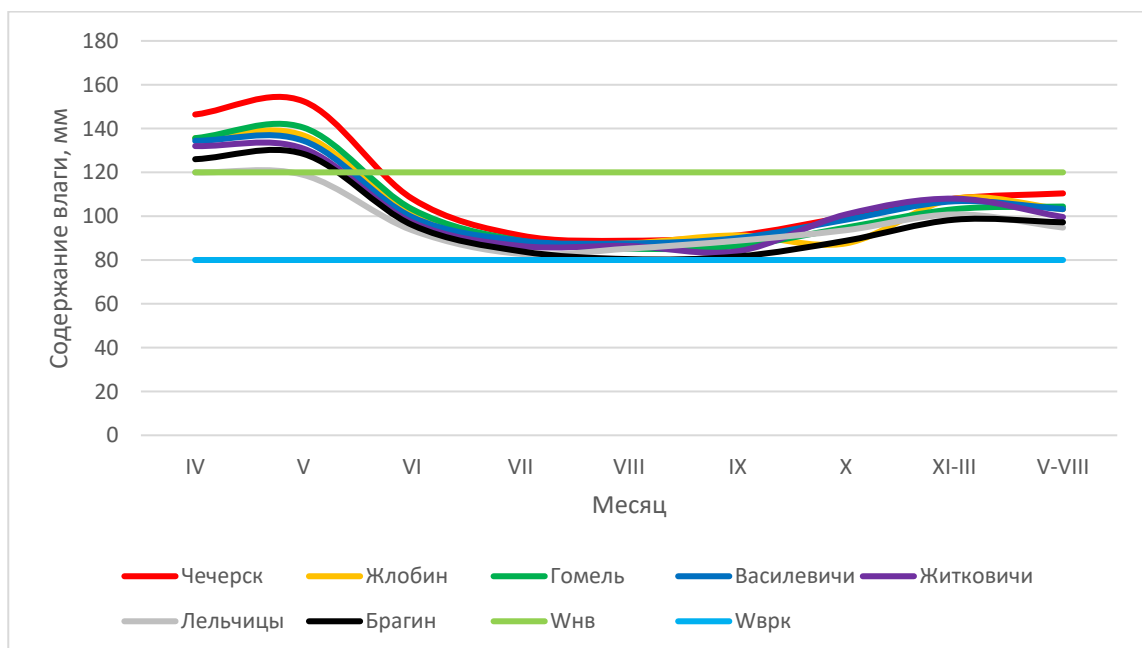


Рисунок 2 — Динамика среднегодовых почвенных влагозапасов в разрезе Гомельской области

Заключение. В результате выполненных исследований установлено, что современное потепление климата, выраженное в повышении температуры воздуха, влечет за собой падение уровня почвенных влагозапасов. Орошение в настоящее время является той самой необходимостью для сельского хозяйства, которая позволит оптимизировать влажность почвы, тем самым повысить рост и прибавку урожайности сельскохозяйственных культур.

Список цитированных источников

1. Лихацевич, А. П. Дождевание сельскохозяйственных культур: Основы режима при неустойчивой естественной влагообеспеченности / А. П. Лихацевич. — Мн.: Бел. наука, 2005. — 278 с. Брест : БрГТУ, 2023. — С. 32–34.
2. Асаулов, Р. В. Мелиоративные нормы картофеля на дерново-подзолистых супесчаных почвах Белорусского Полесья / Р. В. Асаулов // Рекультивацияработанного пространства: проблемы и перспективы: сборник статей IX Международной научно-практической Интернет-конференции (14 декабря 2023) [Электронный ресурс] / КузГТУ. — Кемерово: Изд-во КузГТУ, Кемерово, 2024. — С. 4.1.1–4.1.5.

УДК 504.064

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЫБРОСОВ НА КАЧЕСТВО ВОЗДУХА

Беспалько Н. Е.¹, Кунаков М. И.², Соломатин Е. С.³, Ташкинов А. В.⁴

¹Доцент кафедры «Природопользование и защита окружающей среды»,
ТамбГТУ, Тамбов, РФ, nata.bespalko@mail.ru

²Магистрант кафедры «Природопользование и защита окружающей среды»,
ТамбГТУ, Тамбов, РФ, m-kunakov@inbox.ru

³Магистрант кафедры «Природопользование и защита окружающей среды»,
ТамбГТУ, Тамбов, РФ, solomatinevgenye296@gmail.com

⁴Ассистент кафедры «Природопользование и защита окружающей среды»,
ТамбГТУ, Тамбов, РФ, tashkinoff.artem@mail.ru

Аннотация. Современные причины развития разнообразных заболеваний человека насчитывают колоссальные значения. Наибольший показатель относится к химическим поллютантам. Увеличение предельно допустимых показателей отдельных веществ во всех компонентах биосферы становится первопричиной ухудшения состояния здоровья населения планеты. В данной работе проводится фундаментальный анализ влияния токсичных выбросов в атмосферу на факторы здоровья человека, направленный на повышение осведомленности о важности сохранения чистоты атмосферного воздуха, а также о способах, позволяющих достичь снижение концентрации в биосфере ксенобиотиков.

Ключевые слова: экосистемы, поллютанты, ксенобиальные вещества, дисперсии загрязнений, атмосфера, заболевание дыхательных систем.

ANALYSIS OF THE IMPACT OF INDUSTRIAL EMISSIONS ON AIR QUALITY

Bespalko N. E., Kunakov M. I., Solomatin E. S., Tashkinov A. V.

Abstract. *Modern causes of development of various human diseases are enormous. The largest indicator is related to chemical pollutants. Increase of maximum permissible indicators of individual substances in all components of the biosphere becomes the primary cause of deterioration of health of the planet's population. This paper presents a fundamental analysis of the impact of toxic emissions into the atmosphere on human health factors, aimed at raising awareness of the importance of maintaining clean air, as well as methods for achieving a reduction in the concentration of xenobiotics in the biosphere.*

Keywords: ecosystems, pollutants, xenobial substances, pollutant dispersions, atmosphere, respiratory diseases.

Введение. Загрязнение воздуха является одной из наиболее серьезных проблем современного мира. Такое явление как промышленные выбросы играют значительную роль в этом процессе, оказывая негативное влияние на качество воздуха и здоровье людей и требует срочных действий для его решения.

Загрязнение воздуха происходит из-за выбросов поллютантов в атмосферу из различных источников, таких как автомобили, промышленные предприятия, электростанции и сжигание отходов [1]. Основными загрязнителями являются оксиды азота, серы, углерода, а также твердые частицы и токсичные вещества.

Основная часть. Одним из главных последствий загрязнения воздуха является ухудшение качества воздуха, что приводит к возникновению ряда заболеваний дыхательной системы, сердечно-сосудистой системы и даже рака легких. Дети, пожилые люди и лица с уже имеющимися заболеваниями являются особенно уязвимыми к воздействию загрязненного воздуха.

Загрязнение воздуха также оказывает негативное влияние на экосистемы. Оно может привести к смерти растений и животных, изменению биоразнообразия и нарушению экологического баланса. Кроме того, выбросы парниковых газов, таких как углекислый газ, способствуют глобальному потеплению и изменению климата [2, 3].

Для борьбы с проблемой загрязнения воздуха необходимо принять комплексные меры. Важно сократить выбросы вредных веществ путем улучшения технологий и использования чистых источников энергии, таких как солнечная и ветровая энергия. Также необходимо разработать строгие нормы и стандарты качества воздуха, а также проводить систематический мониторинг загрязнения [4].

Кроме того, индивидуальные действия каждого человека могут иметь значительный эффект на уменьшение загрязнения воздуха. Мы можем использовать общественный транспорт, выбирать автомобили с низким уровнем выбросов, экономить энергию в быту и поддерживать экологически чистые привычки.

Таким образом, загрязнение воздуха — проблема, требующая срочного внимания и действий. Она имеет серьезные последствия для здоровья людей и окружающей среды. Только совместными усилиями государств, предприятий и каждого отдельного человека мы сможем справиться с этой проблемой и обеспечить чистый и здоровый воздух для будущих поколений.

Промышленные выбросы представляют собой в большей степени выбросы ксенобиальных веществ в атмосферу, которые происходят в результате деятельности промышленных предприятий. Эти выбросы могут содержать различные вредные вещества, такие как оксиды азота, серы, углеродные соединения, тяжелые металлы и другие токсичные вещества. Когда эти вещества попадают в атмосферу, они могут привести к загрязнению воздуха и негативно сказаться на здоровье людей.

Анализ влияния промышленных выбросов на качество воздуха является важным шагом для понимания масштабов проблемы и разработки эффективных мер по ее решению. Для этого проводятся специальные исследования, в ходе которых анализируются данные о выбросах промышленных предприятий и качестве воздуха в окружающей среде.

Один из основных методов анализа влияния промышленных выбросов на качество воздуха — это моделирование дисперсии загрязнений. С помощью специальных компьютерных программ можно определить, как распространяются выбросы в атмосфере и каково их воздействие на окружающую среду. Это позволяет оценить уровень загрязнения воздуха в различных точках и прогнозировать его изменения в будущем [5].

Кроме моделирования дисперсии загрязнений, проводятся также мониторинговые исследования, в ходе которых измеряется концентрация загрязняющих веществ в атмосфере. Эти данные позволяют оценить уровень загрязнения воздуха и его соответствие нормам безопасности. Также проводятся исследования влияния промышленных выбросов на здоровье людей, чтобы определить возможные риски и разработать соответствующие меры предосторожности.

В результате анализа влияния промышленных выбросов на качество воздуха выявляются проблемные зоны, где уровень загрязнения превышает допустимые нормы. На основе этих данных разрабатываются меры по снижению выбросов и улучшению качества воздуха. Это может включать в себя внедрение более эффективных технологий очистки выбросов, использование альтернативных источников энергии, ужесточение экологических стандартов и другие меры.

Ниже приведены меры, которые можно принять для снижения влияния промышленных выбросов:

1. Установка фильтров и очистительных систем: Промышленные предприятия могут установить эффективные системы фильтрации и очистки выбросов, чтобы улавливать и удалять опасные вещества, такие как токсичные газы и частицы, прежде чем они попадут в атмосферу.

2. Использование технологий с низким содержанием углерода: Внедрение технологий с низким содержанием углерода, таких как возобновляемые источники энергии (ветряные и солнечные электростанции), может существенно снизить выбросы парниковых газов, таких как диоксид углерода.

3. Рециркуляция и повторное использование отходов: Промышленные предприятия могут принять меры по рециркуляции и повторному использованию отходов, чтобы сократить количество выбросов и минимизировать негативное воздействие на окружающую среду.

4. Применение эффективных методов сжигания: если сжигание неизбежно, то промышленные предприятия должны использовать эффективные методы сжигания, такие как современные системы очистки дымовых газов, чтобы уменьшить выбросы загрязняющих веществ.

5. Внедрение нормативных требований и стандартов: Государства могут установить строгие нормативные требования и стандарты для промышленных предприятий, чтобы ограничить выбросы и обеспечить соблюдение экологических стандартов.

Заключение. Это лишь несколько примеров мер, которые можно принять для снижения влияния промышленных выбросов на качество воздуха. Конкретные меры будут зависеть от типа промышленности, качества управленческого аппарата, местных условий и законодательства.

В заключение, анализ влияния промышленных выбросов на качество воздуха является важным инструментом для борьбы с загрязнением атмосферы. Он позволяет определить масштабы проблемы, выявить причины загрязнения и разработать эффективные меры по ее решению. Поэтому проведение таких анализов является необходимым шагом для создания более чистой и здоровой окружающей среды.

Список цитируемых источников

1. Пинаева О. М. Оценка загрязнения атмосферы при формировании караванов на северном морском пути. // Транспорт. Горизонты развития. Труды 2-го Международного научно-промышленного форума. — Нижний Новгород: ВГУВТ, 2022. — С. 64.

2. Модина М. А., Туркин В. А., Комиссаров К. Б. Способы предотвращения загрязнения атмосферного воздуха оксидами серы при эксплуатации судовых дизелей. // Экология. Риск. Безопасность. Материалы Международной научно-практической конференции. Памяти профессора, заведующего кафедрой «Экология и безопасность жизнедеятельности» Анатолия Павловича Кузьмина. — Курган: Издательство Курганского государственного университета, 2010. — С. 16–17.

3. Шабанов А. В., Кондратьев Д. В., Дунин А. Ю. Снижение азотосодержащих вредных выбросов с отработавшими газами дизельных ДВС грузовых автомобилей // 9-е Луканинские чтения. Проблемы и перспективы развития автотранспортного комплекса. Сборник докладов Международной наuchнотехнической конференции. — М.: МАДИ, 2021. — С. 457–467.

4. Тремясов, В. А. Теория надежности в энергетике. Надежность систем генерации, использующих ветровую и солнечную энергию : учебное пособие / В. А. Тремясов, Т. В. Кривенко. — Красноярск : СФУ, 2017. — ISBN 978-5-7638-3749-0. — Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/117787> (дата обращения: 01.10.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей. — С. 98.

5. Ветрова, Ю. В. Модели распространения вредных веществ в окружающей среде / Ю. В. Ветрова, Д. И. Васюткина, В. Ю. Радоуцкий // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. — 2012. — №4. — С. 159–162. — ISSN 2071-7318. — Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/journal/issue/293793> (дата обращения: 01.10.2024).

УДК 504.064

УЩЕРБ ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ СОСТОЯНИЮ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ, НАНОСИМЫЙ ЛЕСНЫМИ ПОЖАРАМИ

Беспалько Н. Е.¹, Кунаков М. И.², Соломатин Е. С.³, Ташкинов А. В.⁴

¹Доцент кафедры «Природопользование и защита окружающей среды»,
ТамбГТУ, Тамбов, РФ, nata.bespalko@mail.ru

²Магистрант кафедры «Природопользование и защита окружающей среды»,
ТамбГТУ, Тамбов, РФ, m-kunakov@inbox.ru

³Магистрант кафедры «Природопользование и защита окружающей среды»,
ТамбГТУ, Тамбов, РФ, solomatinevgenye296@gmail.com

⁴Ассистент кафедры «Природопользование и защита окружающей среды»,
ТамбГТУ, Тамбов, РФ, tashkinoff.artem@mail.ru

Аннотация. Целью данного исследования является комплексное изучение влияния лесных пожаров на экологию и природные ресурсы, а также разработка рекомендаций по их предотвращению и минимизации последствий. Задачи исследования включают описание последствий лесных пожаров для биоразнообразия, почвы и воздуха, анализ существующих методов борьбы с пожарами, а также разработку предложений по улучшению систем мониторинга и предотвращения лесных пожаров. Таким образом, данное исследование направлено на повышение осведомленности о важности сохранения лесов и природы, а также на формирование устойчивых экосистем, способных противостоять негативным воздействиям.

Ключевые слова: лесные пожары, биоразнообразие, лесные экосистемы, лесовосстановление.

DAMAGE TO THE ENVIRONMENTAL STATE CAUSED BY FOREST FIRES

Bespalko N. E., Kunakov M. I., Solomatin E. S., Tashkinov A. V.

Abstract. *The purpose of this study is to comprehensively examine the impact of forest fires on the environment and natural resources, as well as to develop recommendations for their prevention and mitigation. The objectives of the study include describing the effects of forest fires on biodiversity, soil and air, analyzing existing fire fighting methods, and developing proposals to improve forest fire monitoring and prevention systems. Thus, this study is aimed at raising awareness of the importance of preserving forests and nature, as well as the formation of sustainable ecosystems that can withstand negative impacts.*

Keywords: forest fires, biodiversity, forest ecosystems, forest restoration.

Введение. Лесные пожары представляют собой одну из наиболее значительных экологических проблем современности, оказывая разрушительное воздействие на природные экосистемы и биоразнообразие. Предметом данного исследования является влияние лесных пожаров на экологические процессы, происходящие в лесных экосистемах, а также на состояние природных ресурсов. Объектом исследования выступают лесные массивы, пострадавшие от пожаров, и экосистемы, находящиеся в непосредственной близости к ним.

Актуальность темы обусловлена возрастающей частотой и интенсивностью лесных пожаров, что связано как с изменением климата, так и с человеческой деятельностью. В последние десятилетия наблюдается значительное увеличение числа лесных пожаров, что приводит к утрате биоразнообразия, ухудшению качества почвы и воздуха, а также к негативным последствиям для здоровья человека. В условиях глобальных изменений климата и увеличения антропогенной нагрузки на природные ресурсы, изучение последствий лесных пожаров становится особенно важным для разработки эффективных стратегий их предотвращения и борьбы с ними [1].

Проблематика исследования заключается в недостаточной осведомленности о долгосрочных последствиях лесных пожаров для экосистем и биоразнообразия, а также в необходимости разработки комплексных мер по предотвращению и ликвидации их последствий. Важным аспектом является необходимость интеграции знаний из различных областей науки, таких как экология, лесоводство и пожарная безопасность, для создания целостного подхода к решению данной проблемы.

Основная часть. Последствиями лесных пожаров является уничтожение биоразнообразия разносторонних экосистем, в том числе и лесных. Данный фактор становится одной из самых серьезных экологических проблем современности, затрагивающий все уровни жизни на планете, от микроскопических организмов до крупных млекопитающих, и имеет далеко идущие последствия для экосистем, человеческого общества и экономики. Биоразнообразие включает в себя разнообразие видов, генетическое разнообразие внутри видов и разнообразие экосистем,

которые обеспечивают жизненно важные услуги, такие как очистка воздуха и воды, опыление растений, регулирование климата и поддержание плодородия почвы [2].

Одной из основных причин уничтожения биоразнообразия является деятельность человека. Урбанизация, сельское хозяйство, вырубка лесов и промышленное развитие приводят к разрушению естественных мест обитания. Эти действия не только сокращают площадь ареалов обитания многих видов, но и фрагментируют экосистемы, что затрудняет миграцию и размножение животных и растений. В результате многие виды оказываются под угрозой исчезновения, что, в свою очередь, нарушает баланс экосистем и может привести к цепной реакции, затрагивающей другие виды [3, 4].

Загрязнение воздуха и почвы — это одни из самых острых экологических проблем современности, которые оказывают значительное влияние на здоровье человека, экосистемы и климат. Воздух, которым мы дышим, и почва, на которой мы выращиваем пищу, подвергаются воздействию различных загрязняющих веществ, что приводит к негативным последствиям для окружающей среды и здоровья населения.

Основными источниками загрязнения воздуха являются промышленные выбросы, автомобильный транспорт, сжигание ископаемых видов топлива и сельскохозяйственная деятельность. Промышленные предприятия выбрасывают в атмосферу такие вредные вещества, как диоксид серы, оксиды азота, углеродные соединения и тяжелые металлы. Эти загрязнители могут вызывать респираторные заболевания, аллергии и даже рак. Автомобили, особенно старые модели, также вносят значительный вклад в загрязнение воздуха, выбрасывая угарный газ и другие токсичные вещества.

Природные факторы играют ключевую роль в формировании экосистем и определении их устойчивости. Они включают в себя климатические условия, географическое положение, типы почв, наличие водных ресурсов и разнообразие флоры и фауны. Все эти элементы взаимосвязаны и влияют друг на друга, создавая сложную сеть взаимодействий, которая поддерживает жизнь на Земле.

Климатические условия, такие как температура, осадки и ветер, непосредственно влияют на распределение биомов и экосистем. Например, тропические леса, расположенные в зонах с высоким уровнем осадков и тепла, отличаются богатым биоразнообразием, в то время как пустыни, характеризующиеся низкими осадками и высокими температурами, имеют ограниченное количество видов. Изменения климата, вызванные человеческой деятельностью, могут привести к сдвигам в этих экосистемах, что, в свою очередь, влияет на биоразнообразие и устойчивость природных ресурсов.

Географическое положение также имеет значение. Например, горные районы могут служить барьерами для миграции видов, создавая уникальные экосистемы, которые отличаются от окружающих равнинных территорий. Водные ресурсы, такие как реки, озера и океаны, являются важными компонентами экосистем, обеспечивая среду обитания для множества видов и влияя на климатические условия в своем регионе. Изменение уровня воды, загрязнение и чрезмерная эксплуатация водоемов могут негативно сказаться на экосистемах и привести к потере биоразнообразия.

Человеческие действия оказывают значительное влияние на окружающую среду и экосистемы. С начала индустриальной революции, когда началось массовое использование ископаемых видов топлива, человечество вступило на путь, который изменил природу на планете. Вырубка лесов, загрязнение водоемов, чрезмерная эксплуатация природных ресурсов и изменение климата — все это последствия человеческой деятельности, которые имеют долгосрочные последствия для экосистем и биоразнообразия.

Одним из наиболее очевидных примеров негативного воздействия человека на природу является вырубка лесов. Леса играют важную роль в поддержании экосистемного баланса, обеспечивая среду обитания для множества видов, регулируя климат и очищая воздух. Однако, в погоне за экономическим ростом, многие страны продолжают активно рубить леса для сельского хозяйства, строительства и добычи полезных ископаемых. Это приводит к утрате биоразнообразия, поскольку многие виды теряют свои естественные места обитания. Кроме того, вырубка лесов способствует увеличению углекислого газа в атмосфере, что усугубляет проблему глобального потепления.

Одной из основных лесохозяйственных мер является лесовосстановление. Оно включает в себя как естественное, так и искусственное восстановление лесных экосистем после вырубки, пожаров или других разрушительных воздействий. Важно выбирать местные виды деревьев для посадки, так как они лучше адаптированы к условиям региона и способствуют восстановлению естественного биоразнообразия. Лесовосстановление также может включать в себя создание защитных лесных полос, которые помогают предотвратить эрозию почвы и защищают сельскохозяйственные угодья от ветровой эрозии [2].

Другой важной мерой является управление лесными ресурсами, которое включает в себя планирование и контроль за вырубкой деревьев. Устойчивое лесопользование предполагает, что вырубка не превышает естественного роста леса, что позволяет поддерживать баланс между экономическими интересами и экологическими потребностями. Применение методов выборочной вырубки, а не сплошной, помогает сохранить лесные экосистемы и способствует их восстановлению.

Профилактика лесных пожаров также является важной частью лесохозяйственных мер. Это включает в себя создание противопожарных разрывов, регулярную очистку лесов от сухостоя и мусора, а также проведение контрольных сжиганий для уменьшения накопления горючих материалов. Обучение местного населения правилам пожарной безопасности и создание системы раннего предупреждения о пожарах могут значительно снизить риск возникновения лесных пожаров.

Пожарная безопасность является одной из важнейших составляющих защиты жизни и здоровья людей, а также сохранения имущества и природных ресурсов [5]. В условиях современного мира, где лесные пожары становятся все более частым явлением, особенно актуальным становится вопрос обеспечения пожарной безопасности как в населенных пунктах, так и в лесных экосистемах.

Для эффективной борьбы с лесными пожарами необходимо внедрение системы профилактических мер [6]. Ключевым элементом такой системы является

создание противопожарных разрывов — участков, свободных от растительности, которые могут остановить распространение огня. Регулярная очистка лесов от сухостоя и мусора также играет важную роль в снижении риска возникновения пожаров. Контрольные сжигания, проводимые в безопасных условиях, помогают уменьшить накопление горючих материалов и поддерживать лесные экосистемы в здоровом состоянии.

Заключение. В ходе нашего исследования мы стремились рассмотреть влияние лесных пожаров на экологию и природные ресурсы, а также предложить методы предотвращения и борьбы с ними. Цель была достигнута, и мы смогли глубже понять, как лесные пожары воздействуют на биоразнообразие, почву и воздух, а также какие меры могут быть предприняты для минимизации их негативных последствий.

И таким образом, мы можем утверждать, что пожарная безопасность — это комплексная задача, требующая совместных усилий государства, научного сообщества и местных жителей. Только совместными усилиями можно достичь эффективного управления лесными ресурсами и обеспечить защиту от лесных пожаров, сохраняя при этом уникальные экосистемы и здоровье планеты. Важно, чтобы все заинтересованные стороны работали вместе, разрабатывая и внедряя стратегии, направленные на предотвращение лесных пожаров и восстановление пострадавших экосистем. Мы должны помнить, что леса — это не только ресурс, но и жизненно важная часть нашей планеты, которая нуждается в защите и заботе.

Список цитированных источников

1. Оценка ущерба от лесных пожаров — тема научной статьи по ... [Электронный ресурс] // cyberleninka.ru — Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-uscherba-ot-lesnyh-pozharov>, свободный. — Загл. с экрана.
2. Современные методы обнаружения и мониторинга лесных ... [Электронный ресурс] // www.timacad.ru — Режим доступа: https://www.timacad.ru/uploads/files/20221107/1667825864_daydzh-12.pdf, свободный. — Загл. с экрана.
3. Лесные пожары как современная проблема в России Текст ... [Электронный ресурс] // cyberleninka.ru — Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/lesnye-pozhary-kak-sovremennaya-problema-v-rossii>, свободный. — Загл. с экрана.
4. Пожары как фактор утраты биоразнообразия и функций лесных ... [Электронный ресурс] // jfsi.ru — Режим доступа: https://jfsi.ru/4-2-2021-geraskina_et_al/, свободный. — Загл. с экрана.
5. Влияние лесных пожаров на экологическую ... [Электронный ресурс] // natural-sciences.ru — Режим доступа: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=27316>, свободный. — Загл. с экрана.
6. Эколого-правовые проблемы лесных пожаров в ... [Электронный ресурс] // elibrary.ru — Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=43848131>, свободный. — Загл. с экрана.

ECOLOGICAL CHALLENGES OF COTTON FARMING IN CHINA AND TAJIKISTAN

Nilupaier Yusufujang², Jamshed Azimov¹

¹*Second-year Master's student of Institute of Western Agriculture of the Chinese Academy of Agricultural Sciences, Changji, China, 2048794160@qq.com*

²*First-year Master's student of Institute of Western Agriculture of the Chinese Academy of Agricultural Sciences, Changji, China, jamshedpahmonaliev@gmail.com*

Abstract. *This article explores the environmental impacts of cotton farming in China and Tajikistan, focusing on water use, soil degradation, pesticide pollution, and biodiversity loss, while highlighting the differences and similarities in their approaches to addressing these challenges. In addition, some experiments in two countries concerning irrigation and fertigation regimes are highlighted.*

Key words: cotton, water use, fertilizers, soil degradation, pesticides, biodiversity, climate change.

Cotton farming is a significant agricultural activity in both China and Tajikistan, contributing substantially to their economies. However, the ecological challenges associated with cotton production in these countries are profound and multifaceted.

1. Water Scarcity and Overuse

Cotton is a water-intensive crop, and both China and Tajikistan face significant water management challenges due to their reliance on cotton farming.

In Xinjiang, the largest cotton-producing region in China, cotton farming relies heavily on irrigation from the Tarim River and underground aquifers. Over-extraction of water has led to the depletion of groundwater resources and the drying up of rivers, threatening local ecosystems [6]. The government has implemented water-saving technologies, such as drip irrigation, to mitigate these issues, but water scarcity remains a critical concern [12].

Cotton is primarily grown in arid and semi-arid regions of China, such as Xinjiang, Yellow River Basin, and Yangtze River Basin. Irrigation is critical for cotton production, especially in Xinjiang, which accounts for over 80% of China's cotton production. Drip irrigation under mulch (a water-saving technique) is widely adopted. Cotton typically requires 400–600 mm of water per growing season, depending on the region and climate [12].

Cotton farming in Tajikistan is concentrated in the Fergana Valley, where inefficient irrigation systems and outdated infrastructure contribute to water wastage. Efforts to modernize irrigation systems have been slow due to limited financial resources [1].

Cotton irrigation rates in Tajikistan depend on several factors, including climate, soil type, growth stage, and water availability. Tajikistan, being a semi-arid region, relies heavily on irrigation for cotton cultivation. In Tajikistan, cotton irrigation rates are typically managed using furrow or surface irrigation systems, which are common in the region. Total Seasonal Water Requirement: 6,000–8,000 m³/ha (600–800 mm) (Source: FAO, 2013 — Crop Water Information: Cotton).

2. Soil Degradation and Salinization

Soil health is a critical issue in cotton farming, with both countries experiencing soil degradation due to intensive cultivation practices.

In Xinjiang, continuous monocropping of cotton has led to soil nutrient depletion and salinization. The use of chemical fertilizers and poor drainage systems have further exacerbated soil degradation [11]. Conservation practices, such as crop rotation and organic farming, are being promoted to restore soil health.

Salinization is a significant problem in the Fergana Valley, where poor irrigation practices have led to the accumulation of salts in the soil [7]. Limited access to sustainable farming practices has hindered efforts to address soil degradation.

3. Pesticide and Chemical Pollution

The heavy use of pesticides and fertilizers in cotton farming has significant ecological consequences, including water pollution and harm to non-target species.

China is one of the largest consumers of pesticides globally, and cotton farming accounts for a significant portion of this usage. The overuse of pesticides has led to the contamination of water bodies and the decline of beneficial insects, such as pollinators [5]. The government has introduced integrated pest management (IPM) programs to reduce pesticide reliance.

In Tajikistan, the lack of regulation and awareness has resulted in the excessive use of pesticides, many of which are outdated and highly toxic. This has led to severe environmental and health impacts, including the contamination of rivers and soil [9]. Efforts to promote sustainable pest management are still in their infancy.

4. Biodiversity Loss

Cotton farming has contributed to the loss of biodiversity in both countries, particularly through habitat destruction and the use of agrochemicals.

The expansion of cotton farming in Xinjiang has led to the conversion of natural habitats into agricultural land, threatening local flora and fauna. The use of pesticides has also harmed non-target species, including pollinators and natural predators of pests [5].

In Tajikistan, the focus on cotton monoculture has reduced the diversity of crops and disrupted local ecosystems. The decline in pollinator populations due to pesticide use has further impacted biodiversity [4].

5. Climate Change Impacts

Climate change poses additional challenges to cotton farming in both countries, including increased temperatures, irregular precipitation, and extreme weather events.

Xinjiang is particularly vulnerable to climate change, with rising temperatures and reduced water availability threatening cotton production. The government is investing in climate-resilient cotton varieties and sustainable farming practices to mitigate these impacts [3].

Tajikistan's cotton sector is also vulnerable to climate change, with water scarcity and extreme weather events posing significant risks. Limited adaptive capacity and financial constraints hinder the country's ability to address these challenges [7].

6. Comparative Analysis of Ecological Challenges

Regarding NPK management China faces challenges related to overuse, while Tajikistan struggles with underuse and imbalanced application.

According (Saidzoda R. et al., 2021) [10] study of various rates of mineral fertilizers in combination with organic fertilizers to increase plant productivity and maintain full-fledged capsules, the optimal dose is 40 t / ha — $N_{125}P_{80}K_{30}$ in Vakhsh valley of Tajikistan. With the increase in doses of fertilizers, their use is not advisable from the point of view of their economic efficiency. Consequently, reduction of the annual NPK rate by 50% in combination with organic, further showed no positive effect on the raw cotton weight of one boll. Consequently, the use of mineral fertilisers in combination with organic fertilisers at optimal rates is one of the most important reserves for increasing productivity and preserving high-grade bolls of medium-fibre cotton.

An experiment by (Bai et al., 2024) [2] included three irrigation levels (W1: 60% ETc, W2: 80% ETc, W3: 100% ETc; ETc was crop evapotranspiration) and four nitrogen levels (N0: 0 kg ha⁻¹, N200: 200 kg ha⁻¹, N300: 300 kg ha⁻¹, N400: 400 kg ha⁻¹) was in Xinjiang and indicated that both irrigation and nitrogen levels significantly influenced seed cotton yield, WUE, irrigation water use efficiency (IWUE). An irrigation level of 100% ETc combined with a nitrogen level of 300 kg ha⁻¹ was recommended to enhance seed cotton yield and improve water-nitrogen-radiation use efficiency in south Xinjiang of China.

To address the overuse of NPK fertilizers in cotton farming, China has introduced policies to promote balanced fertilization, integrated nutrient management, and the adoption of precision agriculture technologies [12].

Conclusion. Cotton farming in China and Tajikistan presents significant ecological challenges, including water scarcity, soil degradation, pesticide pollution, biodiversity loss, and climate change impacts. While both countries face similar issues, China has made more progress in addressing these challenges through technological innovation, policy interventions, and sustainable farming practices. Tajikistan, on the other hand, struggles with limited resources and outdated infrastructure, highlighting the need for international support and capacity-building initiatives. A comparative analysis of these two countries provides valuable insights into the ecological challenges of cotton farming and the importance of sustainable practices for environmental protection.

References

1. Abdullaev I., et al. "Water management in Central Asia: Challenges and opportunities." Water Resources Management, 2009.
2. Bai Zh. et al. Effects of irrigation and nitrogen levels on yield and water-nitrogen-radiation use efficiency of drip-fertigated cotton in south Xinjiang of China. Field Crops Research. Volume 308, 15 March 2024, 109280. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2024.109280>
3. Chen Y., et al. "Climate change and cotton production in China." Climatic Change, 2021.
4. Karimov A., et al. "Biodiversity and agriculture in Tajikistan." Central Asian Journal of Environmental Science, 2018.
5. Li, Z., et al. "Biodiversity loss in Chinese cotton farming." Ecological Indicators, 2020.

6. Liu J., et al. "Water scarcity and cotton production in Xinjiang, China." Journal of Arid Environments, 2017.
7. Mirzabaev A., et al. "Climate change adaptation in Central Asia." Climate Risk Management, 2019.
8. Mirzabaev A., et al. "Soil salinity and land degradation in Central Asia." Land Degradation & Development, 2016.
9. Rasulov A., et al. "Pesticide use and environmental impacts in Tajikistan." Environmental Science and Pollution Research, 2019.
10. Saidzoda R., et al. Influence of different rates of organ-mineral fertilizers on the inclusion of fruit organs of cotton. Theoretic and scientific-practical magazine "Peasant". №4 (93) 2021.
11. Wang Y., et al. "Soil degradation and conservation in Xinjiang." Soil and Tillage Research, 2018.
12. Zhang X., et al. "Water-saving technologies in Chinese agriculture." Agricultural Water Management, 2020.

УДК 628.316

ТУРИСТСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ТЕРРИТОРИЙ ГРОДНЕНСКОЙ ГЭС

Кароза А. И.¹, Горбач П. В.²

¹Доцент кафедры архитектуры, БрГТУ, Брест, РБ, karoza_a@mail.ru

²Студент архитектурно-строительного факультета, БрГТУ,
Брест, РБ, gorbachp@gmail.com

Аннотация. В статье рассмотрена возможность туристского использования территорий, прилегающей к Гродненской гидроэлектростанции, проанализировано современное состояние планировочной структуры территории, ее использования, степень развития туристского потенциала, реализация существующей градостроительной документации. Приведены основные принципы развития туристского использования с учетом приоритета сохранения экологической составляющей.

Ключевые слова: рекреация, развитие территории, туризм, прибрежные территории.

TOURIST POTENTIAL TERRITORY OF GRODNO HYDROELECTRIC POWER STATION

Karoza A. I., Gorpach T. V.

Abstract. The article examines the possibility of tourist use of the territories adjacent to the Grodno hydroelectric power station, the current state of the planning structure of the territory, its use, the degree of development of the tourist potential

were analyzed, implementation of existing urban planning documentation. The main principles of development of tourist use are given, taking into account the priority of preserving the ecological component.

Keywords: recreation, territorial development, tourism, coastal areas.

Введение. Решение о строительстве Гродненской Гидроэлектростанции было принято в 2008 году, а завершилось строительство в 2012. Гродненская ГЭС является среднемощной, однако это первая гидроэлектростанция такого типа, построенная на территории Беларуси. Целью строительства было снижение импорта газа и развитие энергетического комплекса страны. Годовой объем вырабатываемой электроэнергии составляет 84,4 млн кВт.ч., что соответствует проектной мощности. Выше по течению сформировано водохранилище площадью 1,92 га (в пределах русла реки Неман в паводковый период). В результате образовались территории, обладающие определенным туристским потенциалом, который в настоящее время используется частично.

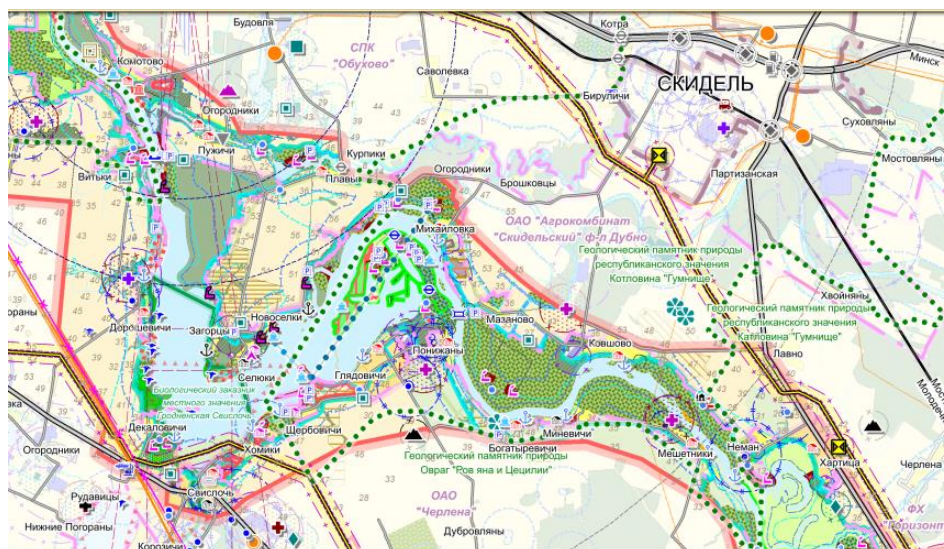


Рисунок 1 — Схема планировочной организации территорий, прилегающих к Гродненской ГЭС

Результаты и обсуждение. Территория, прилегающая к водному объекту Гродненской гидроэлектростанции, составляет более 12 тыс. га. В ее состав входят 34 населенных пункта (20 на территории Гродненского района и 14 — Мостовского), особо охраняемые природные территории (Биологический заказник местного значения «Гродненская Свислочь», геологические памятники природы, в том числе республиканского значения), объекты историко-культурного наследия и зоны их охраны (54 памятника, включенных в республиканский список историко-культурного наследия, в том числе 46 памятников археологии, фортификационные сооружения Гродненской крепости и Гродненского укрепрайона, культовые здания, усадьбы), земли лесфонда и сельскохозяйственного назначения.

Туристский потенциал территории складывается из транспортной доступности по отношению к крупным городам и трассам международного значения, наличия природных и историко-культурных ценностей, подготовленности к использованию, степени развития туристской инфраструктуры. Методика оценки

туристского потенциала описана в публикации автора [2]. При комплексной оценке туристский потенциал характеризуется как хороший.

Транспортная доступность характеризуется как хорошая (10 км от областного центра г. Гродно, непосредственная близость пассажирского аэропорта, автомобильной магистрали международного значения М 6 и республиканского значения Р 44).

Природные и историко-культурные ценности в совокупности также могут иметь оценку как «высокая».

При устройстве руслового водохранилища были затоплены существовавшие стихийные пляжи, подтоплены земли запаса. В настоящее время часть почв подвержены деградации и оврагообразованию, берега крутые, загрязнены подтопленной древесиной. За 12 лет существования водохранилища не было создано ни одного пляжа. Открыты единичные объекты туризма — кемпинги, агроусадьбы. Таким образом объект не используется по туристско-рекреационному назначению, объекты туристской инфраструктуры не создаются.

Целью развития территорий, прилегающих к водному объекту у Гродненской ГЭС, является создание туристско-рекреационной зоны, которая обеспечит удовлетворение рекреационных потребностей населения и туристов, эффективное использование природных и материально-технических ресурсов, а также, что немаловажно экологическое равновесие между природными и антропогенными компонентами среды. Создание конкурентоспособного туристического продукта, способного внести значительный вклад в развитие экономики области.

Данная территория требует комплексного подхода с развитием планировочного каркаса, транспортной сети, инженерной инфраструктуры, размещением многофункциональных объектов всесезонного использования, и дисперсной сети малых туристских объектов различного профиля.

Сложившаяся сеть дорог и проездов дополняется недостающими и необходимыми обслуживающими дорогами, обеспечивающими доступность к отдельным зонам, объектам рекреации и обслуживания, а также системой пешеходного и велосипедного движения, охватывающей всю территорию.

Структурными элементами являются комплексы объектов рекреационного назначения, места массового отдыха, общественные зоны. В каждом расчетно-планировочном образовании должны быть выделены опорные центральные пункты и подцентры, которыми выступают как населенные пункты, так и проектируемые туристические комплексы.

На участках леса характеризующимся 2 и 3 стадией рекреационной дигрессии, высокой посещаемостью, рекомендуется на основе материалов лесоустроительных проектов планирование и проведение мероприятий по повышению устойчивости насаждений к рекреационным нагрузкам и по обеспечению надлежащего санитарного состояния, в том числе посадка отдельных групп декоративных деревьев и кустарников. Особые мероприятия должны быть предусмотрены для предупреждения развития овражной сети (противоэрозионные насаждения, элементы благоустройства).

Объекты историко-культурного наследия должны быть включены в туристские маршруты, в том числе пешеходные и велосипедные, обеспечены подъездными путями и информационной инфраструктурой.

При выборе объемно-планировочных и стилистических решений создаваемых туристско-рекреационных объектов и элементов благоустройства необходимо придерживаться традиционных материалов и композиционных приемов, согласовывая элементы антропогенной среды с природным окружением.

Заключение. В результате выполненных исследований было установлено, что территории, прилегающая к Гродненскому водохранилищу имеет хороший туристский потенциал. Для его развития необходимо комплексное освоение территорий с развитием транспортной, инженерной и экологической инфраструктуры.

Список цитированных источников

1. Оценка воздействия на окружающую среду Гродненской ГЭС на р. Неман (ОВОС) // ЦНИИКИВР — Минск, 2017 — 52 с.
2. Методика оценки туристского потенциала исторических фортификационных сооружений / А. И. Кароза // Вестник Брест. гос. техн. ун-та. — 2017. — № 1 : Строительство и архитектура. — С. 49–51.
3. Лакіза В., Абухоўскі В., Мігаль В., Археалагічныя разведкі ў басейне Немана // Гістарычна-археалагічны зборнік. — Мінск, 2004. — № 19. — С.276–287.
4. Динамика береговых русловых, наливных и озерных водохранилищ Беларуси / В. Е. Левкевич. — Минск : Право и экономика, 2015. — 202 с.

УДК 628.544(043.3)

АНАЛИЗ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ХЛОРСОДЕРЖАЩИХ РЕАГЕНТОВ И ОЗОНА ДЛЯ ДЕЗИНФЕКЦИИ СООРУЖЕНИЙ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Комаров М. А.^{1,2}

¹Специалист международного информационно-аналитического центра трансфера технологий, БГТУ, Минск, РБ, takkom1995@gmail.com

²Старший преподаватель кафедры «Водоснабжение и водоотведение», БНТУ, Минск, РБ, takkom1995@gmail.com

Аннотация. В данной работе проведен сравнительный анализ экологического воздействия различных дезинфицирующих веществ, включая гипохлорит натрия, гипохлорит кальция, хлорную известь, хлорамин и озон. Исследование основано на методике оценки жизненного цикла, результаты которого показывают, что озон является наиболее экологически безопасным вариантом дезинфекции.

Ключевые слова: Дезинфекция, воздействие на окружающую среду, жизненный цикл, озон, гипохлорит натрия, гипохлорит кальция, хлорная известь, хлорамин.

LIFE CYCLE ANALYSIS OF CHLORINE-CONTAINING REAGENTS AND OZONE FOR DISINFECTION OF WATER SUPPLY FACILITIES

Kamarou M. A.

Abstract. *Paper presents a comparative analysis of the environmental impact of various disinfectants, including sodium hypochlorite, calcium hypochlorite, bleaching powder, chloramine, and ozone. The study is based on the life cycle assessment methodology, the results of which show that ozone is the most environmentally friendly disinfection option.*

Keywords: Disinfection, environmental impact, life cycle, ozone, sodium hypochlorite, calcium hypochlorite, bleaching powder, chloramine

Введение. Современные технологии дезинфекции воды широко применяют хлорсодержащие соединения, такие как гипохлорит натрия, гипохлорит кальция, хлорная известь и хлорамин [1–3]. Эти вещества эффективно уничтожают микроорганизмы, но их применение связано с образованием токсичных побочных продуктов, оказывающих негативное воздействие на экосистемы и здоровье человека. В частности, остаточные хлорсодержащие соединения могут накапливаться в водоемах, изменяя их химический состав и влияя на биоразнообразие. В качестве альтернативы рассматривается применение озона, который обладает высокой окислительной способностью и способен уничтожать широкий спектр патогенов без образования стойких загрязняющих веществ [4–6]. Однако озон требует значительных энергетических затрат на генерацию, что также влияет на его экологический баланс [7–10].

Цель данного исследования — провести сравнительный анализ экологического воздействия хлорсодержащих дезинфицирующих веществ и озона, используя методику оценки жизненного цикла.

Результаты и обсуждение. Результаты анализа показали, что наибольшее воздействие на окружающую среду оказывают гипохлорит кальция и хлорная известь. Их производство сопровождается значительными выбросами CO_2 , Cl_2 и NO_x , что негативно сказывается на атмосфере и водных экосистемах. Попадание этих соединений в атмосферу приводит к образованию кислотных дождей, которые, в свою очередь, негативно воздействуют на почвы, растительность и водоемы. Кроме того, производство сопровождается образованием промывных вод с высокой концентрацией солей и нерастворимых примесей, что усложняет их очистку и утилизацию. Эти дезинфицирующие вещества также требуют обязательной утилизации отработанных растворов, поскольку при сбросе они могут привести к хлорированию органических соединений в воде с образованием потенциально канцерогенных побочных продуктов, таких как тригалометаны.

Гипохлорит натрия продемонстрировал меньшую нагрузку на окружающую среду по сравнению с гипохлоритом кальция. Его производство связано с электролизом раствора NaCl. Однако в процессе получения гипохлорита натрия все же образуется хлор, а также выделяется водород, требующий безопасной утилизации. Однако, гипохлорит натрия приводит к образованию сточных вод с высокой концентрацией остаточного хлора, который может вступать в реакции с органическими веществами в воде, формируя токсичные соединения. Перед сбросом сточные воды требуют специальной обработки, что увеличивает эксплуатационные расходы на их использование.

Хлорамин характеризуется относительно низким содержанием активного хлора (18–25%), что снижает его антисептическую активность по сравнению с другими хлорсодержащими реагентами. Однако его основное преимущество заключается в более низком уровне образования канцерогенных тригалометанов, что делает его потенциально более безопасным для использования в системах водоснабжения. В то же время производство хлорамина сопровождается образованием вредных побочных продуктов, включая органические соединения, содержащие серу и азот. Эти вещества могут оказывать токсическое воздействие на водные организмы и требовать дополнительных мер очистки. Кроме того, использование хлорамина может вызывать коррозию водопроводных труб, что увеличивает затраты на их обслуживание и ремонт.

Озон продемонстрировал наименьшее воздействие на окружающую среду. Его генерация происходит непосредственно на месте использования, что исключает этапы транспортировки и хранения химических веществ, а также предотвращает образование отходов, характерных для хлорсодержащих реагентов. Озон является мощным окислителем и эффективно уничтожает широкий спектр микроорганизмов, включая бактерии, вирусы и простейшие, без образования стойких токсичных соединений. Время его полураспада в воде составляет всего 20–40 минут, после чего он разлагается до кислорода, не оставляя следовых загрязняющих веществ. Это значительно снижает риск загрязнения водных объектов и делает озон одним из наиболее безопасных дезинфицирующих агентов.

Общий анализ показал, что экологическая нагрузка дезинфицирующих веществ уменьшается в следующем порядке: гипохлорит кальция > хлорная известь > хлорамин > гипохлорит натрия > озон.

Заключение. Результаты исследования подтверждают, что хлорсодержащие дезинфицирующие вещества оказывают большее негативное воздействие на окружающую среду. Наибольший ущерб связан с производством гипохлорита кальция и хлорной извести, тогда как гипохлорит натрия и хлорамин имеют умеренное воздействие.

Использование озона в качестве альтернативного дезинфицирующего средства позволяет снизить экологическую нагрузку за счет отсутствия стойких загрязняющих веществ. Однако его широкое применение требует дальнейших разработок, направленных на снижение энергозатрат и минимизацию выбросов оксидов азота.

Список цитированных источников

1. Romanovski V. et al. Comparative analysis of the disinfection efficiency of steel and polymer surfaces with aqueous solutions of ozone and sodium hypochlorite //Water. — 2024. — Т. 16. — №. 5. — С. 793.
2. Поспелов А. В. и др. Анализ технических аспектов дезинфекции поверхностей водными растворами озона и гипохлорита натрия //Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки. — 2024. — №. 2. — С. 87–95.
3. Поспелов А. В. и др. Сравнительный анализ эффективности дезинфекции поверхностей в водных растворах озона и гипохлорита натрия //Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки. — 2024. — Т. 36. — №. 1. — С. 94–99.
4. Поспелов А. В. и др. Коррозия нержавеющей стали в дезинфицирующих растворах //Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки. — 2023. — №. 1 (33). — С. 90–93.
5. Поспелов А. В. и др. Коррозия углеродистых сталей в дезинфицирующих растворах //Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки. — 2022. — №. 14. — С. 89–93.
6. Романовский В. И., Гуринович А. Д., Лихавицкий В. В. Растворимость озона в воде по высоте столба жидкости //Водоочистка. — 2017. — №. 2. — С. 36–41.
- 7 Математическое описание процесса растворения озона по высоте столба жидкости / Романовский В. И., Лихавицкий В. В., Красковский С. В. // Наука — образованию, производству, экономике: материалы XXII (69) региональной науч.-практ. конф. преподавателей, научных сотрудников и аспирантов, г. Витебск, 9–10 февраля 2017 г.: в 2 т. / Витебский гос. ун-т им. П. М. Машерова; редкол: И. М. Прищепа (гл. ред.) [и др.]. — Витебск, 2017. — Т. 1. — С. 29–31.
- 8 Романовский, В. И. Техничко-экономический анализ технологий дезинфекции сооружений водоснабжения с помощью озона / В. И. Романовский, С. В. Красковский // Наука — образованию, производству, экономике : материалы 15-й Международной научно-технической конференции. — Минск : БНТУ, 2017. — Т. 1. — С. 217.
- 9 Рымовская, МВ Дезинфекция сооружений водоснабжения активным хлором и озоном/МВ Рымовская, ВИ Романовский//Технология органических веществ: тезисы докладов 80-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием), Минск, 1–12 февраля 2016 г./Белорусский государственный технологический университет;[гл. ред. ИМ Жарский]. — Минск: БГТУ, 2016. — С. 74.
- 10 Романовский, В.И. Экономическое обоснование технологии дезинфекции сооружений водоснабжения с использованием озона / В. И. Романовский, Е. В. Крышилович // Экономика глазами молодых: материалы VIII междунар. экон. форума, Минск, 19–20 июня, 2015 / Белорусский государственный аграрный технический университет; редкол.: Г. А. Короленок [и др.]. — Минск, 2015. — С. 267–269.

БЕЗОТХОДНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ НЕДОПАЛА ИЗВЕСТИ В СИНТЕТИЧЕСКИЙ АНГИДРИТ СУЛЬФАТА КАЛЬЦИЯ

Комаров М.А.^{1, 2}

¹Специалист международного информационно-аналитического центра
трансфера технологий, БГТУ, Минск, РБ, makkom1995@gmail.com

²Старший преподаватель кафедры «Водоснабжение и водоотведение»,
БНТУ, Минск, РБ, makkom1995@gmail.com

Аннотация. В статье рассмотрена возможность безотходной технологии переработки отхода водоподготовки — недопала извести в синтетический ангидрит сульфата кальция путем его взаимодействия с отработанной серной кислотой. Получаемый по описанному способу ангидрит сульфата кальция по своим характеристикам не уступает ангидриту, произведенному по традиционному термическому способу, который получен в процессе обжига гипсового камня при температуре 800–1000 °С

Ключевые слова: недопал извести, сернокислотное воздействие, синтетический ангидрит сульфата кальция, 1-е следствие из закона Гесса, температура.

WASTE-FREE TECHNOLOGY FOR PROCESSING LIME MUD INTO SYNTHETIC CALCIUM SULPHATE ANHYDRITE

Kamarou M.

Abstract. The article considers the possibility of a waste-free technology for processing water treatment waste — lime mud into synthetic calcium sulfate anhydrite by interacting with waste sulfuric acid. The calcium sulfate anhydrite obtained by the described method is not inferior in its characteristics to the anhydrite produced by the traditional thermal method, which is obtained in the process of firing gypsum stone at a temperature of 800–1000 °C.

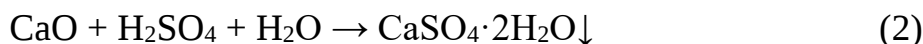
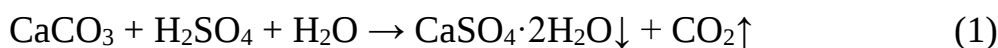
Keywords: lime mud, sulfuric acid exposure, synthetic anhydrite of calcium sulfate, 1st corollary from Hess's law, temperature.

Введение. Вовлечение отходов в хозяйственный оборот является актуальной задачей [1–3]. На предприятиях, использующих технологии промышленной водоподготовки [4, 5], происходит образование недопала извести и осадка коагуляции в результате основной стадии очистки. Однако, эти отходы остаются без применения в Республике Беларусь и накапливаются на специальных площадках. Данные отходы представляют собой перспективный вторичный материальный ресурс для производства гипсовых строительных материалов [6].

Химический состав недопала извести открывает возможность получения синтетических сульфатов кальция путем его взаимодействия с серной кислотой в водной среде.

Материалы и методы. Недопал извести представляет собой комки с размерами до нескольких сантиметров, по химическому составу представляет: $\text{Ca}(\text{OH})_2$ — 22,2 мас. %, CaCO_3 — 61,1 мас. %, CaO — 13 мас. % и влажностью 3,7 мас. % остальное — примесные вещества (MgO , SiO_2 и др. вещества, вносимые с карбонатным сырьем в известь).

Результаты и обсуждение. Процесс проходящий в реакторе осуществлялся из суспензии недопала извести в соотношении Т : Ж = 1 : 6 предварительно разогретой до 40–45 °С. После достижения данной температуры при постоянном перемешивании в реактор подается разбавленная серная кислота с концентрацией 53–55 мас. %. Данные параметры позволяют управлять структурой образующихся сульфатов кальция в системе $\text{CaCO}_3 - \text{H}_2\text{SO}_4 - \text{H}_2\text{O}$ [7–9]. Процесс в реакторе протекает по следующим химическим реакциям:



За счет водной среды и температуры в реакторе в качестве продукта должен образовываться дигидрат сульфата кальция. Однако в ходе проведенных исследований с помощью РФА и ДТА анализов было установлено что полученный продукт является ангидритом сульфата кальция. Результаты ДТА и РФА анализов представлены на рисунке.

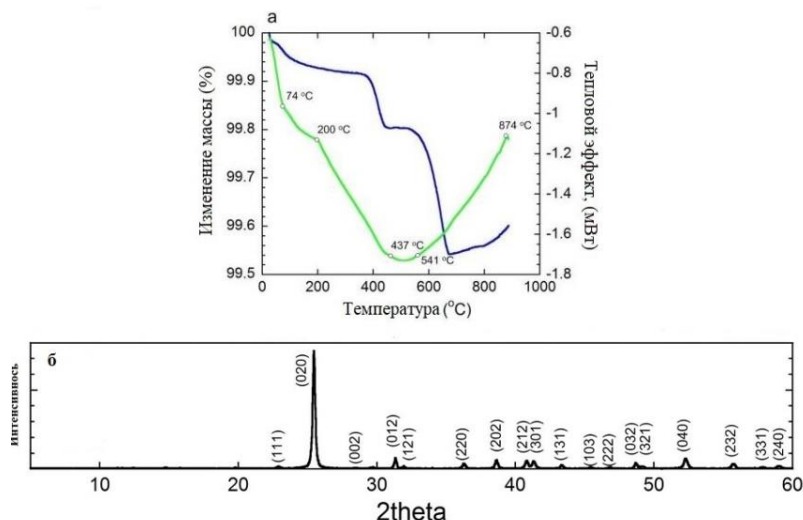


Рисунок — ДТА и РФА полученного материала

Образование ангидрита сульфата кальция при температуре 45 °С в реакторе можно объяснить с точки зрения термохимии [9]. Такой вариант протекания процесса возможен при местном разогреве у самих частиц CaCO_3 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, CaO за счет взаимодействия их с серной кислотой. Данное предположение объясняется

и подтверждается с помощью 1-го следствия из закона Гесса. Теоретическое изменение температуры во время синтеза при учете всех факторов процесса составляет:

$$\Delta T = -\frac{\Delta H}{\sum C_p} = \frac{20349}{608,42} = 33,45\text{K} = 33,45^\circ\text{C}.$$

Таким образом, теоретический нагрев в реакторе составит $33,45^\circ\text{C}$. Теоретическая температура синтеза внутри реактора должна составлять $78,45^\circ\text{C}$. Однако экспериментально при измерении температуры максимальный нагрев суспензии составил $58\text{--}60^\circ\text{C}$ из-за потерь тепла, но и полученной температуры достаточно для образования ангидрита [10].

Заключение. В результате выполненных исследований было установлено, что полученный синтетический ангидрит по своим характеристикам не уступает ангидриту, произведенному по традиционному термическому способу, который получен в процессе обжига гипсового камня при температуре $800\text{--}1000^\circ\text{C}$.

Список цитированных источников

1. Икон, А. В. Разделение смазочно-охлаждающих жидкостей / А. В. Икон, В. И. Романовский // Экологические проблемы промышленных городов. 5-я Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием, СГТУ, Саратов 12–14 апреля 2011 / СГТУ, 2011. — Ч. 2. — С. 198–199.
2. Осинин, М. С. Кислотное выщелачивание железа из осадков коагуляции природных вод / М. С. Осинин, В. И. Романовский, В. В. Лихавицкий, Е. В. Романовская // Вестник БрГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. — 2019. — №2. — С. 50–52.
3. Обезжелезивание подземных вод модифицированным огнеупорным шамотом / Клебеко П. А., Романовский В. И. // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2021. №4. С. 103–111. <https://doi.org/10.35567/1999-4508-2021-4-8>
4. Prapolski D., Romanovski V. Recent advances in underground water deironing and demanganization: Comprehensive review // Journal of Water Process Engineering. — 2025. — Т. 70. — С. 107089.
5. Пропольский, Д. Э. Эффективность обезжелезивания подземных вод с использованием модифицированных каталитических материалов / Д. Э. Пропольский, В. И. Романовский // Технологія — 2019 : матеріали XXII Міжнар.наук.-техн. конф., 26–27 квіт. 2019 р., м. Сєверодонецьк : в 2 ч. — Сєверодонецьк : Східноукр. нац. ун-т ім. В. Даля, 2019. — Ч. 1 — С. 85–86.
6. Kamarou M. et al. High-strength gypsum binder with improved water-resistance coefficient derived from industrial wastes // Waste Management & Research. — 2025. — Т. 43. — №. 2. — С. 213–224. <https://doi.org/10.1177/0734242X241240042>
7. Комаров М. А., Короб Н. Г., Романовский В. И. Синтез дигидрата сульфата кальция из техногенного сырья // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки. — 2020. — №. 16. — С. 76–82.

8. Wang C. et al. Preparation of calcium sulfate from recycled red gypsum to neutralize acidic wastewater and application of high silica residue // Journal of Material Cycles and Waste Management. — 2024. — Т. 26. — №. 3. — С. 1588–1595. <https://doi.org/10.1007/s10163-024-01914-w>
9. Liu D. et al. Effect of calcination temperature and superplasticizer on the properties of anhydrite II from phosphogypsum // Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. — 2024. — С. 1–11. <https://doi.org/10.1007/s10973-024-13608-4>
10. Kamarou M. et al. High strength anhydrite cement based on lime mud from water treatment process: one step synthesis in water environment, characterization and technological parameters // Engineering Reports. — 2025. — Т. 7. — №. 1. — С. e13054. <https://doi.org/10.1002/eng2.13054>

УДК 619:639.1. 091 (476)

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД И ЗНАЧЕНИЕ ЭТОГО МЕРОПРИЯТИЯ ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ ПРИРОДНОГО БИОРАЗНООБРАЗИЯ

Ю. Г. Лях¹, О. В. Мелюх², Т. В. Некрасова³

¹Профессор кафедры общей биологии и генетики, УО «Международный государственный экологический институт им. А. Д. Сахарова» БГУ, г. Минск, Беларусь, Yury_Liakh.61@mail.ru

²Студент, УО «Международный государственный экологический институт им. А. Д. Сахарова» БГУ, г. Минск, Беларусь

³Студент, УО «Международный государственный экологический институт им. А. Д. Сахарова» БГУ, г. Минск, Беларусь

Аннотация. Беларусь располагает огромными ресурсами пресных вод. Однако это не означает, что они должны варварски использоваться и загрязнять окружающую среду.

Большие города и крупные промышленные предприятия в Республике Беларусь полностью обеспечены современной многоуровневой сетью очистных сооружений. Кроме всего здесь созданы специальные службы, которые строго следят за выполнением санитарно гигиенических норм очищения и санации технически использованных вод. Эти службы осуществляют строжайший контроль не только на стадии сброса очищенных вод в водоемы, но и на каждом этапе очистки. Ни одно из предприятий в Беларуси не запустят в эксплуатацию без проведения экологической экспертизы.

Тем не менее, в республике существует множество мелких промышленных предприятий, цехов и животноводческих ферм, которые расположены на периферии, вдали от больших городов и районных центров. Как раз эти предприятия и являются основными загрязнителями окружающей среды посредством сброса не обеззараженных технических вод.

Ключевые слова: экология водных ресурсов, загрязнители, санитарно-гигиенический контроль, природная среда, очистные сооружения.

ENVIRONMENTAL ASPECTS OF WASTEWATER TREATMENT AND THE IMPORTANCE OF THIS MEASURE FOR THE PRESERVATION OF NATURAL BIODIVERSITY

Yu. G. Liakh, O. V. Melyuh, T. V. Nekrasova

Abstract. *Belarus has huge resources of fresh water. However, this does not mean that they should be used barbarously and pollute the environment.*

Large cities and large industrial enterprises in the Republic of Belarus are fully provided with a modern multi-level network of treatment facilities. In addition, special services have been created here that strictly monitor the implementation of sanitary and hygienic standards for the purification and sanitation of technically used water. These services carry out the strictest control not only at the stage of discharging purified water into water bodies, but also at each stage of purification. Not a single enterprise in Belarus will be put into operation without an environmental assessment.

However, there are many small industrial enterprises, workshops and livestock farms in the republic, which are located on the outskirts, far from large cities and regional centers. These enterprises are the main polluters of the environment by discharging untreated industrial waters.

Key words: ecology of water resources, pollutants, sanitary and hygienic control, natural environment, treatment facilities.

Введение. Более 80% проектов этих очистных сооружений разработаны еще по технологиям 70–80-х годов. К ним можно отнести животноводческие предприятия и цеха по переработке животноводческой продукции. К указанным предприятиям следует добавить жилищно-коммунальное хозяйство (ЖКХ) и станции технического обслуживания сельскохозяйственной техники и оборудования.

Республика Беларусь одна из немногих Европейских стран располагающих огромными запасами пресных вод. Правительство нашей республики на первое место поставило именно экологические составляющие во всех сферах промышленности. А, как известно что ни одно из промышленных предприятий, и ни одна из организаций Беларуси не обходится без использования воды, в большей или меньшей степени. Именно по этой причине осуществлению контроля за состоянием водных ресурсов в Республике Беларусь отведено максимальное внимание. Здоровье населения напрямую зависит от качества водных ресурсов и неспроста наше правительство взяло курс на обеспечение всего населения Беларуси питьевой водой из артезианских глубинных скважин.

Жизнедеятельность людей в мире подразумевает использование большого количества воды, для этой цели человечеством созданы целые комплексы инженерных сооружений по очистке воды и возвращению ее в гидросистему без экологических последствий для окружающей среды. В Беларуси этому придают

огромное значение, более того, наша страна в этом направлении достигла значительных результатов [1, 2].

Как указывалось ранее огромное количество мелких предприятий, которые расположены в небольших городах, поселках выпускают значительный объем как сельскохозяйственной, так и промышленной продукции. Естественно используют необходимые им объемы воды. Однако, очистные сооружения на таких предприятиях функционируют на недостаточном уровне. Более 80% проектов этих очистных сооружений разработаны еще по технологиям 70–80-х годов. К ним можно отнести животноводческие предприятия и цеха по переработке животноводческой продукции. К указанным предприятиям следует добавить жилищно-коммунальное хозяйство (ЖКХ) и станции технического обслуживания сельскохозяйственной техники и оборудования. В очистные сооружения промышленных предприятий поступают сточные воды трех видов: производственные, бытовые и атмосферные.

Современные очистные сооружения на предприятиях должны отвечать строгим нормативам и стандартам качества. Это включает в себя соблюдение законодательных требований по предельно допустимым концентрациям загрязнителей, а также использование передовых технологий для минимизации воздействия на экосистему [3].

Материалы и методы. Исследования проводили с целью определения эффективности использования очистных сооружений, расположенных в небольших населенных пунктах Минской области Молодечненского района. Обследованию подверглись системы очистки и обеззараживания сточных вод животноводческих ферм, комплексов, а так же очистных сооружений подведомственных ЖКХ района.

Результаты и обсуждение. С научной точки зрения, строительство очистных сооружений, осуществляющих сбор и обеззараживание сточных вод, которые возникают в процессе жизнедеятельности жителей небольших населенных пунктов, при получении продукции животноводства и других сопутствующих производств, не имеет большой сложности. Дело в том, что в данной ситуации, при правильном использовании физических свойств самой воды (жидких масс), а именно — текучести, практически полностью можно исключить энергетические затраты.

Правильно рассчитать, соорудить систему очистки и обеззараживания сточных вод, а потом постоянно следить за ее функционированием. Регулярный осмотр, устранение засоров и при необходимости мелкий ремонт. Вот и все что требуется от служб, которые обязаны это выполнять. В реальности мы можем наблюдать, то, что эти службы годами, а в некоторых случаях и десятками лет не обращают на это внимание. Все происходящее можно классифицировать как факт бесхозяйственности (рис. 1, 2).



Рисунок 1, 2 — Сточные воды, минуя не функционирующие очистные сооружения, попадают в мелиоративный канал, а затем в р. Березина (Фото Ляха Ю. Г., 4 марта 2022 года)

В нашем случае, огромные поля орошения, фильтрации и обеззараживания, в результате захламления канализационной системы (не регулярной очистки) выпали из функционала, в результате чего сточные воды попадают на прямую, в мелиорационные каналы. Пройдя через каскады бобровых плотин, загрязнители сливаются непосредственно в реку Березина со всеми вытекающими последствиями. Страдает природная среда, рыба, дикие звери и птицы.

Заключение. Системный подход в охране окружающей среды позволит не только избежать формальных отчетов о благополучии очистных сооружений, но и решать проблемы охраны природы и экологии на местах.

Список цитированных источников

1. Лях, Ю. Г. Учебно-методические основы экологического образования и мониторинг реинтеграционных процессов мелиорированных территорий Беларуси / Ю. Г. Лях // XVIII Международной научно-технической конференции «Наука, образование, производство в решении экологических проблем» (Экология — 2022), УГАТУ, г. Уфа, 1 мая 2022. — С.106–112.

2. Лях, Ю. Г. Эколого-социально-экономическое значение повторного заболачивания мелиорированных территорий Беларуси / Ю.Г. Лях, М.С. Красновская, К. А. Якимович // III Международная научно-практическая конференция «Природные опасности: связь науки и практики» — г. Саранск, 18–19 мая 2023. — С. 363–367.

3. Лях, Ю. Г. Экологические аспекты мелиоративных и очистных сооружений и роль бобра речного (*Castor fiber l, 1758*) в их функционировании / Ю. Г. Лях, А. М. Ахатова // Международная научно-практическая конференция молодых ученых, приуроченная к Всемирному дню Водных ресурсов «Инженерно-экологические аспекты и перспективы развития систем водоснабжения и водоотведения» 28 марта, г. Брест, 2024 г. — С. 139–143.

ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Хлывнюк А. Р.¹

¹Магистрант факультета инженерных систем и экологии, БрГТУ, Брест, РБ,
alexandrakhlyvnyuk@gmail.com

Аннотация. В статье рассматривается текущая ситуация с обеспеченностью водными ресурсами территории Республики Беларусь. Анализируется распределение водных ресурсов по регионам страны.

Ключевые слова: водные ресурсы, поверхностные воды, водосбор.

AVAILABILITY OF WATER RESOURCES IN THE TERRITORY REPUBLIC OF BELARUS

Khlyvnyuk A. R.

Abstract. The article examines the current situation with the availability of water resources in the territory of the Republic of Belarus. The distribution of water resources by regions of the country is analyzed.

Keywords: water resources, surface waters, catchment area.

Введение. Вода — это важнейший компонент в различных сферах деятельности человека: промышленности, сельском хозяйстве, обеспечении населения питьевой водой и производстве энергии. С 1980-х годов мировое потребление воды увеличивается примерно на 1 % в год из-за совокупности факторов, таких как рост населения, экономическое развитие и изменение моделей потребления. В странах, где наблюдается высокий уровень потребления воды, проживает более двух миллиардов человек. Прогнозируется, что эта тенденция будет усиливаться из-за растущего спроса на воду и изменения климата. В связи с этим важно изучать использование воды в разных регионах мира и анализировать различия в потреблении воды внутри одной страны [1].

Материалы и методы. В исследовании используются данные Реестра земельных ресурсов Республики Беларусь.

Результаты и обсуждение. Водные ресурсы — это ключевой элемент природно-ресурсного потенциала страны, который активно используется населением и различными секторами экономики. Вода является возобновляемым природным ресурсом, но ее использование должно строго контролироваться, поскольку ухудшение и сокращение водных ресурсов может не только нанести ущерб окружающей среде, снизить производительность и негативно сказаться на здоровье людей. [2].

Водные ресурсы играют ключевую роль в жизни общества и экономике. Классификация водных ресурсов помогает определить доступные запасы и их использование в разных отраслях. Водные ресурсы подразделяются на:

- поверхностные воды — реки, озера, водохранилища, болота — источники, доступные для использования;
- подземные воды — находятся в подземных слоях и могут быть источником питьевой воды;
- почвенные воды — совокупность всех типов вод почвенного слоя, которая определяет структуру, свойства и водный режим почв.

Вода является главным экологическим ресурсом и самым распространенным веществом на Земле, покрывающим 70 % суши. Несмотря на это, всего 2,5 % (35 млн. км³) являются пресной. Вода, пригодная для потребления человеком, находится в реках (около 1 млн. км³), озерах 230 (750 тыс. км³) и в виде облаков и пара в атмосфере (13 тыс. км³). Региональная доступность водных ресурсов в процентном соотношении от мирового показателя представлена в таблице 1 [3].

Таблица 1 — Региональная доступность водных ресурсов в процентном соотношении от мирового показателя

Показатель	Австралия и Океания	Африка	Азия	Европа	Северная и Центральная Америка	Южная Америка
Соотношение, %	5	0,84	0,6	0,61	1,9	4,3
Вода, %	5	11	36	8	15	26
Население, %	<1	13	60	13	8	6

Водные ресурсы Беларуси включают в себя пресную воду, находящуюся на поверхности земли и под землей, а также атмосферную влагу, содержащуюся в воздухе. Особое значение для Беларуси имеют поверхностные вод, разделяемые на воды, переносимые водотоками и запасы воды, находящиеся в замкнутых водоемах.

На диаграмме (рисунок 1), показано распределение земельных ресурсов в различных регионах, что позволяет наглядно оценить, как используются земельные площади Беларуси. В структуре земельных ресурсов Республики Беларусь по видам земель доля земель под поверхностными водными объектами составляет 2,2% [4].

Ресурсы поверхностных вод на территории Республики Беларусь формируются преимущественно за счет атмосферных осадков, притока с сопредельных территорий и подземных вод. Оценка поверхностных вод обычно проводится на основе величины стока рек, который определяет местные, общие и располагаемые водные ресурсы.

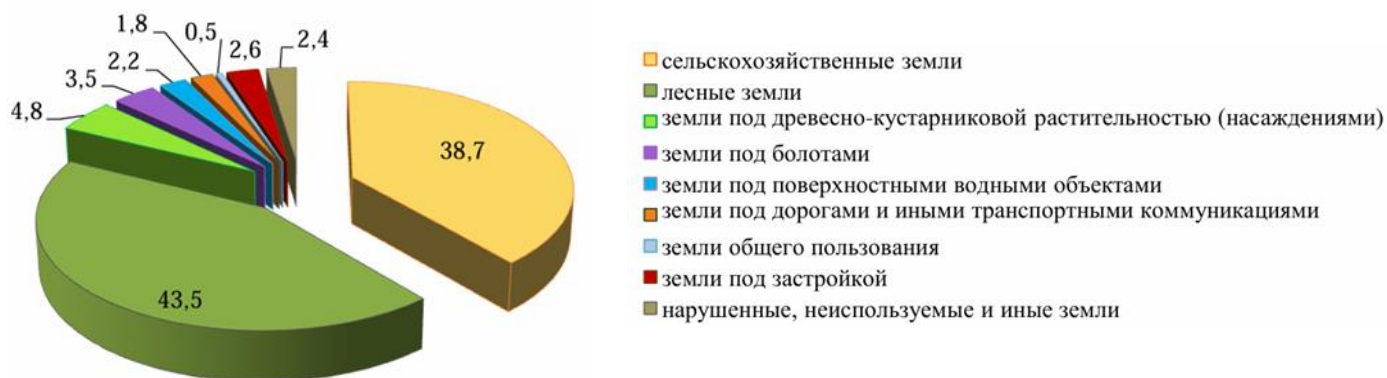


Рисунок 1 — Состав и структура земельных ресурсов Республики Беларусь по видам земель, %

В Республике Беларусь насчитывается 10 800 озер, которые занимают 25% от общего объема водных ресурсов страны. Общий объем единовременных ресурсов поверхностных вод (рек, озер, водохранилищ) составляет около 12,3 км³. Поверхностные водные объекты имеют важное значение в нескольких отраслях экономики таких, как сельское хозяйство; промышленность; транспорт; туризм и рекреация.

На построенной нами карте (рисунок 2) изображена доля земель, занятых под поверхностными водными объектами, что позволяет наглядно оценить распределение водных ресурсов на территории Республики Беларусь.

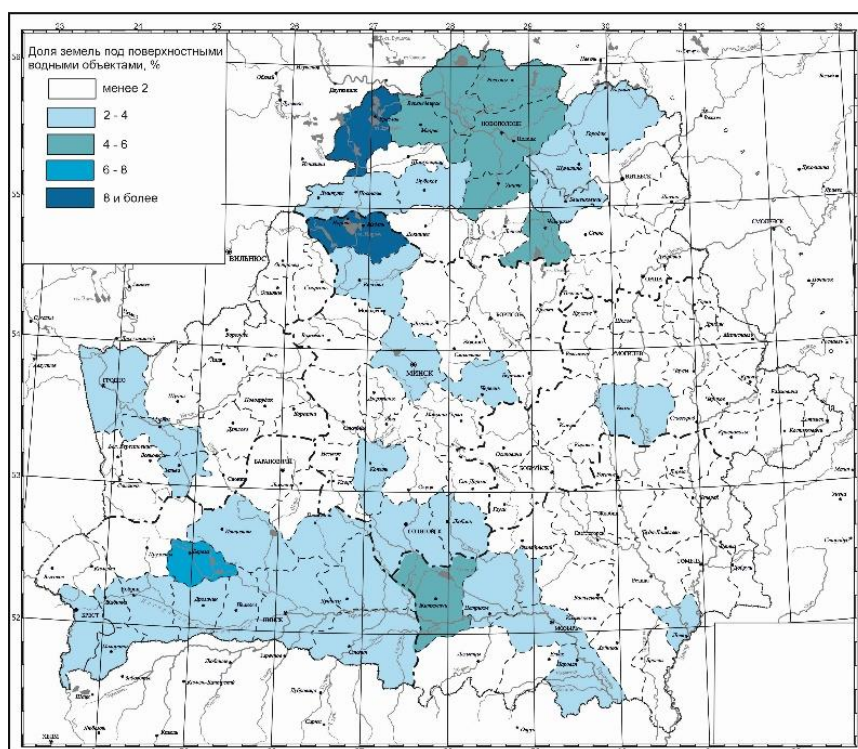


Рисунок 2 — Доля земель под поверхностными водными объектами, %

Наиболее обеспечена водными объектами территория, как показано на рисунке 2, расположенная в северной части Беларуси, где доля земель под

поверхностными водными объектами достигает 8 и более процентов. Южная часть Беларуси также характеризуется значительными запасами водных ресурсов. В то же время, восточная и западная части страны характеризуются более низкой обеспеченностью поверхностными водными ресурсами, что может сказаться на сельском хозяйстве и рекреационных возможностях.

Заключение: Изменение климата оказывает значительное влияние на распределение поверхностных водных ресурсов в Беларуси. В условиях увеличения температуры и изменения режима осадков в определенные сезоны года, исследуемая территория становится все более зависимой от искусственного орошения. При неравномерном распределении поверхностных водных объектов на территории страны водных ресурсов может быть недостаточно в соответствующих регионах.

Список цитированных источников

1. Шершнева О. В. Тенденции и приоритеты водопользования в Республике Беларусь // Природопользование. — 2021. — № 2. — С. 16–30;
2. Волчек, А. А. Использование водных ресурсов Беларуси и их дифференциация по основным водосборам / А. А. Волчек, Т. Е. Зубрицкая // Водное хозяйство России. — 2017. — № 5. — С. 16–33;
3. Бочарова Ю. В., Недекова Е. В. Анализ и состояние водных ресурсов/ Бочарова Ю. В., Недекова Е. В.// Молодежный вектор развития аграрной науки: материалы 70-й научной конференции. — Ч. VIII. — Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2019. — 413 с.;
4. Мониторинг земель// Главный информационно-аналитический центр Национальной системы мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь. — <https://www.nsmos.by/sites/default/files/2024-06/1-monitoring-zemel.pdf> (дата обращения: 05.03.2025).

УДК 66.081.6

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОНАНОФИЛЬТРАЦИИ В ОЧИСТКЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ РАСТВОРОВ МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ

Хорохорина И. В.¹, Шулагина Д. Ю.²

¹*Д.т.н., доцент кафедры «Природопользование и защита окружающей среды»,
ТГТУ, Тамбов, РФ, kotelnikovirina@yandex.ru*

²*Студент кафедры «Природопользование и защита окружающей среды»,
ТГТУ, Тамбов, РФ, dshulagina@yandex.ru*

Аннотация. Рассмотрено применение баромембранных и электробаромембранных методов в технологических схемах очистки промышленных сточных вод от ионов тяжелых металлов.

Ключевые слова: электронанофитрация, технологическая схема, тяжелые металлы.

APPLICATION OF ELECTRON NANO FILTRATION IN CLEANING INDUSTRIAL SOLUTIONS OF METALWORKING INDUSTRIES

Khorokhorina I. V., Shulagina D. Y.

Abstract. *The application of baromembrane and electric baromembrane methods in technological schemes for cleaning industrial wastewater from heavy metal ions is considered.*

Keywords: electronanofiltration, process flow chart, heavy metals.

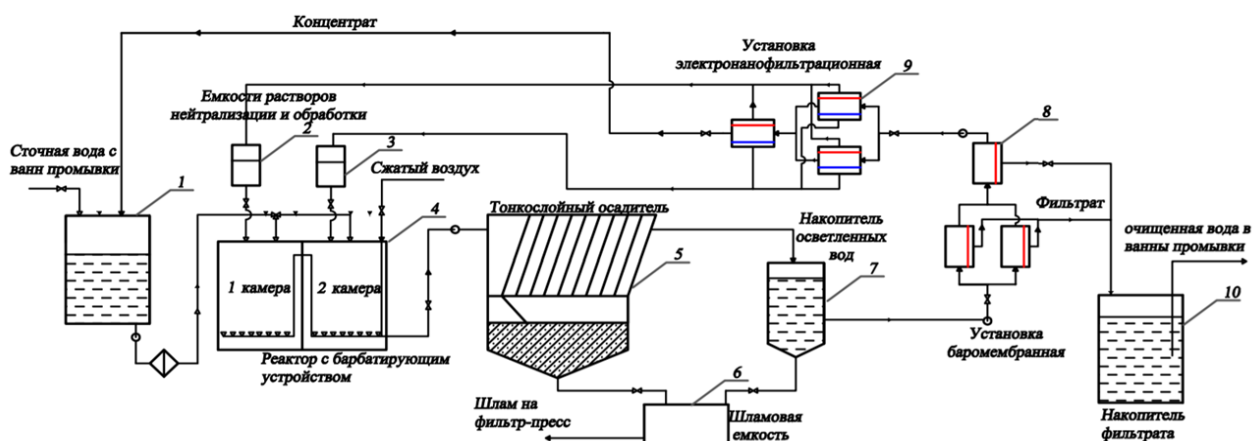
Введение. Для решения существующих проблем в очистке сточных вод от тяжелых металлов до низких концентраций ПДК создан ряд современных очистных сооружений, позволяющих вести промышленную очистку воды от взвешенных веществ, тяжелых металлов, нефтепродуктов, синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ) и других вредных веществ [1, 2].

В нашей стране уровень очистки сточных вод и, в частности, регенерации из них цветных металлов, составляет не более 10 %. Основными причинами неудовлетворительного состояния переработки и утилизации отходов гальванических цехов является отсутствие приемлемых технологических процессов и оборудования [3].

Необходимо отметить, что в настоящее время не сформулирована четкая концепция обезвреживания жидких отходов гальванических производств (растворы, сточные воды), нет сравнительной технико-экономической оценки современных методов, типовых технологических схем, базового оборудования. Поэтому важной задачей является разработка различных технологических схем обработки промывных вод с учетом конкретного их состава и требований к степени очистки и качеству воды. Для более быстрого и эффективного использования данных технологий необходимо также разработать новые конструкции аппаратов.

Материалы и методы. Предложенная технологическая схема предназначена для очистки общего стока гальванического производства от солей тяжелых металлов (хроматов, солей Zn, Ni, Cu и др.)

Очистка осуществляется осаждением ионов в виде гидроокисей и улавливания остаточных концентраций металлов на электронанофильтрационных мембранных модулях. Использование комплекса позволяет использовать до 85% очищенной воды для повторного использования на операциях промывки гальванических линий.



- 1 — накопитель сточных вод; 2, 3 — емкости растворов-нейтрализаторов;
 4 — реактор с барботирующим устройством; 5 — тонкослойный осадитель;
 6 — шламовая емкость; 7 — накопитель осветленных вод;
 8 — каскад баромембранных модулей; 9 — каскад электронанофильтрационных модулей;
 10 — накопитель фильтрата

Рисунок 1 — Технологическая схема очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов с оборотным водоснабжением

Результаты и обсуждение. Технологическая схема работает следующим образом (рис. 1). Исходные кислотно-щелочные сточные воды из цеха гальванического производства, содержащие катионы цинка и меди, поступают в накопитель сточной воды, а затем, через фильтр грубой очистки, который задерживает частицы размером 1 мкм и выше, разделяемый раствор поступает в реактор, состоящий из двух камер. В зависимости от pH разделяемого раствора, он подается в 1 или 2 камеру реактора. Из емкостей растворов нейтрализации и обработки в камеры реактора дозируются рабочие растворы реагентов. Перемешивание в реакторе 4 осуществляется за счет барботера. Далее высоконапорным насосом разделяемый раствор направляется на тонкослойный фильтр 5, где происходит отделение твердой фазы, образовавшейся в результате химической реакции нейтрализации в виде шлама, который выводится из технологической линии для заключительной переработки. Осветленные воды поступают в накопитель 7, а оттуда высоконапорным насосом подается на каскад баромембранных модулей 8, где происходит разделение раствора на обедненный растворенными веществами пермеат и концентрированный ретентат. Пермеат направляется в накопитель 10, а далее используется для технологических нужд. Ретентат насосом высокого давления подается на каскад электронанофильтрационных аппаратов, где происходит финишная очистка воды от остаточного содержания тяжелых металлов. При наложении разности электрических потенциалов на электробаромембранный каскад аппаратов 9 при действии градиента трансмембранного давления на мембране происходит интенсивное выделение растворителя через пористые перегородки при включенном источнике питания постоянного тока, причем прикатодный пермеат имеет щелочную среду, прианодный кислотную, поэтому их можно использовать в качестве нейтрализаторов при обработке разделяемых растворов.

Заключение. Очищенная вода соответствует как нормам ПДК по сбросу в городскую канализацию, так и требованиям при организации оборотного водоснабжения.

Список цитированных источников

1. Новиков, В. Ф. Проблема очистки сточных вод предприятия от ионов тяжелых металлов / В. Ф. Новиков, Э. В. Имелбаева // Энергетические системы. — 2017. — № 1. — С. 429–432.

2. Газетдинов, Р. Р. Очистка сточных вод от ионов тяжелых металлов / Р. Р. Газетдинов, А. Ю. Саптиева // Заметки ученого. — 2021. — № 7–2. — С. 52–55.

3. Возможности использования процесса электродеионизации в очистки сточных вод гальванических производств от ионов тяжелых металлов / О. С. Филимонова, И. В. Хорохорина, С. И. Лазарев, М. И. Михайлин // Актуальные вопросы электрохимии, экологии и защиты от коррозии : Материалы III Международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы электрохимии, экологии и защиты от коррозии», посвященной памяти профессора, заслуженного деятеля науки и техники РФ В. И. Вигдоровича, Тамбов, 18–20 октября 2023 года. — Тамбов: Издательство ИП Чеснокова А. В., 2023. — С. 422–427.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках проекта «Теоретические и экспериментальные исследования электрокинетических и структурных характеристик полимерных мембран посредством применения искусственных нейронных сетей в процессах электромембранной очистки промышленных растворов, содержащих ионы металлов» (FEMU-2024-0011).

УДК 681.7.052.2 : 332.368 : 351.777.6

СПОСОБЫ И УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОЧИСТКИ ГРУНТА ОТ НЕФТИ

***Ширяева Н. В.¹, Павлова В. С.², Аверченкова В. Д.³, Троицкий М. А.⁴,
Козачек А. В.⁵, Шишкина Г. В.⁶***

¹Студент, Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия, natasha.0.06@mail.ru

²Студент, Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия,

³Студент, Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия, vasia.belochka@yandex.ru

⁴Студент, Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия, troitskiimikhail@yandex.ru

⁵Заведующий кафедрой «Природопользование и защита окружающей среды», Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия, artem_kozachek@mail.ru

⁶Доцент кафедры «Мехатроника и технологические измерения», Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия, galina_tstu@mail.ru

Аннотация. В данной статье представлены результаты поиска существующих способов и устройств, позволяющих очищать загрязненный нефтью из-за тех или иных событий грунт или перерабатывать нефтепродукты, на основе обзора литературы в целях определения перспектив развития в данном направлении, дальнейшего исследования данной темы и возможного создания нового решения.

Ключевые слова: обзор, нефть, способ, очистка, переработка.

METHODS AND DEVICES FOR CLEANING SOIL FROM OIL

**Shiryaeva N. V., Pavlova V. S., Averchenkova V. D., Troitsky M. A.,
Kozachek A. V., Shishkina G. V.**

Abstract. This article presents the results of a search for existing methods and devices that can purify soil contaminated as a result of certain events or the processing of petroleum products, in order to review the literature for further research on this topic and the possible creation of a new solution.

Keywords: overview, oil, method, purification, processing.

Введение. В настоящее время проблема уборки нефтепродуктов становится все более и более актуальной. Огромный ущерб окружающей среде наносят предприятия переработки и добычи нефти, и аварии, где происходят разливы нефти или нефтепродуктов. Более опасными для окружающей среды среди всех нефтяных отходов являются нефтешламы. По мнению ученых, на территории России ежегодно образуется 500 тыс. тонн нефтешлама. Чтобы решить эту проблему, применяются различные методы обезвреживания: механический, вакуумный, физико-химический, термический, биологический, а также с помощью различных скиммеров таких как олеофильный, с пороговыми отверстиями, циклонного типа [1].

Материалы и методы. Исходя из рассмотрения нарративных источников будет выполнена подборка известных на данный момент способов и устройств по очистке загрязненного грунта и переработке нефтепродуктов. Второй стадией исследования станет описание найденных методов и изобретений, которое поможет в дальнейшем оценить, насколько перспективно развитие в области решения проблем нефтепромышленности.

Результаты и обсуждение. В результате работы было выделено несколько устройств и методов.

Так, в патенте [2] приведен способ переработки нефтешламов. Он осуществляется с помощью дополнительного введения воды и сульфата кальция, с последующим выделением нефти на установке, которая очищает от солей и обезвоживает нефтепродукт. Данное решение позволяет сделать технологическую линию переработки нефтешламов, которые возникают во время добычи и переработки нефти, более усовершенствованной и эффективной.

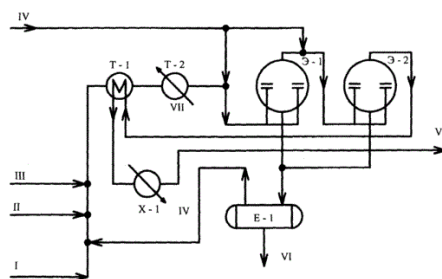


Рисунок 1 — Схема устройства переработки нефтяных шламов [2]

В другом патенте [3] приводится изобретение, посредством которого можно получить нефтепродукт, подходящий в качестве полноценного сырья для нефтеперерабатывающих заводов, за счет дополнительного введения воды и деэмульгатора — суспензии гипса. Впоследствии, на коалесцирующем сепараторе, наполненном гранитным щебнем, коллоидная водонефтяная эмульсия разделяется на воду, нефть, смесь воды и ила и механические примеси. После этого, нефтепродукт отстаивается и на установке обезвоживания удаляется лишняя вода.

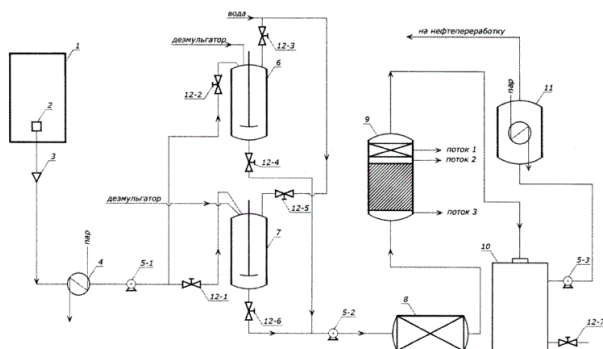


Рисунок 2 — Схема изобретения переработки нефтяных шламов [3]

Также существует устройство, предназначенное для утилизации нефтешлама [4]. Благодаря этому увеличиваются функциональные возможности при использовании на месторождениях нефти с высокой вязкостью. Кроме этого, за счет активного прогрева и дополнительного тонкого измельчения паронефтяной смеси, данное изобретение позволяет уменьшить затраты на перекачку нефтешлама и нефтепродуктов высокой вязкости.

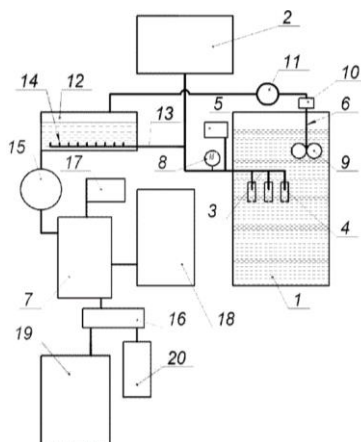


Рисунок 3 — Схема изобретения, предназначенное для утилизации нефтешлама [4]

Далее представлена линия для очистки загрязненных нефтью грунтов. Данный комплекс содержит в себе бункер. От него с помощью конвейера винтового типа перекачивается нефть с плавающей массой в резервуар. Оттуда, через систему подачи, масса попадает на вибросито. Такая конструкция позволяет высококачественно очистить грунт не только от твердых нефтешламов, но и от растительных остатков и горных пород [5].

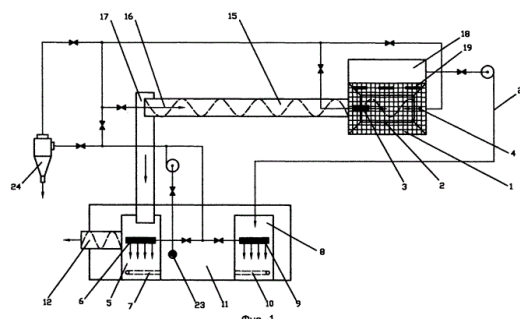


Рисунок 4 — Схема линии для очистки грунтов от нефти [5]

Следующее устройство предназначено для очистки и дальнейшего восстановления почвы, а также сбора нефтепродуктов, разлитого на нем. Данный процесс проводится путем промывки грунта горячей водой и отстоя в специальной установке. Используется в гидротехнических сооружениях, где произошел аварийный разлив нефтепродуктов и нужно очистить и провести рекультивацию загрязненного песчаного грунта [6].

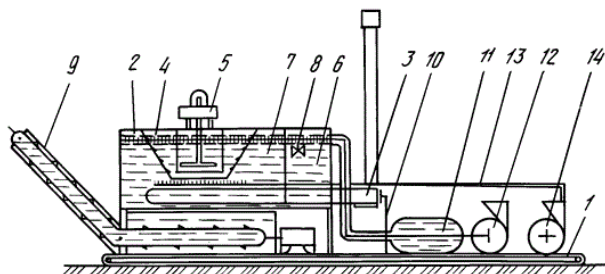


Рисунок 5 — Схема устройства для очистки грунта [6]

Другое изобретение [7], также может быть использовано для восстановления загрязненных нефтью и нефтепродуктами грунтов и почвы. Кроме этого, оно способствует повышению качества очистки и упрощает процесс эксплуатации, снижая потери технологической жидкости и увеличивая мобильности оборудования в целом.

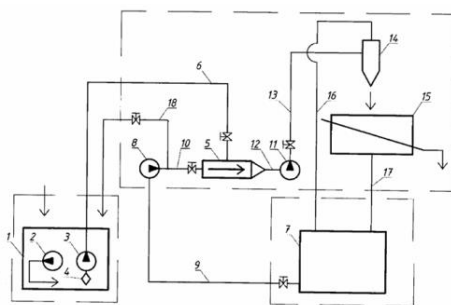


Рисунок 6 — Схема изобретения для восстановления грунта [7]

Также в патенте [8] представлена установка для обезвреживания нефтезагрязненных почв, грунтов и нефтешламов. Она позволяет реализовать процесс очистки загрязненного нефтью грунта химическим методом и параллельно с этим подогрев последующей порции за счет тепловой энергии, исходящей от установки химического обезвреживания нефтешлама.

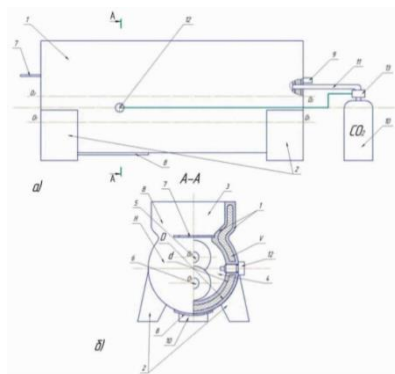


Рисунок 7 — Схема установки для обезвреживания нефтезагрязненных почв, грунтов и нефтешламов [8]

Установка для переработки углеродосодержащих отходов позволяет утилизировать резину, древесные отходы и нефтешлам с получением конденсируемых пиролизных газов и углеродного остатка с помощью термической переработки углеродсодержащих отходов путем парового пиролиза [9].

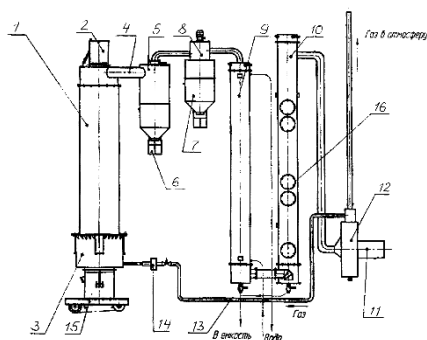


Рисунок 8 — Схема установки для переработки углеродосодержащих отходов [9]

Далее представлено устройство, используемое для нейтрализации шлама от мазута. Он содержит в себе емкость для накопления с пологими стенками, которая углублена в грунт. Также она содержит в себе дозатор с откидывающейся стенкой. Сама емкость послойно заполнена сухими древесными опилками. Далее мазутный шлам впитывается в опилки, и после заполнения емкости поверхность накрывается слоем грунта. Данная полезная модель повышает эффективность и простоту устройства [10].

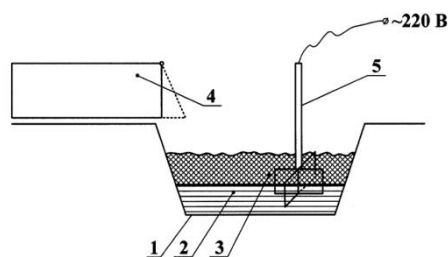


Рисунок 9 — Схема устройства для нейтрализации мазутного шлама [10]

Также с аналогичной конструкцией имеется устройство для очистки грунта, загрязненного мазутом. Отличие лишь в том, что оно содержит в себе электронагревательный элемент, предназначенный для нагрева загрязненной смеси и дальнейшей перекачки оттуда нефтешлама [11].

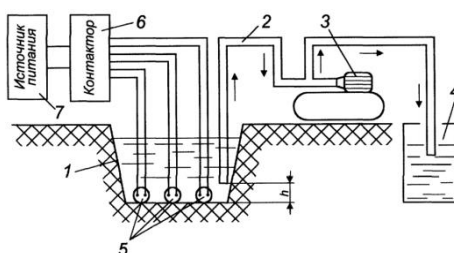


Рисунок 10 — Схема устройства для очистки грунта от мазута [11]

Отсюда мы можем сделать вывод, что большинство решений являются экономически затратными и маломобильными.

Заключение. В ходе исследования было проанализировано двадцать семь патентов. Из них в статье выделено десять наиболее практически ориентированных методов и изобретений. Данные решения не обладают достаточной мобильностью и экономичностью. Следовательно перспективы в этом направлении сохраняются до сих пор, особенно в свете активно развивающихся нефтедобывающих и нефтеперерабатывающих предприятий.

Список цитированных источников

1. Гомзякова, Г. В. Решение проблемы переработки нефтешламов на Комсомольском НПЗ / Г. В. Гомзякова, Л. Н. Александрова // Материалы 62-й студенческой научно-практической конференции инженерно-строительного института ТОГУ : Доклады студентов, магистров и аспирантов исследовательских работ, Хабаровск, 01–30 апреля 2022 года. — Хабаровск: Тихоокеанский государственный университет, 2022. — С. 181–184.
2. Пат. № 2739189 Рос. Федерация, МПК В01D 3/14, С02F 11/18, С10G 33/04. Способ переработки нефтешлама / Афанасьев С. В., Волков Д. А., Мельникова Д. А.; заявитель и патентообладатель Афанасьев Сергей Васильевич. — №2020108135; заявл. 2020.02.25; опубл. 2020.12.21, Бюл. № 36. — 12 с.
3. Пат. № 2739031 Рос. Федерация, МПК В01D 17/02, В01D 17/04, С10G 33/04. Способ переработки нефтешлама / Афанасьев С. В., Волков Д. А., Мельникова Д. А.; заявитель и патентообладатель Афанасьев Сергей Васильевич. — № 2020108138; заявл. 2020.02.25; опубл. 2020.12.21. Бюл. № 36. — 10 с.

4. Пат. № 2710174 С1 Российская Федерация, МПК С02F 11/00, С02F 1/40, С02F 101/32. Способ утилизации нефтешлама : № 2019105867 : заявл. 01.03.2019 : опубл. 24.12.2019 / А. Р. Садриев ; заявитель Публичное акционерное общество «Татнефть» имени В.Д. Шашина. — № 2019105867; заявл. 2019.03.01; опубл. 2019.12.24, Бюл. № 36. — 10 с.

5. Пат. № 2244686 Рос. Федерация, МПК С02F 1/40, С02F 103/34. Линия для очистки нефтезагрязненных почв, грунтов не нефтешламов / Курченко А. Б.; заявитель и патентообладатель Специализированное профессиональное аварийно-спасательное формирование МЧС России Общество с ограниченной ответственностью «ПРИРОДА». — №2003119697/15; заявл. 2003.06.30; опубл. 2005.01.20, Бюл. № 2. — 10 с.

6. Пат. № 2027825 Рос. Федерация, МПК E02B 15/04, A01C 21/00. Способ очистки загрязненного грунта от нефтепродуктов и устройство для его осуществления / Горюнов Д. А., Хасанов Т. А., Линцов С. Г., Бердимуратов А. С., Бижанов С. А., Соколов А. И.; заявитель и патентообладатель Горюнов Дмитрий Александрович. — № 4952344/15; заявл. 1991.05.27; опубл. 1995.01.27, — 7 с.

7. Пат. № 2593386 Рос. Федерация, МПК B09C 1/00. Устройство для очистки грунтов и почвы от нефти и нефтепродуктов / Агеев А. В., Воронкова С. В., Рожков В. О.; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «НПО «Декантер». — № 2015130537/13; заявл. 2015.07.24; опубл. 2016.08.10, Бюл. № 22. — 11 с.

8. Пат. на полезную модель № 201858 Рос. Федерация, МПК B09C 1/00, B09C 1/08. Устройство для обезвреживания нефтезагрязненных почв, грунтов и нефтешламов / Меркулов В. В., Холкин Е. Г., Штриплинг Л. О.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Омский государственный технический университет» (ОмГТУ). — № 2020123245; заявл. 2020.07.14; опубл. 2021.01.15, Бюл. № 2. — 7 с.

9. Пат. на полезную модель № 133123 U1 Российская Федерация, МПК C08J 11/04, F23G 5/027, F23G 7/05. Установка для переработки углеродосодержащих отходов : № 2013119071/05 : заявл. 09.04.2013 : опубл. 10.10.2013 / К. П. Хлус, И. А. Кидралеев ; заявитель Общество с ограниченной ответственностью «Эко Групп». — 9 с.

10. Пат. на полезную модель № 56354 U1 Рос. Федерация, МПК B65F 5/00, B65D 90/24. устройство для нейтрализации мазутного шлама : №2006103407/22 : заявл. 06.02.2006 : опубл. 10.09.2006 / М. Л. Марков, Е. П. Кравченко, В. Г. Сеньков [и др.]. — 12 с.

11. Пат. на полезную модель № 13652 U1 Российская Федерация, МПК B65F 5/00. Устройство для очистки грунта от мазута : № 2000100578/20 : заявл. 10.01.2000 : опубл. 10.05.2000 / Г. Н. Гарбузов, Е. П. Кравченко, С. А. Ловкис [и др.] ; заявитель Государственное унитарное предприятие Центральный научно-исследовательский институт «Гранит», Общество с ограниченной ответственностью «ФИРН». — 8 с.

СЕКЦИЯ 3

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОЕКТИРОВАНИИ, ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОМ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

ПРИМЕНЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРИНЦИПОВ В ПРОЕКТИРОВАНИИ И МОДЕРНИЗАЦИИ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Козик И. Д.¹

¹Ассистент кафедры ИИТ, БрГТУ, Брест, Беларусь, zmyhpyh@yandex.ru

Аннотация. В статье рассмотрена возможность использования технологии синтетических мышц в современных системах водоснабжения, приводятся примеры такого использования.

Ключевые слова: биомиметика, синтетические мышцы, водоснабжение, капиллярный эффект, умные материалы.

APPLICATION OF BIOLOGICAL PRINCIPLES IN THE DESIGN AND MODERNIZATION OF WATER SUPPLY SYSTEMS

Kozik I. D.

Abstract. The article considers the possibility of using synthetic muscle technology in modern water supply systems, and provides examples of such use.

Keywords: biomimetics, synthetic muscles, water supply, capillary effect, smart materials.

Введение. Современные системы водоснабжения сталкиваются с множеством вызовов, включая растущий спрос на воду, необходимость снижения энергопотребления, минимизацию экологического воздействия и повышение устойчивости к изменению климата. В поисках решений инженеры и ученые все чаще обращаются к природе, которая за миллионы лет эволюции разработала эффективные механизмы для транспортировки, фильтрации и управления жидкостями. Биомиметика, наука о заимствовании идей у природы, предлагает новые подходы к проектированию систем водоснабжения [1].

Материалы и методы. Растения являются уникальными природными системами, которые эффективно решают задачу транспортировки воды на большие расстояния, часто без использования внешних источников энергии. Их механизмы могут стать источником вдохновения для разработки инновационных решений в системах водоснабжения. Основным механизмом транспортировки воды в растениях является ксилема — специализированная ткань, которая действует как система «водопроводных труб». Вода поднимается от корней к листьям благодаря комбинации нескольких физических явлений, в частности, капиллярному эффекту. Этот эффект особенно важен в тонких капиллярах, где соотношение площади поверхности к объему жидкости максимально [2].

Использование капиллярных систем для транспортировки воды в зданиях или на промышленных объектах может снизить потребность в насосах, особенно в условиях, где доступ к электроэнергии ограничен либо вообще отсутствует. Уже сегодня существуют примеры использования биомиметических принципов в системах водоснабжения. Например, в сельском хозяйстве используются системы, которые имитируют капиллярный эффект для равномерного распределения воды в почве [3].

Однако, использование биологических систем в системах водоснабжения представляется малореальным ввиду их непрактичности. Этот недостаток могут нивелировать синтетические мышцы — инновационные материалы, которые имитируют свойства биологических мышц, такие как сокращение, расслабление и адаптация к внешним условиям. Их применение в системах водоснабжения и водоотведения открывает новые возможности для создания «умных» и энергоэффективных систем управления [4].

Синтетические мышцы создаются из материалов, которые могут изменять свою форму или объем в ответ на внешние стимулы, такие как:

- Электроактивные полимеры (EAP) сокращаются или расширяются под действием электрического тока.
- Термореактивные материалы изменяют свою форму при нагревании или охлаждении.
- Химически активные материалы реагируют на изменение кислотности или присутствие определенных химических соединений.

Преимущества синтетических мышц:

- Возможность точного контроля движений позволяет создавать системы с высокой степенью автоматизации.
- Синтетические мышцы потребляют меньше энергии по сравнению с традиционными электродвигателями.
- При использовании соответствующих материалов синтетические мышцы могут работать в агрессивных средах, таких как сточные воды [5].

Одной из ключевых задач в системах водоснабжения является поддержание стабильного давления. Синтетические мышцы могут быть использованы для создания адаптивных клапанов, которые автоматически регулируют поток воды в зависимости от текущих условий. Также синтетические мышцы могут быть использованы для создания насосов, которые работают более эффективно и тихо по сравнению с традиционными электродвигателями.

Уже сегодня существуют примеры использования синтетических мышц в системах водоснабжения:

- Электроактивные полимеры в клапанах: такие клапаны используются в системах микрофлюидики и могут быть адаптированы для использования в водоснабжении.
- Перистальтические насосы с синтетическими мышцами: применяются в медицинских устройствах, но могут быть масштабированы для использования в промышленных системах [6].

Дальнейшие исследования в области синтетических мышц могут привести к созданию новых материалов с улучшенными свойствами, таких как:

- Биоразлагаемые синтетические мышцы для снижения экологического воздействия.
- Материалы с памятью формы для создания систем, которые могут «запоминать» и воспроизводить определенные движения.
- Интеграция с IoT: создание «умных» систем, которые могут обмениваться данными и адаптироваться к изменяющимся условиям в реальном времени [7].

Результаты и обсуждение. Изучение механизмов транспортировки воды в растениях открывает новые возможности для создания более эффективных, энергосберегающих и устойчивых систем водоснабжения. Синтетические мышцы, которые могут заменить природные мышцы и ткани, представляют собой перспективную технологию для создания адаптивных систем управления в водоснабжении и водоотведении. Их применение может значительно повысить эффективность, точность и устойчивость систем, снизив при этом энергопотребление и эксплуатационные затраты.

Заключение. Дальнейшие исследования и внедрение этих технологий могут стать важным шагом на пути к созданию «умных» и экологически устойчивых систем водоснабжения.

Список цитированных источников

1. Vincent, J. F. V., et al. Biomimetics: its practice and theory [Текст] / J. F. V. Vincent, et al. // Journal of the Royal Society Interface. — 2006. — Vol. 3, № 9. — P. 471–482.
2. Noblin, X., et al. The role of xylem in water transport in plants [Текст] / X. Noblin, et al. // Nature. — 2008. — Vol. 455, № 7210. — P. 209–212.
3. Bhushan, B. Biomimetics: lessons from nature — an overview [Текст] / B. Bhushan // Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences. — 2009. — Vol. 367, № 1893. — P. 1445–1486.
4. Bar-Cohen, Y. Electroactive polymer (EAP) actuators as artificial muscles: reality, potential, and challenges [Текст] / Y. Bar-Cohen. — Bellingham : SPIE Press, 2004. — 438 p.
5. Mirfakhrai, T., et al. Polymer artificial muscles [Текст] / T. Mirfakhrai, et al. // Materials Today. — 2007. — Vol. 10, № 4. — P. 30–38.
6. Madden, J. D., et al. Artificial muscle technology: physical principles and naval prospects [Текст] / J. D. Madden, et al. // IEEE Journal of Oceanic Engineering. — 2004. — Vol. 29, № 3. — P. 706–728.
7. Kim, K. J., Tadokoro, S. Electroactive polymers for robotic applications [Текст] / K. J. Kim, S. Tadokoro. — Berlin : Springer, 2007. — 333 p.

ТЕХНОЛОГИИ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

*Макаревич П. А.¹, Манн А. С.¹, Ткачук И. В.²,
Акулова О. А.³, Кривицкий П. В.⁴*

¹ Студенты строительного факультета, БрГТУ, Брест, Беларусь, P0036309@g.bstu.by

² Магистрант кафедры строительных конструкций, БрГТУ, Брест, Беларусь,
vany_tkachuk@mail.ru

³ Доцент кафедры технологии бетона и строительных материалов, БрГТУ, Брест,
Беларусь, akulovaolya@yandex.by

⁴ Заведующий отраслевой лабораторией «Научно-исследовательский центр инноваций
в строительстве», БрГТУ, Брест, Беларусь, krivitskiyp@mail.ru

Аннотация. Технологии информационного моделирования являются перспективным направлением развития строительной отрасли Республики Беларусь. Они позволяют эффективно управлять жизненным циклом здания, неотъемлемой частью которого являются инженерные сети. Авторами разработана цифровая информационная модель многоквартирного жилого дома, где на примере системы внутреннего водоснабжения рассмотрены основные этапы и особенности, а также преимущества создания цифровой информационной модели инженерных сетей здания.

Ключевые слова: цифровая информационная модель, инженерные сети, системы водоснабжения, водоотведения и канализации, системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, жизненный цикл здания, ассоциативная проектная документация, автоматическая спецификация.

INFORMATION MODELING TECHNOLOGIES ENGINEERING SYSTEMS

Makarevich P. A., Mann A. S., Tkachuk I. V., Akulova O. A., Krivitsky P. V.

Abstract. Information modeling technologies are a promising area for the development of the construction industry in the Republic of Belarus. They allow you to effectively manage the life cycle of a building, of which engineering networks are an integral part. The authors have developed a digital information model of an apartment building, where, using the example of an internal water supply system, the main stages and features, as well as the advantages of building a digital information model of building engineering networks, are considered.

Keywords: digital information model, engineering networks, water supply, sanitation and sewerage systems, heating, ventilation and air conditioning systems, building life cycle, associative design documentation, automatic specification.

Введение. Технологии информационного моделирования зданий и сооружений — это широкое понятие, описывающее процесс создания и управления цифровой структурированной информацией о каком-либо строительном объекте на протяжении всего его жизненного цикла на основе цифровой информационной модели (ЦИМ).

Жизненный цикл здания включает ряд этапов: инвестиционный, проектирование, строительство, эксплуатация, капитальный ремонт, реконструкция и ликвидация.

При этом, каждому этапу будет соответствовать своя ЦИМ. Например, в процессе строительства могут быть внесены существенные изменения в проектные решения, в результате чего ЦИМ этапа проектирования уже не будет в полной мере соответствовать реально построенному объекту.

Сводная ЦИМ содержит отдельные ЦИМ по различным дисциплинам в соответствии с составом проектной документации (как правило, архитектурную, конструкторскую и инженерные сети). Она позволяет с помощью специализированного программного обеспечения получить общую информацию по всему проекту, а также выполнить поиск всех коллизий.

Описанная выше технология является перспективным направлением развития строительной отрасли Республики Беларусь, а практический опыт ее реализации обладает научной ценностью и актуальностью.

Материалы и методы. В работе применялись следующие методы исследования: сбор, систематизация и анализ нормативной и научной литературы по теме исследования; цифровое информационное моделирование зданий и сооружений.

Результаты и обсуждение. Неотъемлемой частью ЦИМ являются инженерные системы, включающие системы водоснабжения, водоотведения и канализации, системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, электрические сети, пожарная сигнализация и др.

В рамках научно-исследовательской работы авторами была выполнена информационная модель существующего многоквартирного жилого дома (рис. 1, а), где на примере системы внутреннего водоснабжения (рис. 1, б) были рассмотрены основные этапы и особенности моделирования инженерных систем.

Моделирование включало следующие этапы: поквартирная расстановка санитарно-технического оборудования на типовом этаже и его копирование по уровням; создание для каждой квартиры типового этажа водопроводного стояка; расстановка водоразборной арматуры; поквартирная разводка труб и прокладка водопроводной сети; размещение необходимого оборудования и арматуры.

При этом при моделировании важно использовать и создавать семейства с правильным набором параметров и свойств, четко определяющим назначение элемента в системе для правильного его учета.

Полученная модель инженерной системы может быть использована для ассоциативного создания планов этажей здания с инженерными системами и аксонометрических схем инженерных систем здания.

Другим важным преимуществом является возможность создания автоматических спецификаций оборудования, материалов и изделий. Они автоматически обновляются после добавления или удаления элементов системы.

Для некоторых элементов спецификации, например, суммарной длины трубопроводов определенного диаметра, дополнительно могут применяться методы визуального программирования.

Также ЦИМ позволяет подготовить исходные данные для последующих инженерных расчетов в специализированных программных комплексах.

Таким образом, в отношении инженерных сетей применение технологии информационного моделирования позволяет получить ряд преимуществ, среди которых можно отметить следующие [1, 2]:

- эффективная координация проекта, обеспечивающая совместную работу специалистов различных разделов;
- возможность оформления полного комплекта проектной документации, имеющей ассоциативную связь с ЦИМ;
- точность расчета расхода материалов посредством создания автоматических спецификаций;
- выполнение инженерных расчетов на основе ЦИМ;
- отслеживание возможных ошибок и коллизий;
- простота внесения изменений в проект;
- значительное упрощение монтажа системы;
- эффективное управление инженерными системами на протяжении всего жизненного цикла здания.

а)



б)

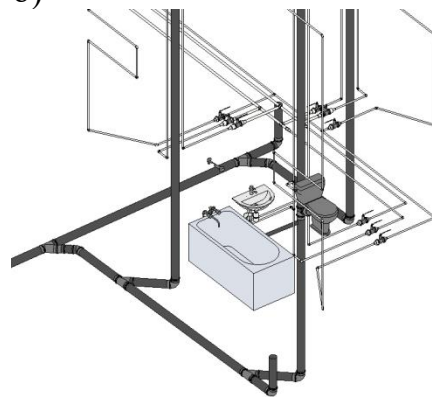


Рисунок 1 — Информационная модель жилого многоквартирного здания:
а) общий вид здания; б) фрагмент системы внутреннего водоснабжения

Заключение. В рамках научно-исследовательской работы были получены следующие результаты:

1. Выполнена информационная модель существующего многоквартирного жилого дома с проработкой архитектурно-конструктивных решений.
2. Рассмотрены основные этапы и особенности создания цифровой информационной модели инженерных сетей здания.
3. Рассмотрены основные возможности и преимущества использования технологии информационного моделирования инженерных систем.

Список цитированных источников

1. Рашев, В. С. Анализ внедрения технологии информационного моделирования в Российских строительных компаниях по проектированию и строительству инженерных систем / В. С. Рашев, Н. С. Астафьева, Л. С. Рогожкин, В. Ю. Григорьев // Вестник Евразийской науки. — 2020. — №3. — Том 12 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://esj.today/PDF/49SAVN320.pdf>. — Дата доступа: 01.03.2025.
2. Рыльцева, Ю. А. Информационное моделирование систем водоснабжения и водоотведения / Ю. А. Рыльцева // Строительство: наука и образование. — 2024. — № 14(3). — С. 100–118. — <https://doi.org/10.22227/2305-5502.2024.3.100-118>.

СЕКЦИЯ 4

ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ В СИСТЕМЕ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА: ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ РЕАЛИЗАЦИИ МЕТЕОПРОГНОСТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ И ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЭКОНОМИИ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ

Каперейко Ю. В.¹

¹Ассистент кафедры ТГВ, Брестский государственный технический университет,
Брест, Беларусь, yulya.kapereyko@mail.ru

Аннотация. В данной статье представлен анализ исследований, проводимых в Республике Беларусь и за рубежом по реализации метеопрогностического регулирования системами отопления в различных зданиях и их теоретическом и практическом экономическом эффектах.

Ключевые слова: прогнозное регулирование, системы отопления, экономия энергоресурсов.

ANALYSIS OF THE POSSIBILITIES OF IMPLEMENTING PREDICTIVE REGULATION OF THE HEATING SYSTEM AND THE THEORETICAL ECONOMY OF ENERGY RESOURCES

Kapereyko Y. V.

Abstract. This article presents an analysis of research conducted in the Republic of Belarus and abroad on the implementation of predictive regulation of heating systems in various buildings and their theoretical and practical economic effects.

Keywords: predictive regulation, heating systems, energy savings.

Введение. Системы теплоснабжения являются неотъемлемой частью зданий и сооружений в условиях холодного климата. Регулирование этих систем в целях поддержания комфортных условий внутри помещений и экономии энергоресурсов стало основной составляющей при их проектировании и строительстве.

Современные системы отопления оснащены системой погодозависимой автоматики, что в свою очередь позволяет изменять расход теплоносителя в зависимости от теряемого зданием тепла вследствие изменения температуры наружного воздуха. Однако существует множество метеорологических факторов, которые не учитываются при таком регулировании. Самыми весомыми из них являются скорость ветра, солнечная инсоляция, осадки. Существуют так же локальные факторы, к которым можно отнести гистерезис элементов системы отопления, инерционность здания, изменчивый характер процессов, протекаемых внутри помещений (бытовые тепловыделения, открытие/закрытие фрамуг).

Все эти факторы влияют на теплопотери и «заторможенность реакции» системы отопления.

Таким образом, учет перечисленных факторов может помочь в реализации целей энергосбережения и поддержания более комфортных условий внутри помещений.

Целью исследования является определить целесообразность строительства системы отопления с метеопрогностическим регулированием и экономический эффект при эксплуатации такой системы.

Материалы и методы. Методологическая основа исследования состояла из комплексного анализа и системного подхода в рамках изучения современных методов адаптивного регулирования систем водяного отопления.

Результаты и обсуждение. В статьях [1–3] проводилось теоретическое исследование системы водяного отопления с погодозависимой автоматикой и системы водяного отопления с метеопрогностическим регулированием. Стоимостной сравнительный анализ оборудования для системы водяного отопления с метеопрогностическим регулированием и с погодозависимым управлением показал, что установка усовершенствованной системы дороже погодозависимой автоматики на 11,7%.

В зарубежных изданиях [4] проводились натурные исследования по эксплуатации прогнозного регулирования. В данном исследовании представлены данные долгосрочной полевой оценки инновационной системы прогнозного управления системами отопления (forHEAT), которая может быть интегрирована с существующими установками в миллионах существующих зданий в Европе и по всему миру. Потребление энергии на отопление было оценено в семи жилых зданиях и трех общественных офисных зданиях до и после установки и использования системы прогнозного контроля. Полученная энергетическая оценка экономии составила в среднем 13,4% в жилых и 10,7% в общественных зданиях, расположенных в континентальном европейском климате с очень холодными зимами. Срок окупаемости в среднем составил 0,6 отопительного сезона и в большинстве случаев не превышает одного отопительного сезона.

В статье [5] представлена реализация системы прогнозирующего управления тепловым насосом с аккумулятированием тепла в реальном доме на одну семью с фотоэлектрической системой на крыше. Система прогнозирующего управления использует новую облачную камеру для краткосрочного прогнозирования солнечной энергии и систему внутрисуточного прогнозирования это включает в себя дополнительные источники данных. Кроме того, методы машинного обучения были использованы для моделирования динамики системы отопления и прогнозирования нагрузок с использованием обширных измеренных данных.

В целом было отмечено, что упрощенная модель прогнозируемого управления работает рационально, что подтверждает интеграцию упрощенных моделей зданий в рамках крупномасштабного моделирования энергетических систем. Было выявлено, что адаптивное регулирование по метеорологическому прогнозу может быть использовано в качестве энергоэффективных мероприятий на небольших объектах эксплуатации.

В статье [6] описывается уже внедренная технология управления системой отопления по прогностической концепции. Опыт использования функции предиктивного управления отоплением в странах Евросоюза показывает возможность экономии тепловой энергии до 13%, причем, не только без ухудшения температурного комфорта в помещениях, но и с улучшением комфорта. Помимо тепловой энергии снижается потребление электроэнергии за счет значительного сокращения времени работы насосов отопления. Именно путем модернизации технологий зданий можно достичь существенного энергосбережения, и в этом смысле предиктивное управление является надежным инструментом модернизации технологий отопления.

По сравнению с обычной системой отопления, регулируемой по погодным условиям, которая компенсирует только преобладающие в реальном времени условия, новый процесс управления подготавливает здание и моделирует условия работы системы отопления для достижения улучшенных условий внутри помещения, а так же оптимизация использования энергии и снижения эксплуатационных затрат.

Заключение. Таким образом, концепция метеопрогностического регулирования имеет перспективы дальнейшей реализации в условиях динамично развивающихся мероприятий по энергосбережению, что в свою очередь повлечет более обширные исследования на реальных объектах эксплуатации.

1. Возможность экономии тепловой энергии до 13%.
2. инновационная система прогнозного управления системами отопления (forHEAT) может быть интегрирована с существующими установками в существующих зданиях в Европе и по всему миру.
3. Помимо тепловой энергии снижается потребление электроэнергии за счет значительного сокращения времени работы насосов отопления.

Список цитированных источников

1. Каперейко Ю.В. Стоимостной анализ оборудования для системы водяного отопления с метеопрогностическим регулированием / Ю. В. Каперейко // Вестник Вологодского государственного университета. — 2024. — № 3 (25). — С. 16–18.
2. Каперейко Ю.В. Энергосбережение в системах отопления с помощью искусственного интеллекта Ю. В. Каперейко // III Республиканский форум молодых ученых учреждений высшего образования : сб. материалов форума, Брест, 21–24 мая 2024 г. / Брест. гос. техн. ун-т, Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина ; редкол.: Н. Н. Шалобыта (гл. ред.), П. Е. Резкин, П. Н. Пекутько [и др.]. — Брест, 2024. — С. 32–33.
3. Каперейко Ю.В. Использование эффективных температур для учета влияния ветра на тепловые потери зданий / Ю. В. Каперейко ; науч. рук. В. Г. Новосельцев // Актуальные проблемы строительства, ЖКХ и техносферной безопасности : материалы XI Всероссийской (с междунар. участием) науч.-техн. конф. молодых исслед., Волгоград, 22–27 апр. 2024 г. / Волгоград. гос. техн. ун-т, Ин-т архитектуры и строительства ; под общ. ред. Н. Ю. Ермиловой, Е. А. Калюжиной. — Волгоград : ВолГТУ, 2024. — С. 47–48.

4. Журнал «Энергия и здания» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778823004048> — Дата доступа: 01.03.2025 г.

5. Журнал открытого доступа MDPI [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/374561946_Predictive_Control_of_a_Real_Residential_Heating_System_with_Short-Term_Solar_Power_Forecast — Дата доступа: 01.03.2025 г. — DOI:10.3390/en16196980

6. Официальный сайт ООО «Siemens» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:ce9eebd6-ad34-473d-925d-b93b3acc4c80/version:1558630003/predictive-management-of-heating-article-ru.pdf> — Дата доступа: 01.03.2025 г.

УДК 628.4

ТЕХНИЧЕСКИЙ АУДИТ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ КАК ОСНОВА ЭФФЕКТИВНОЙ ЦИФРОВИЗАЦИИ ВОДОПРОВОДНО-КАНАЛИЗАЦИОННЫХ ХОЗЯЙСТВ

Коваленко В. Н.¹

¹Аспирант, БрГТУ, Гомель, Республика Беларусь, kovalbyu@gmail.com

Аннотация. В статье рассматривается роль технического аудита в процессе цифровизации предприятий водопроводно-канализационного хозяйства. Обоснована необходимость всестороннего анализа производственных бизнес-процессов перед внедрением цифровых решений. Приводится структурированный подход к проведению технического аудита и его ключевые этапы. Обсуждаются возможности интеграции цифровых технологий, таких как геоинформационные системы, SCADA и т. д.

Ключевые слова: цифровизация, водопроводно-канализационное хозяйство, геоинформационные технологии, цифровые двойники, SCADA.

TECHNICAL AUDIT OF PRODUCTION BUSINESS PROCESSES AS A BASIS FOR EFFECTIVE DIGITALIZATION OF WATER SUPPLY AND SEWERAGE UTILITIES

Kovalenko V. N.

Abstract. This article examines the role of technical audit in the digitalization process of water supply and sewerage utilities. The necessity of a comprehensive analysis of production business processes before implementing digital solutions is

substantiated. A structured approach to conducting a technical audit and its key stages is presented. The possibilities of integrating digital technologies such as GIS, SCADA and are discussed.

Keywords: digitalization, water supply and sewerage utilities, geoinformation technologies, digital twins, SCADA.

Введение. В настоящее время цифровая трансформация предприятий водопроводно-канализационного хозяйства (далее — ВКХ) является стратегически важной задачей, направленной на повышение эффективности эксплуатации инженерной инфраструктуры, снижение аварийности и оптимизацию затрат предприятий. Однако внедрение цифровых технологий требует глубокого понимания протекающих производственных бизнес-процессов и технического состояния систем. В этой связи особую значимость приобретает технический аудит, который позволяет выявить проблемные зоны, определить приоритетные направления цифровизации и сформировать дорожную карту внедрения современных технологий.

Материалы и методы. Технический аудит предприятий ВКХ является инструментом диагностики, обеспечивающим:

- анализ текущего состояния производственных бизнес-процессов;
- оценку взаимодействия структурных подразделений предприятия;
- выявление неэффективных или устаревших элементов управления и мониторинга;
- формирование требований к цифровым решениям.

Подход к техническому аудиту включает несколько ключевых этапов:

1. Подготовительный этап (определение целей аудита; формирование рабочей группы; подготовка анкет и опросных листов);
2. Камеральное обследование (сбор и анализ проектной, эксплуатационной и технической документации; анализ применяемых информационных технологий, в том числе применяемых SCADA-систем, ГИС, 1С, SAP и т.п.);
3. Аудит производственных бизнес-процессов (выявление существующих бизнес-процессов; оценка взаимодействия подразделений; анализ узких мест и формирование предложений по их оптимизации и усовершенствованию);
4. Формирование концепции цифрового двойника (определение требований к цифровому двойнику; интеграция данных из применяемых информационных систем; разработка архитектуры данных и уровней доступа);
5. Разработка дорожной карты цифровизации (определение направлений цифровизации и формирование дорожной карты; расчет необходимых ресурсов и бюджетирование);
6. Оценка возможности и потенциала для интеграции с другими цифровыми предприятиями города (теплосетями, горгазом, электросетями, МЧС и др.).

Результаты и обсуждение. Цифровые двойники инженерных сетей ВКХ позволяет не только моделировать работу системы, но и проводить прогнозный анализ отказов, оптимизировать давления и снижать производственные затраты.

Интеграция цифрового двойника с системами SCADA и телеметрии обеспечивает оперативное реагирование на изменения параметров работы сети и позволяет перейти к предиктивному обслуживанию.

Без предварительного технического аудита цифровизация может привести к избыточным или неэффективным затратам, а также к внедрению технологий, не учитывающих реальную специфику предприятия.

Заключение. Технический аудит производственных бизнес-процессов предприятий ВКХ является обязательным и ключевым этапом при внедрении цифровых решений, позволяющим выстроить эффективную поэтапную стратегию цифровизации производства. Комплексный анализ бизнес-процессов, технической документации и существующих цифровых решений предоставляет возможность определить оптимальный путь внедрения цифровых технологий, минимизировать затраты и повысить эффективность эксплуатации инженерных систем. Интеграция с другими ресурсоснабжающими предприятиями и профильными службами способствует созданию единой городской информационной системы, которая обеспечит дальнейшее развитие концепции «умного города», повысит качество жизни и улучшит управляемость городской инфраструктуры.

Благодарности. Автор выражает благодарность ООО «ПроГИС» (Республика Беларусь, г. Минск) и ТОО «АстанаЭлектроСтройСервис» (Республика Казахстан, г. Астана) за предоставление возможности проведения технических аудитов ресурсоснабжающих организаций, а также за поддержку в анализе и разработке решений по цифровизации.

УДК 696.1, 696.4

ПРОБЛЕМЫ СИСТЕМ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ СУЩЕСТВУЮЩИХ ЗДАНИЙ

Новосельцев В. Г.¹, Новосельцева Д. В.², Лукиша В. В.³, Каперейко Ю. В.⁴

¹*Заведующий кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции, Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь, vgnovoseltsev@yandex.ru*

²*Доцент кафедры природообустройства, Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь, dvnovoseltseva@yandex.ru*

³*Доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции, Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь, vvluksha@gmail.com*

⁴*Ассистент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции, Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь, yulya.kapereyko@mail.ru*

Аннотация. Схемы систем горячего водоснабжения зданий бывают типовые и циркуляционные. Наличие в системе циркуляции гарантирует пользователю достаточно быстрое получение воды соответствующей температуры из водоразборной точки.

Для оценки технического состояния системы горячего водоснабжения жилого дома авторами выполнено обследование системы горячего водоснабжения 10-этажного жилого дома 2019 года постройки, расположенного в г. Бресте (Республика Беларусь).

Анализ данных обследования показал, что давления, передаваемого в систему горячего водоснабжения, достаточно для нормального функционирования системы. Недостаточный расход воды в некоторых частях системы горячего водоснабжения обусловлен в первую очередь повышенными сопротивлениями.

Исследования показали недостаточный расход воды в ряде квартир, что является следствием повышенного гидравлического сопротивления на стояке. Для выравнивания потерь давления необходима установка регулирующей арматуры (балансировочных клапанов) у основания стояков, расчет и установка на них необходимых настроек.

Ключевые слова: система горячего водоснабжения, циркуляция, балансировка, давление.

PROBLEMS OF HOT WATER SUPPLY SYSTEMS EXISTING BUILDINGS

***Uladzimir Navaseltsau, Dzina Navaseltsava,
Uladzimir Luksha, Julia Kapereyko***

*Brest State Technical University, Faculty of Engineering systems and Ecology,
Maskouskaya str. 267, 224017, Brest, Republic of Belarus*

Abstract. *The schemes of hot water supply systems in buildings can be dead-end and circulating. The presence of a circulation system guarantees the user a sufficiently fast receipt of water of the appropriate temperature from the collection point. To assess the technical condition of the hot water supply system of an apartment building, the authors conducted a survey of the hot water supply system of a 10-storey residential building built in 2019, located in Brest (Republic of Belarus). Analysis of the survey data showed that the pressure transferred to the hot water supply system is sufficient for the normal functioning of the system. Insufficient water consumption in some parts of the hot water supply system is primarily due to increased resistances.*

Studies have shown insufficient water consumption in a number of apartments, which is a consequence of increased hydraulic resistance on the riser. To equalize pressure losses, it is necessary to install control valves (balancing valves) at the base of the risers, calculate and install the necessary settings on them.

Keywords: hot water supply system, circulation, balancing, pressure.

Введение. Схемы систем горячего водоснабжения зданий бывают тупиковые и циркуляционные. Наличие в системе циркуляции гарантирует пользователю достаточно быстрое получение воды соответствующей температуры из

водоразборной точки. В соответствии с [1] температура горячей воды в местах водоразбора должна быть не ниже 50 °С и не выше 75 °С.

Существуют системы горячего водоснабжения с верхней и нижней разводкой магистральных теплопроводов. Более удобна в эксплуатации, и поэтому практически всегда применяется, система с нижней разводкой. В системе с нижней разводкой полотенцесушители могут располагаться как на водоразборном, так и на циркуляционном стояке. Эта схема характеризуется большей материалоемкостью. В целях ее снижения в секционных жилых и общественных зданиях высотой свыше четырех этажей и зданиях большой протяженности (жилые здания более пяти секций, общественные и другие здания протяженностью более 150 м) допускается присоединение к циркуляционному стояку кольцующими перемычками нескольких (от 3 до 7) водоразборных стояков [1].

Системы горячего водоснабжения характеризуются значительной протяженностью и разветвленностью, что неизбежно приводит к повышенным тепловым потерям и к неустойчивому гидравлическому режиму.

Режимы водоразбора внутренней сети горячего водоснабжения непостоянны во времени, циркуляция, циркуляция-водоразбор, водоразбор, могут изменяться по неделям, месяцам и времени года и не совпадать по времени с другими внутренними системами. Тепловые потери практически постоянны в течение суток, расход горячей воды изменяется от минимального циркуляционного расхода до расхода максимального водоразбора.

Накоплен опыт, как в проектировании, так и в эксплуатации систем горячего водоснабжения жилых зданий, но, тем не менее, многие проблемы пока не решены, одна из которых и рассматривается в данной статье.

Исследование системы горячего водоснабжения. Для оценки технического состояния системы горячего водоснабжения жилого дома авторами выполнено обследование системы горячего водоснабжения 10-этажного жилого дома 2019 года постройки, расположенного в г. Бресте (Республика Беларусь).

Обследуемое здание состоит из 4 секций: по две секции на каждую очередь строительства (всего 2 очереди — первая подъезды 1 и 2, вторая — подъезды 3 и 4) с отдельными системами водоснабжения и индивидуальными тепловыми пунктами. В результате исследования системы горячего водоснабжения и индивидуального теплового пункта установлено следующее.

1. Система горячего водоснабжения запроектирована циркуляционная по-секционно закольцованная (5 водоразборных стояков и 1 циркуляционный на подъезды 1 и 2, аналогично и на подъезды 3 и 4). Трубопроводы магистралей — стальные, стояков и подводок к санитарным приборам — полипропиленовые. Все магистрали и стояки системы горячего водоснабжения теплоизолированы.

2. Результаты визуального обследования:

Подъезды 1 и 2 (общее количество квартир — 100):

Количество обследованных квартир — 46;

Количество квартир, в которых доступ отсутствовал — 54 (из них количество квартир, отказавших в доступе — 1);

Количество квартир из обследованных, в которых были дополнительно установлены водоразборные устройства в систему горячего водоснабжения — 9 (17%);

Количество квартир из обследованных, в которых были внесены изменения в систему горячего водоснабжения, а именно замена полотенцесушителей — 24 (52%); в том числе без установки байпаса — 4 (17%).

Подъезды 3 и 4 (общее количество квартир — 100):

Количество обследованных квартир — 32;

Количество квартир, в которых доступ отсутствовал — 68 (из них количество квартир, отказавших в доступе — 6);

Количество квартир из обследованных, в которых были дополнительно установлены водоразборные устройства в систему горячего водоснабжения — 0;

Количество квартир из обследованных, в которых были внесены изменения в систему горячего водоснабжения, а именно замена полотенцесушителей — 18 (56%); в том числе без установки байпаса — 4 (22%).

В соответствии с требованиями приложения А нормативного документа [1], действовавшего на момент проектирования системы водоснабжения рассматриваемого здания, секундный расход воды мойками и умывальниками должен составлять 0,09 л/с.

Визуальное обследование и выборочный замер расходов воды, поступающих через водоразборные устройства объемным методом, показал недостаточный расход воды в квартирах верхних этажей, в основном, присоединенных к крайним стоякам Ст ТЗ-1, в моменты повышенного водоразбора в системе горячего водоснабжения в вечернее время.

Наиболее низкие расходы обнаружены в системе горячего водоснабжения квартиры 200 (10 этаж, стояк Ст ТЗ-1), составлявшими в моменты вечернего интенсивного водоразбора (по времени в среднем с 20.30 до 22.30) 0,045 л/с, что вдвое меньше нормативного значения. Вместе с этим, в квартире на 7 этаже, подключенной к стояку Ст ТЗ-1, в это же время расход составил 0,084 л/с. Доступ в квартиры 8 и 9 этажей отсутствовал.

Расходы в квартирах на нижних этажах, в особенности на стояках, близких к тепловому пункту составляли в среднем 0,1–0,2 л/с (измерялись выборочно).

3. Исследование диаметров трубопроводов системы горячего водоснабжения показали следующее: диаметры трубопроводов подающих магистралей (рисунок 1 и 2) и стояков (диаметр 40 мм, материал полипропилен), а также циркуляционного стояка (диаметр 32 мм, материал полипропилен) соответствуют проекту, диаметр циркуляционной магистрали увеличен на 1 типоразмер. У основания водоразборных стояков в качестве запорной арматуры установлены шаровые краны, что соответствует проекту.

4. Для анализа давления (напора), передаваемого в систему горячего водоснабжения здания, и расхода выполнено исследование работы оборудования индивидуального теплового пункта. Исследования проводились многократно в течение срока действия договора в дневное и вечернее время при различной интенсивности действия водоразборных устройств в здании.

Давление, передаваемое из городского водопровода на входе в тепловые пункты 1 и 2 подъездов, а также 3 и 4 подъездов составляло 0,47–0,48 мПа (определено по показаниям манометров).

В системе горячего водоснабжения обоих тепловых пунктов в качестве основных рабочих установлены циркуляционные насосы марки GRUNDFOS MAGNA 1 32-100 180 (работают оба на 3-й скорости).

Давление, передаваемое в систему горячего водоснабжения здания 1 и 2 подъездов — 0,47–0,48 мПа, а также 3 и 4 подъездов составляло 0,42 мПа (определено по показаниям манометров).

В среднем общий расход (на водоразбор и циркуляционный), поступающий в систему горячего водоснабжения здания при интенсивном водоразборе составил за время многократных наблюдений: 3,89 т/ч (система 1 и 2 подъездов), 3,85 т/ч (система 3 и 4 подъездов), с кратковременным увеличением до 5,4 т/ч (определены по показаниям счетчика теплоты).

Температура горячей воды на выходе из теплообменника в обоих тепловых пунктах в среднем в диапазоне — 54–55,8°C, в циркуляционном трубопроводе перед теплообменником — 50–51,3°C.

5. Для анализа давления, передаваемого в систему горячего водоснабжения квартир в режиме только водоразбора (отключена циркуляция), а также в водоразборные устройства квартир наиболее удаленных стояков без влияния остальных стояков, выполнены специальные исследования путем перекрытия шаровыми кранами соответствующих частей системы 3 и 4 подъездов. Исследования проводились дважды в разные дни в вечернее время при высокой интенсивности действия водоразборных устройств в здании. Режим водоразбора создавался отключением циркуляционного насоса и закрытием всех стояков на чердаке здания для исключения эффекта опрокидывания в водоразборных стояках. В этом режиме на 10 этаже стояка Ст ТЗ-1 расход воды в водоразборных устройствах составлял в среднем 0,06–0,07 л/с при общем расходе водоразбора в системе 1,2–1,5 т/ч. Для исследования работы стояка Ст ТЗ-1 были закрыты все остальные водоразборные стояки на чердаке и в подвале, кроме циркуляционного и включался циркуляционный насос. В этом режиме на 10 этаже стояка Ст ТЗ-1 расход воды в водоразборных устройствах составлял в среднем 0,074 л/с при общем расходе водоразбора в системе 0,27 т/ч (0,075 л/с), то есть в момент снятия показаний кроме рассматриваемого другие водоразборные устройства практически не работали.

Анализ результатов исследований. 1. Для анализа правильности проектных решений по определению расходов воды в системе горячего водоснабжения выполнены расчеты максимальных расходов воды, а также циркуляционного расхода. Методика расчета расходов приведена в [2].

Произведя расчет, получаем расчетный циркуляционный расход 1,8 т/ч. Общий расчетный расход составляет 7,35 т/ч. Проектный расход составляет 7,4 т/ч. Таким образом, проектные значения расходов воды на водоразбор и циркуляцию соответствуют требованиям норматива [2].

2. Анализ данных обследования и расчетных расходов показывает, что диаметры трубопроводов магистралей и стояков достаточны для пропуска проектных расходов с оптимальными гидравлическими сопротивлениями. Определим давление, необходимое для нормальной работы системы горячего водоснабжения в соответствии с [2], п 8.5.10.

Давление H_p , МПа, развиваемое повысительной установкой, следует определять по формуле

$$H_p = H_{geom} + \sum H_{L,tot} + H_f - H_g, \quad (1)$$

где H_{geom} — давление, необходимое для подачи воды от оси трубопровода наружной водопроводной сети до оси наиболее высоко расположенного водоразборного устройства, мПа (в рассматриваемом случае 27,3 м или 0,273 мПа);

$H_{L,tot}$ — сумма потерь давления в трубопроводах системы водоснабжения, мПа (определено расчетным путем 9–11 м или 0,09–0,11 мПа);

H_f — свободное давление, мПа (0,02 мПа для смесителей моек и умывальников, 0,03 мПа для смесителей ванн);

H_g — наименьшее гарантированное давление в наружной водопроводной сети, мПа.

Давление, необходимое для нормальной работы системы горячего водоснабжения составляет 0,413 мПа. Давление, передаваемое из городского водопровода на входе в тепловые пункты, по результатам обследования составляло 0,47–0,48 мПа. Таким образом, давления, передаваемого в систему горячего водоснабжения, достаточно для нормального функционирования системы.

3. Недостаточный расход воды в некоторых частях системы горячего водоснабжения обусловлен в первую очередь повышенными сопротивлениями.

Так в тепловом пункте 3 и 4 подъездов разница давления передаваемого из городского водопровода и передаваемого в систему горячего водоснабжения составляла 0,05–0,06 мПа. Эта разница является гидравлическими потерями между точками съема показаний, а именно в фильтре, первичном преобразователе расхода и теплообменниках 1 и 2 ступени (потерями в трубах и обратном клапане можно пренебречь за счет их незначительности). Потери в фильтре можно не учитывать, так как во время обследования установлено, что сетка фильтра демонтирована. При фактических расходах расчетные потери в теплообменнике марки БУГ Х 12.114 составляют 0,7 кПа (определены по данным производителя для пространства плаща теплообменника). При фактических расходах расчетные потери в первичном преобразователе расхода электромагнитного типа счетчика теплоты ТЭМ-104 составляют менее 0,1 кПа (определены по данным производителя). Суммарные расчетные гидравлические потери составляют менее 0,001 мПа, что значительно отличается от фактических значений. Необходим поиск и устранение повышенных сопротивлений в этом узле, в первую очередь промывка теплообменников 1 и 2 ступени.

4. Отключение всех стояков, кроме стояка Ст ТЗ-1, показало недостаточный расход воды в квартире 10 этажа, что является следствием повышенного гидравлического сопротивления на стояке. Доступ в квартиры 8 и 9 этажей отсутствовал, а в квартире на 7 этаже после замены полотенцесушителя установлен

байпас на 2 диаметра меньше типоразмера стояка. В квартирах 1–6 этажей уменьшение сечения стояка не выявлено.

Таким образом, необходимо обследование подключения систем горячего водоснабжения квартир 8 и 9 этажей, а также увеличение диаметра байпаса до диаметра стояка в квартире на 7 этаже. Аналогичные мероприятия должны быть осуществлены для систем горячего водоснабжения всех квартир здания.

После устранения повышенных сопротивлений необходимо повторное исследование расхода и давления при обеспечении водоразбора только через данный стояк и оценка его гидравлического сопротивления.

Необходимо отметить, что повышенные сопротивления в трубопроводных системах из полипропиленовых труб могут быть следствием неверного монтажа хотя бы одного фитинга (заплавлено сечение трубы), что может привести к неудовлетворительной работе водоразборной части системы, находящейся выше данного фитинга или недостаточном циркуляционном расходе всего кольца через данный стояк.

5. Недостаточный расход воды в некоторых частях системы горячего водоснабжения также может быть обусловлен неравномерным распределением расходов воды по стоякам.

Следует отметить, что в п. 9.3.5 нормативного документа [2], действовавшего на момент проектирования, указано, что «потери давления в подающих и циркуляционных трубопроводах от водонагревателя до наиболее удаленных водоразборных или циркуляционных стояков каждой ветви системы не должны отличаться для разных ветвей более чем на 10 %». Учитывая, что все диаметры стояков приняты 40мм, а у основания их установлены шаровые краны, являющиеся только запорной арматурой, потери давления в дальних стояках ветвей являются большими, чем у ближних, за счет большей протяженности магистральных трубопроводов, соответственно, больших гидравлических сопротивлений. Для выравнивания потерь давления необходима установка регулирующей арматуры (балансировочных клапанов) у основания стояков, расчет и установка на них необходимых настроек.

6. Расходы в квартирах на нижних этажах, в особенности на стояках, ближних к тепловому пункту составляли в среднем 0,1–0,2л/с, что несколько больше, чем нормативные значения. Это обусловлено повышенным давлением перед этими водоразборными устройствами. Снижение давления в этих устройствах до нормативных значений позволит увеличить давление и, соответственно, расход на водоразборных устройствах с недостающим расходом. В данном случае необходима установка редукторов давления на вводах в систему горячего водоснабжения квартир.

Заключение

1. Проектные значения расходов воды на водоразбор и циркуляцию соответствуют требованиям норматива [2].

2. Анализ данных обследования и расчетных расходов показывает, что диаметры трубопроводов магистралей и стояков достаточны для пропуска проектных расходов с оптимальными гидравлическими сопротивлениями. Давления,

передаваемого в систему горячего водоснабжения, достаточно для нормального функционирования системы.

3. Недостаточный расход воды в некоторых частях системы горячего водоснабжения обусловлен в первую очередь повышенными сопротивлениями.

4. Исследования показали недостаточный расход воды в ряде квартир, что является следствием повышенного гидравлического сопротивления на стояке.

5. Недостаточный расход воды в некоторых частях системы горячего водоснабжения также может быть обусловлен неравномерным распределением расходов воды по стоякам. Для выравнивания потерь давления необходима установка регулирующей арматуры (балансировочных клапанов) у основания стояков, расчет и установка на них необходимых настроек.

Список цитированных источников

1. Системы внутреннего водоснабжения и канализации зданий. Строительные нормы = Сістэмы унутранага водазабеспячэння і каналізацыі будынкаў. Будаўнічыя нормы: СН 4.01.03-2019. — Введ. 01.07.2014. — Минск : Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2014. — 47 с.

2. Системы внутреннего водоснабжения зданий. Строительные нормы проектирования = Сістэмы унутранага водазабеспячэння будынкаў. Будаўнічыя нормы праектавання : ТКП 45-4.01-52-2007* (02250). — Введ. 29.11.2019. — Минск : Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2020. — 38 с.

УДК 614.841.345

ПЕРЕЧЕНЬ МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ

Усов А. А.¹, Ташкинов А. В.²

¹Доцент кафедры «Природопользование и защита окружающей среды»,
ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, РФ, ipk.usov@yandex.ru

²Ассистент кафедры «Природопользование и защита окружающей среды»,
ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, РФ, tashkinov.tstu@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрен, определен и конкретизирован перечень мероприятий для обеспечения пожарной безопасности организации. Выполнение всех мероприятий данного перечня, способствует уменьшению числа возгораний.

Ключевые слова: пожарная безопасность; обеспечение; организация; перечень мероприятий.

LIST OF MEASURES TO ENSURE FIRE SAFETY OF THE ORGANIZATION

Usov A. A., Tashkinov A. V.

Abstract. *The article considers, defines and specifies the list of measures to ensure the fire safety of the organization. Implementation of all measures of this list helps to reduce the number of fires.*

Keywords: fire safety; security; organization; list of measures.

Введение. С ростом урбанизации пожары стали постоянной частью человеческой жизни. Все чаще пожары наносят колоссальный материальный ущерб и в ряде случаев сопровождаются гибелью людей. Анализ причин пожаров, показывает, что сохраняется тенденция большого числа возгораний по вине человека, а именно за счет нарушения правил устройства и эксплуатации электрооборудования и бытовых электроприборов, неосторожного обращения с огнем, нарушения правил пожарной безопасности при проведении электрогазосварочных работ, неисправности производственного оборудования, нарушения технологического процесса производств. Все причины возгораний свидетельствуют о преобладании доли человеческого фактора. Совокупность сил и средств, а также мер правового, организационного, экономического, социального и научно-технического характера образуют систему обеспечения пожарной безопасности (СОПБ). Основными элементами системы обеспечения пожарной безопасности являются органы государственной власти, органы местного самоуправления, организации и граждане, принимающие участие в обеспечении пожарной безопасности в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Основная часть. Обеспечение пожарной безопасности в организациях является неотъемлемой частью государственной политики в области обеспечения безопасности, которая в свою очередь, является частью внутренней и внешней политики РФ и представляет собой совокупность скоординированных и объединенных единым замыслом, политических, организационных, социально-экономических, правовых, информационных, специальных и иных мер.

В соответствии с вышеизложенным, для приведения объекта организации в противопожарное состояние необходимо осуществлять, разработанный нами, следующий перечень мероприятий:

разработать декларацию пожарной безопасности; разработать инструкции о мерах пожарной безопасности; пройти обучение мерам пожарной безопасности; вести журналы (инструктажей по пожарной безопасности (вводный, на рабочем месте), учета огнетушителей); назначить лицо (лиц), ответственное за пожарную безопасность объекта (филиалов, участков); подготовить знаки безопасности, таблички с номером телефона для вызова пожарной охраны.

Подготовить и поместить на видное место поэтажные (секционные) планы эвакуации людей при пожаре; выполнять на объекте требования, предусмотренные статьей 6 Федерального закона «Об ограничении курения табака»;

провести категорирование производственных и складских помещений по взрывопожарной и пожарной опасности, а также определить класс их зон; провести обработку деревянных, металлических конструкций и тканевых материалов огнезащитным составом.

Проверку качества огнезащитной обработки (пропитки) необходимо проводить не реже 2 раз в год (с составлением акта) (если другие сроки не установлены изготовителем); провести не реже 1 раза в 5 лет эксплуатационные испытания наружных пожарных лестниц и ограждений на крышах с составлением соответствующего акта испытаний; содержать запоры на дверях эвакуационных выходов с возможностью открывания их изнутри без ключа; обеспечить исправность сетей наружного и внутреннего противопожарного водопровода и организовать проведение проверок их работоспособности не реже 2 раз в год (весной и осенью) с составлением соответствующих актов; укомплектовать пожарные краны внутреннего противопожарного водопровода пожарными рукавами, ручными пожарными стволами и вентилями, организовать перекачку пожарных рукавов (не реже 1 раза в год). Обеспечить исправное состояние систем и средств противопожарной защиты объекта (автоматических (автономных) установок пожаротушения, автоматических установок пожарной сигнализации, установок систем противодымной защиты, системы оповещения людей о пожаре, средств пожарной сигнализации, противопожарных дверей, противопожарных и дымовых клапанов, защитных устройств в противопожарных преградах) и организует не реже 1 раза в квартал проведение проверки работоспособности указанных систем и средств противопожарной защиты объекта с оформлением соответствующего акта проверки; разработать проект автоматических установок пожаротушения и сигнализации, систем оповещения людей о пожаре и др. систем, при их необходимости; смонтировать автоматические установки пожаротушения и сигнализации, системы оповещения людей о пожаре и др. системы; заключить договор на обслуживание установок пожаротушения и сигнализации, систем оповещения людей о пожаре и других систем противопожарной защиты; обеспечить объект огнетушителями по нормам согласно приложениям № 1 и 2 Правил противопожарного режима в Российской Федерации.

Необходимо иметь сертификаты на строительные материалы, которыми отделаны пути эвакуации; иметь протокол замера сопротивления изоляции и контура заземления; в эл. щитовых, вентиляционных камерах кладовых двери должны быть в противопожарном исполнении и иметь сертификат. Также необходимо постоянно вести журнал эксплуатации систем противопожарной защиты в бумажном или электронном виде. В журнал своевременно вносится информация о работах по очистке вентиляционных камер, циклонов. Фильтров и воздухопроводов от горючих отходов и отложений не реже 1 раза в год; по итогам проверки водоотдачи не реже 2 раз в год (весной и осенью); по обслуживанию и ремонту внутреннего противопожарного водопровода, укомплектованности пожарных кранов исправным оборудованием и перекачке пожарных рукавов не реже 1 раза в год.

Заключение. Предложенный нами перечень мероприятий полностью соответствует Федеральным нормативно-правовым актам, способствует повышению уровня обеспечения пожарной безопасности в организациях, а также, способствует развитию новых современных способов борьбы с возгораниями, пожарами и их предотвращением.

Список цитированных источников

1. Федеральный закон о пожарной безопасности №69 от 21.12.1994 г.
2. «Правила противопожарного режима в Российской Федерации» утвержденные Постановлением Правительства РФ от 16.09.2020 года № 1479.
3. Приказ МЧС России от 18.11.2021 №806 «Об определении порядка, видов, сроков обучения лиц, осуществляющих трудовую и служебную деятельность в организациях, по программам противопожарного инструктажа, требований к содержанию указанных программ и категорий лиц, проходящих обучение по дополнительным профессиональным программам в области пожарной безопасности».

УДК 644.6

ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМАМИ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

***Шпигун А.В.¹, Хвещук М.Я.²
Научный руководитель: Левчук Н.В.³***

¹Студентка факультета инженерных систем и экологии, БрГТУ, Брест,
Республика Беларусь, shpigunalesya@mail.ru

²Студентка факультета инженерных систем и экологии, БрГТУ, Брест,
Республика Беларусь, Mari.xveshuk@bk.ru

³Заведующий кафедрой ИЭиХ, доцент, БрГТУ, Брест,
Республика Беларусь, natalevchuck@gmail.com

Аннотация. В статье рассматриваются аспекты централизованного водоснабжения в сельских населенных пунктах, таких как агрогородки и деревни, с акцентом на проблемы качества питьевой воды и методы ее очистки. Основное внимание уделяется различиям между централизованными и автономными системами водоснабжения, а также технологиям, применяемым для удаления железа из подземных вод.

Ключевые слова: Централизованное водоснабжение, сельские населенные пункты, водоподготовка, подземные воды, очистка воды, железо, механические фильтры.

PROVISION OF CENTRALIZED WATER SUPPLY SYSTEMS FOR AGRICULTURAL SETTLEMENTS

Khveshchuk M. Ya., Shpigun A. V.

Abstract. *The article examines the aspects of centralized water supply in rural settlements, such as agro-towns and villages, with an emphasis on the problems of drinking water quality and methods of its purification. The main focus is on the differences between centralized and autonomous water supply systems, as well as the technologies used to remove iron from groundwater.*

Keywords: Centralized water supply, rural settlements, water treatment, groundwater, water purification, iron, mechanical filter.

Введение. Высокий уровень жизни в сельских населенных пунктах сельской местности, таких как агрогородки, деревни, поселки, может быть достигнут высокой степенью коммунального благоустройства и инженерно-технического оснащения жилых и общественных зданий.

Система водоснабжения небольших населенных пунктов имеет существенные отличия от централизованной сети водоподготовки, используемой в городах, поскольку источником воды в сельской местности являются, как правило, одна или несколько артезианских скважин.

В этом случае, основной проблемой использования подземных вод для централизованного водоснабжения сельского населения являются недостаточный уровень обеспеченности качественной питьевой водой, соответствующей нормативным показателям.

Основная часть. Централизованная система водоподготовки сельского населенного пункта имеет несколько важных преимуществ перед автономной скважиной: наружная сеть водоснабжения закольцована и позволяет устанавливать пожарные гидранты в соответствии с требованиями нормативной документации. Кроме того, в результате распределения воды от станции водоподготовки для бытовых и хозяйственных нужд по системе трубопроводов экономится место для частного подворья, благоустройства территории жилых и общественных зданий, снижаются затраты на установку дорогостоящего крупногабаритного оборудования.

При этом необходимо осуществлять точный расчет производительности системы водоснабжения, с учетом устройств и оборудования очистки подземных вод, а также исключения возникновения аварийных ситуаций.

Проектирование системы водоподготовки и выбор оборудования зависят, прежде всего, от степени загрязненности исходной воды и задач, которые стоят перед станцией очистки [1].

При проектировании и подборе установок водоподготовки прежде всего необходимо учитывать системы и устройства по обезжелезиванию воды. Повышенное содержание ионов железа характерно для грунтовых и артезианских вод Беларуси. Основной причиной содержания ионов двухвалентного и трехвалентного железа является миграция воды через природные породы, содержащие железо, а также попадание в водоносный горизонт промышленных, сельскохозяйственных и других стоков с большим содержанием железа [1].

Как правило, для удаления железа из воды используются установки, работающие на основе разных физических принципов. В подобных установках происходит окисление металла и переход его из растворенной двухвалентной в твердую трехвалентную форму. Далее выпавший в виде частиц или твердых включений металл отфильтровывается с помощью сорбентов или других видов фильтров.

Удалить из воды растворенное железо в больших концентрациях можно путем его окисления химическими реагентами. При добавлении в воду окислителей они вступают в реакцию с металлом и образуют другие соединения в виде твердых включений. Затем они легко отфильтровываются механическим способом.

Мембранный способ очистки предполагает использование особых фильтров с очень маленькими размерами ячеек. Они сопоставимы с размером молекул воды, что дает возможность задерживать различные растворенные соединения.

Одним из популярных способов очистки воды из скважины от железа являются колонные фильтры с катализаторами окисления. Такие фильтры не используют вредных реагентов, полностью автоматизированы и долговечны.

Процессам обезжелезивания воды, как правило, предшествуют процессы очистки на механических фильтрах с целью удаления частиц песка, глины различной степени дисперсности. На станциях малой производительности рекомендуется устанавливать ряд сетчатых фильтров.

В случае необходимости умягчения воды наилучшим способом является использование ионообменных фильтров. Однако, установка таких фильтров должна быть обоснована технико-экономическими расчетами. Важным этапом водоподготовки в малых населенных пунктах является обеззараживание воды.

Самым доступным оборудованием для дезинфекции воды являются ультрафиолетовые лампы, однако их использование не всегда целесообразно из-за того, что они не обладают пролонгированным действием. Поэтому для уничтожения бактерий и вредных микроорганизмов чаще всего применяют обычное хлорирование. В этом случае необходимость полного обеззараживания воды ложится на плечи самих потребителей — они могут установить на входе в дом УФ-лампы или системы обратного осмоса [2].

Важным вопросом по водообеспечению малых населенных пунктов является вопрос обеспечения горячей водой. Изучение данного вопроса при проведении технико-экономического расчета указывает на то, что подготовку горячей воды необходимо вести в индивидуальных тепловых пунктах зданий. Для нагрева воды могут быть установлены пластинчатые теплообменники. В последние годы они уверенно вытеснили из проектов традиционные трубчатые нагреватели, так как характеризуются более высоким коэффициентом теплопередачи. Повышение эффективности теплопередачи достигается за счет

того, что пластины по сравнению с нагревательными трубками имеют большую площадь соприкосновения с нагреваемой жидкостью.

Заключение. Централизованная система водоснабжения в сельских населенных пунктах предоставляет значительные преимущества по сравнению с автономными источниками. Эффективная очистка подземных вод от загрязняющих веществ, в частности железа, требует применения различных технологий и оборудования, что позволяет обеспечить население качественной питьевой водой. Важно учитывать специфику местных условий и проводить технико-экономические расчеты при выборе методов и установок для водоподготовки. Устойчивое развитие систем водоснабжения в сельской местности напрямую влияет на уровень жизни населения и качество окружающей среды.

Список цитированных источников

1. Топ-5 лучших методов очистки от железа из скважины: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.ekodar.ru/filter/water-wiki/o-problemah-s-vodoi/top-5-luchshikh-sposobov-ochistki-vody/>. — Дата доступа: 16.03.2025.

2. Водоподготовка для коттеджных поселков: [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://filter-nn.ru/blog/vodopodgotovka-dlya-kottedzhnyh-poselkov/>. — Дата доступа: 16.03.2025.

УДК 628.3

ОСОБЕННОСТИ ВЕНДИНГОВЫХ АППАРАТОВ ПО ПРОИЗВОДСТВУ И ПРОДАЖЕ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

Янущик Д. А.¹, Чижевич П. С.², Сенчук Д. Д.³

¹Студент факультета инженерных систем и экологии, БрГТУ,
Брест, Беларусь, v0011226@g.bstu.by

²Студент факультета инженерных систем и экологии,
БрГТУ, Брест, Беларусь, v0011223@g.bstu.by

³Старший преподаватель кафедры водоснабжения, водоотведения
и охраны водных ресурсов, БрГТУ, Брест, Беларусь, senchuk.d.d@mail.ru

Аннотация. В статье приводится описание основных элементов и принцип работы вендинговых аппаратов по производству и продаже питьевой воды. С использованием известных источников и нормативной документации Республики Беларусь проанализировано качество питьевой воды из блока разлива водоматов по органолептическим показателям (цветность, мутность), обобщенным показателям (жесткость, pH), а также по содержанию железа — на примере вендинговых аппаратов по производству и продаже воды в г.Бресте.

Ключевые слова: вендинговый аппарат; водопровод; блок розлива; фильтр; озонирование.

FEATURES OF VENDING MACHINES FOR THE SALE OF DRINKING WATER (WATER MACHINES)

Yanushchyk D. A., Chyzhevich P. S., Senchuk D. D.

Abstract. In the article, using well-known sources and regulatory documentation of the Republic of Belarus, the quality of drinking water from water dispensers is analyzed according to organoleptic indicators (color, turbidity), general indicators — hardness, pH, as well as iron content using the example of vending machines selling water in Brest.

Keywords: vending machine; water supply; filling block; filter; ozonation.

Введение. В Республике Беларусь достаточно развита система продажи питьевой воды населению через вендинговые аппараты. На территории города Бреста насчитывается более 200 водоматов.

Водомат — это устройство для продажи различного вида питьевой воды на улице [1]. Водомат способен производить и продавать дополнительно очищенную и обогащенную минералами воду, добытую из централизованной системы питьевого водоснабжения.

Основная цель исследования — оценить безопасность потребления очищенной воды через многоступенчатую систему очистки водомата.

Основная часть. Схема установки и принцип работы вендингового аппарата. Корпус автомата по розливу воды выполнен из нержавеющей стали или композитных материалов, не боящихся коррозии [1]. Он состоит из пяти составных частей: рекламной панели, блоков очистки и розлива, купюроприемника и информационного дисплея (рисунок 1).

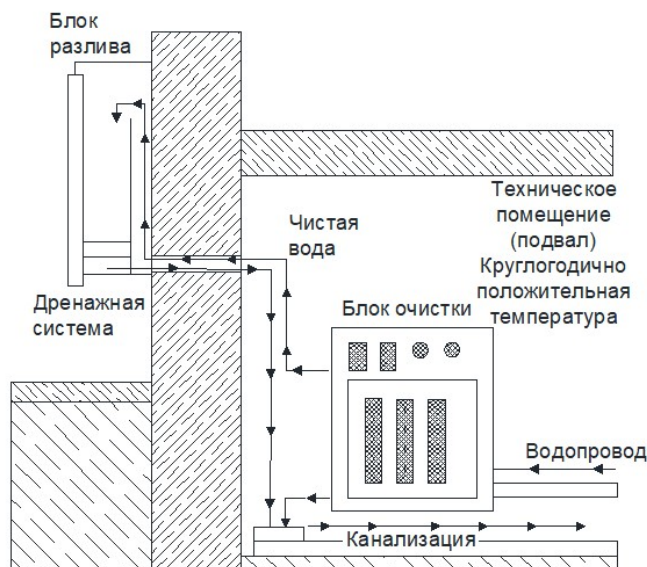


Рисунок 1 — Схема установки вендингового аппарата

Блок очистки устанавливается в подвальном или подсобном помещении и соединяется с блоком разлива, который размещается на фасаде (стене) строения, а также может размещаться внутри помещений и подключены непосредственно к точке водоразбора здания, с устройством счетчика воды — для контроля использования ресурсов.



Рисунок 2 — Блок очистки



Рисунок 3 — Блок разлива

Согласно инструкции пользователя при помещении потребителем своей упаковки в вендинговый аппарат перед розливом воды в бутылку проводится озонирование ее горлышка в течение 10 секунд для предотвращения попадания болезнетворных организмов, заносимых в тару покупателя.

В городе Бресте установлены водоматы, имеющие восьми- и десяти-ступенчатую систему очистки воды. Блок фильтрации обычно состоит из фильтров грубой очистки воды, блока обратноосмотической очистки воды, блока УФ-обеззараживания [1].

Фильтрующие элементы вендинговых аппаратов предполагают последовательное пропускание воды из системы городского хозяйственно-питьевого водопровода через десяти-ступенчатую систему очистки:

- 1) грубая механическая очистка полипропиленовым фильтром на 5 микрон: фильтр не пропускает крупные частицы ила, ржавчины, песка;
- 2) угольная очистка (активированный уголь гранулированный, засыпной прессованный): фильтр с активированным углем удаляет химические примеси (хлор, хлорорганические соединения, пестициды, гербициды), а также неприятный запах и привкус;
- 3) тонкая механическая очистка полипропиленовым фильтром на 1 микрон: фильтр задерживает нерастворимые мелкие частицы, ржавчину, песок;
- 4) финишная механическая очистка: дополнительный постугольный фильтр;
- 5) постугольная очистка: большой постугольный фильтр нейтрализует остаточный привкус и запах, умягчает вкус;

6) очистка на молекулярном уровне: мембрана обратного осмоса очищает жидкость от оставшихся загрязнений и бактерий; поры в мембране очень малых размеров (0,00001 микрона), через них проходят лишь молекулы воды (H_2O); бактерии, вирусы и любые мельчайшие вещества сливаются в канализацию;

7) улучшение окислительно-восстановительного потенциала: биокерамический фильтр восстанавливает структуру воды;

8) восстановление солевого и ионного баланса, корректировка pH: жидкость проходит через минерализатор, где насыщается солями кальция, магния, калия и другими полезными микроэлементами; уровень pH корректируется до оптимальных показателей для организма человека;

9) антибактериальная обработка бака: вода поступает в накопительный бак, который круглосуточно обеззараживается от вредных бактерий и вирусов ультрафиолетовым стерилизатором;

10) очистка тары: озонатор обеззараживает тару, уничтожает микробы [2].



Рисунок 4 — Фильтрующие элементы водомата

Промежуточное хранение очищенной воды, перед ее розливом в упаковку потребителя, осуществляется в баке розлива номинальным объемом 200 л.

Для гарантированного обеспечения потребителей качественной и безопасной питьевой водой производитель должен проводить техническое обслуживание вендингового аппарата, которое включает в себя:

- поддержание работоспособности;
- текущий ремонт, регулировка;
- замена фильтрующих элементов.

После длительного перерыва в работе вендингового аппарата более 7 суток требуется слив питьевой воды из бака, промывка водопроводов и бака питьевой воды вендингового аппарата, а также заполнение бака питьевой водой. При эксплуатации водомата не допускается применение препаратов хлора для обработки питьевой воды.

Исследование проб питьевой воды. Качество воды в Республике Беларусь в централизованных системах питьевого водоснабжения регламентируется

требованиями гигиенического норматива «Показатели безопасности питьевой воды» и СанПиН 10–124 РБ 99 [3, 4]. Гигиеническим нормативом определяются: показатели безопасности воды централизованных систем питьевого водоснабжения, в том числе микробиологические показатели безопасности воды, показатели безопасности воды по химическому составу, а также показатели безопасности воды по химическому составу, связанные с поступлением и образованием веществ в питьевой воде в процессе ее обработки.

По результатам проведенных исследований проб питьевой воды, отобранных до и после системы очистки водоматов, расположенных по адресам: г. Брест, ул. Луцкая, 69 (№1); г. Брест, пр-т Республики, 16А (№2); г. Брест, ул. Колесника, 7 (№3), – проанализированы органолептические показатели (цветность, мутность), обобщенные показатели (жесткость, pH, содержание железа) в воде в сравнении фактических значений показателей до и после водоматов с нормированными значениями [4]. Отмечается значительное улучшение показателя цветности, жесткости и железа после обработки воды в вендинговых аппаратах. Полученные результаты приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 — Результаты исследований проб питьевой воды из водопровода до водомата

Наименование показателей	Нормированное значение показателя	Фактическое значение водомата №1	Фактическое значение водомата №2	Фактическое значение водомата №3
Мутность	не >1,5мг/дм ³	<0,58 мг/дм ³	<0,58 мг/дм ³	<0,58 мг/дм ³
Цветность	не >20 градусов	11 градус	12 градуса	6 градус
Жесткость	не >7,0 ммоль/дм ³	5,0±0,7 ммоль/дм ³	4,2±0,6 ммоль/дм ³	5,6±0,5 ммоль/дм ³
pH	6,0-9,0 ед. pH	7,7 ед. pH	7,7 ед. pH	7,5 ед. pH
Железо	не >0,30мг/дм ³	0,14 мг/дм ³	0,13 мг/дм ³	0,19 мг/дм ³

Таблица 2 — Результаты исследований проб питьевой воды из водоматов

Наименование показателей	Нормированное значение показателя	Фактическое значение водомата №1	Фактическое значение водомата №2	Фактическое значение водомата №3
Мутность	не >1,5мг/дм ³	<0,58 мг/дм ³	<0,58 мг/дм ³	<0,58 мг/дм ³
Цветность	не >20 градусов	1 градус	2 градуса	1 градус
Жесткость	не >7,0 ммоль/дм ³	0,3±0,05 ммоль/дм ³	0,55±0,08 ммоль/дм ³	1,6±0,2 ммоль/дм ³
pH	6,0-9,0 ед. pH	6,0 ед. pH	6,7 ед. pH	6,9 ед. pH
Железо	не >0,30мг/дм ³	<0,10 мг/дм ³	<0,10 мг/дм ³	<0,10 мг/дм ³

Заключение. Улучшение и поддержание качества питьевой воды зависит от своевременного принятия мер по модернизации водопроводной инфраструктуры, регулярного контроля за состоянием источников водоснабжения и повышением уровня очистки на водопроводных сооружениях. По результатам исследования качества питьевой воды после системы очистки вендинговых аппаратов,

установлено, что фактические значения показателей мутности, цветности, железа значительно ниже нормируемых значений, установленных гигиеническим нормативом. Вместе с тем следует отметить, что качество воды из системы городского хозяйственно-питьевого водопровода г. Бреста, на котором установлены водоматы, изначально соответствует требованиям гигиенических нормативов централизованных систем питьевого водоснабжения, водоматы лишь усиливают степень очистки по отдельным анализируемым показателям. Одновременно – заявленное качество продукции водоматов, а, следовательно, и здоровье потребителя зависят от правильного и своевременного обслуживания автоматов по продаже воды. Результаты исследований подчеркивают необходимость комплексного подхода к обеспечению населения безопасной питьевой водой, включая технические, организационные и образовательные меры.

Список цитированных источников

1. Вода у дома. Как устроен водомат: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://aquaformula.ru/вода-у-дома-как-устроен-водомат/>. — Дата доступа: 14.02.2025 г.
2. Многие путают водоматы с банкоматами. Аппараты, торгующие простой питьевой водой по 35 копеек за литр, появились в Молодечно: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://kraj.by/mjadel/news/popkorn/mnogie-putajut-vodomaty-s-bankomatami-apparaty-torgujuschie-prostoj-pitevoj-vodoj-po-35-kopeek-za-litr-pojavilis-v-molodechno>. — Дата доступа: 14.02.2025 г.
3. ГИГИЕНИЧЕСКИЙ НОРМАТИВ «Показатели безопасности питьевой воды». Утверждено постановление Совета Министров Республики Беларусь 25.01.2021 № 37
4. СанПиН 10–124 РБ 99 Санитарные правила и нормы Республики Беларусь «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества».

СЕКЦИЯ 5

ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ И ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ОПЫТ ПРИ ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ДЛЯ ОТРАСЛЕЙ ЖКХ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛЕВЫХ ДАННЫХ БЛАГОУСТРОЙСТВА ГОРОДСКИХ КВАРТАЛОВ ПРИ ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ГИС-ТЕХНОЛОГИИ»

Цибульский Е. А.¹, Токарчук С. М.²

¹Студент факультета естествознания, БрГУ, Брест, Беларусь,
jahor.cybulski@gmail.com

²Доцент кафедры городского и регионального развития, БрГУ, Брест, Беларусь,
svetlana.m.tokarchuk@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается пример создания в результате полевых исследований городской среды картографической базы данных в виде веб-карты «Озелененность кварталов центральной части города Бреста». Данная веб-карта используется для выполнения лабораторной работы «Редактор легенды. Полигональная тема» в рамках учебного курса «ГИС-технологии в сити-менеджменте» при подготовке специалистов в области городского управления и ЖКХ.

Ключевые слова: ГИС-технологии, озелененность городской среды, городское управление, картографическая база данных.

USE OF LANDSCAPING FIELD DATA URBAN NEIGHBORHOODS IN THE TRAINING OF SPECIALISTS IN THE DISCIPLINE «GIS TECHNOLOGIES»

Cybulski J. A., Tokarchuk S. M.

Abstract. The article considers an example of the creation of a cartographic database in the form of a web map «Greening of neighborhoods in the central part of the city of Brest» as a result of field research of the urban environment. This web map is used to perform the laboratory work «Legend Editor. Polygonal topic» within the framework of the training course «GIS technologies in city management» in the training of specialists in the field of urban management and housing and communal services.

Keywords: GIS technologies, urban greening, urban management, cartographic database.

Введение. В современном образовании при подготовке специалистов в области городского управления и ЖКХ большое значение имеет обучения студентов современных информационных технологиям, в том числе, владению и использованию в учебной и научной деятельности ГИС-технологий. Это обусловлено тем, что в настоящее время геоинформационные технологии находят применение во все большем числе различных направлений деятельности человека. Постоянно расширяется спектр решаемых задач и круг прикладных отраслей, где используются средства ГИС [1].

В связи с этим встает задача подготовки квалифицированных специалистов, обладающих не только знаниями и навыками, позволяющими использовать предоставляемые ГИС возможности, но и разрабатывать идеи и реализовывать собственные ГИС-проекты с использованием различных программных оболочек.

Приобрести данные компетенции студенты специальности «Урбанология и сити-менеджмент» факультета естествознания Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина могут в рамках дисциплины «ГИС-технологии в сити-менеджменте». Данная дисциплина включена в «Аналитический модуль» государственного компонента подготовки студентов данной специальности. Данная дисциплина формирует систему знаний о технологиях сбора, умений обработки, хранения, преобразования и анализа пространственно-распределенных данных, а также возможностей их применения в сити-менеджменте. Приобретенные в результате изучения учебной дисциплины знания и навыки являются базой для изучения других дисциплин аналитического блока, а также для выполнения учебных и научных ГИС-проектов.

Материалы и методы. Основными методиками приобретения практических навыков работы с ГИС-технологиями по дисциплине «ГИС-технологии в сити-менеджменте» является выполнение значительного числа лабораторных работ. Практическая часть курса связана с изучением возможностей и созданием веб-карт и картографических веб-приложений средствами облачной платформы картографирования ArcGIS Online.

В то же время для адекватной подготовки специалистов в области городского управления, практические работы должны выполняться на конкретных примерах. Это позволяет студентам не только получить опыт и навыки работы с ГИС-технологиями, но и увидеть возможности использования ГИС-технологий для городских исследований. Таким образом, для выполнения различных лабораторных работ по дисциплине «ГИС-технологии в сити-менеджменте» другими студентами либо преподавателем готовятся информационные материалы для города Бреста, которые являются основой выполнения лабораторной работы.

Результаты и обсуждение. В данной работе приводится пример использования картографической базы данных по озелененности кварталов центральной части города Бреста для выполнения лабораторной работы «Редактор легенды. Полигональная тема. Map Viewer Classic» (<https://arcg.is/0qn95u1>).

При выполнении данной работы студенты должны приобрести навыки работы с редактором легенды полигональных тем, а также научиться объединять созданные веб-карты в единую информационно-справочную систему.

Для выполнения данной лабораторной работы была создана картографическая база данных озелененности кварталов центральной части города Бреста (в границах улиц Орджоникидзе — Ленина — проспект Машерова — бульвар Космонавтов). База данных включает позиционный блок (собственно веб-карту с границами 46 кварталов, расположенных на данной территории), а также тематический блок (атрибутивную таблицу, где в каждом кварталу привязаны текстовые и числовые данные) (рисунок 1).

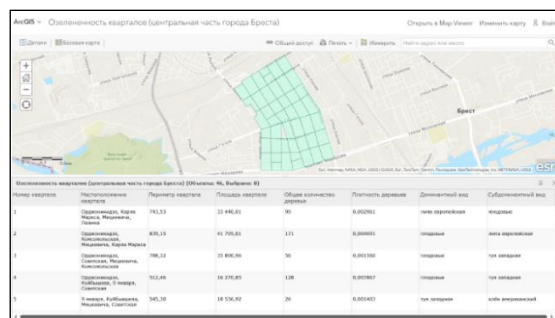


Рисунок 1 — Картографическая база данных «Озелененность кварталов центральной части города Бреста»

Всего атрибутивная таблица содержит сведения о номере и местоположении кварталов, его площади и периметре, количестве и плотности деревьев, а также доминантном и субдоминантном виде.

С использованием данной веб-карты студенты отрабатывают алгоритм работы с редактором легенды полигональных тем. Они учатся создавать карты с использованием разных типов легенды:

- отдельный символ (карта местоположений кварталов);
- градуированные цвета (площадь кварталов и общее количество деревьев);
- градуированные символы (плотность деревьев);
- уникальное значение (доминантные и субдоминантные виды деревьев);
- типы и размер (общее количество и доминантный вид деревьев).

Полученный опыт можно переносить на исследования других объектов городской среды [2].

Полученные карты необходимо объединить в единую информационно-справочную систему с использованием шаблона картографического веб-приложения.

Заключение. Таким образом, при выполнении данной лабораторной работы студенты:

1. получают навыки работы с редактором легенды полигональных тем;
2. учатся объединять веб-карты в единую информационно-справочную систему;
3. приобретают опыт проведения собственных научных исследований при наличии полевых данных для оценки благоустроенности кварталов города.

Благодарности. Работа выполнялась при финансовой поддержке Министерства образования Республики Беларусь (студенческий грант на 2025 год).

Список цитированных источников

1. Крючков, А. Н. Повышение эффективности управления зеленым хозяйством муниципального образования на основе ГИС-технологий (на примере мониторинга зеленых насаждений Г. О. Тольятти) / А. Н. Крючков, Е. П. Романова // Вестник Поволжского государственного университета сервиса. Серия: Экономика. — 2015. — № 2(40). — С. 76–80.

2. Токарчук, С. М. Применение редактора легенды в целях ГИС-анализа качества городской среды (на примере изучения детских площадок центральной части города Бреста) / С. М. Токарчук // Вестник Псковского государственного университета. Серия: Естественные и физико-математические науки. — 2024. — Т. 17, № 1. — С. 44–58.

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1 ВОДОСНАБЖЕНИЕ, ВОДООТВЕДЕНИЕ, ОЧИСТКА ПРИРОДНЫХ И СТОЧНЫХ ВОД

ПОВТОРНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОМЫВНЫХ ВОД НА ВОДОПРОВОДНЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ.....	4
<i>Абуова Г. Б.¹, Кузнецова А. С.², Истилеев Т. А.³</i>	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ФИЛЬТРОВ В КАЧЕСТВЕ ВТОРОЙ СТУПЕНИ В СХЕМЕ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД С ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ДЕНИТРИФИКАЦИЕЙ	7
<i>Алферчик В. В.¹, Семикашева Э. Э.², Ануфриев В. Н.³, Волкова Г. А.⁴</i>	
ВОДНЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ В ПРОЕКТАХ РЕГИОНАЛЬНОГО УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ	11
<i>Баламутова А. А.¹, Попов Н. С.², Толстых С. Г.³</i>	
О СОСТОЯНИИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ МАЛОГО ГОРОДА.....	13
<i>Басалай Е. Н.¹</i>	
ВОДОСНАБЖЕНИЕ И ВОДООТВЕДЕНИЕ КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА ПО БАССЕЙНУ РЕКИ ЕСИЛЬ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН	17
<i>Ботантаева Б. С.¹, Вагапова А. Р.², Сагыбекова А. О.¹, Калиева К. Е.², Набиоллина М. С.²</i>	
ВЛИЯНИЕ СТЕПЕНИ АЭРАЦИИ ВОДЫ НА УДАЛЕНИЕ ЖЕЛЕЗА В НАПОРНЫХ ФИЛЬТРАХ С ПЕСЧАНОЙ ЗАГРУЗКОЙ И СОРБЕНТОМ АС ПРИ ОБРАБОТКЕ ВОДЫ СЛОЖНОГО СОСТАВА	26
<i>Велюго Е. С.¹, Ющенко В. Д.²</i>	
ВОДОНАПОРНЫЕ БАШНИ КАК ИНЖЕНЕРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ И ИСТОРИЧЕСКИЕ ПАМЯТНИКИ В АРХИТЕКТУРЕ ГОРОДОВ МИРА	31
<i>Вербицкая Ж. С.¹, Гаврилюк И. С.², Назарян Е. М.³ Научные руководители: Андреюк С. В.⁴, Акулич Т. И.⁵</i>	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЧВОУЛУЧШАЮЩИХ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД В ЗЕЛЕНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ	38
<i>Вострова Р. Н.¹, Малофей В. А.²</i>	
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВОДНОЙ СИСТЕМЫ РЕКОНСТРУИРУЕМОГО ФОНТАНА В ЗАМКЕ КОССОВО	42
<i>Дмитриев Е. С.¹, Савчук М. А.² Научный руководитель: Наумчик Г. О.³</i>	

АНАЛИЗ РЫНКА ТЕХНОЛОГИЙ И ОБОРУДОВАНИЯ ПО ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЮ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ДЛЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ДОМОВ В СЕЛЬСКОЙ МЕСТНОСТИ	46
<i>Ефимук А. В.¹, Житенев Б. Н.², Рыбак Е. С.³</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ БРИКЕТИРОВАННОГО ТОРФА ПРИ ОЧИСТКЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ИОНОВ ЦИНКА	53
<i>Житенев Б. Н.¹, Сенчук Д. Д.²</i>	
ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ВОДОПОДГОТОВКИ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ И ДЕМАНГАЦИИ ПРИРОДНЫХ ВОД	58
<i>Конон А. А.¹, Данилюк М. А.², Научные руководители: Андреюк С. В.³, Волкова Г. А.⁴</i>	
КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА НАЛИЧИЕ НИТРАТОВ В НЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ СИСТЕМАХ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ.....	63
<i>Крук А. С.¹, Андреюк С. В.²</i>	
ПРИМЕНЕНИЕ АДСОРБЦИИ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ.....	69
<i>Мытько Д. В.¹, Шибека Л. А.²</i>	
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИЗВЛЕЧЕНИЯ СОЕДИНЕНИЙ ФОСФОРА СТОЧНЫХ ВОД РЕАГЕНТНЫМ МЕТОДОМ.....	72
<i>Николайчик Е. А.¹, Сильванков К. А.² Научные руководители: Андреюк С. В.³, Акулич Т. И.⁴</i>	
ПОЛІФУНКЦІОНАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ОБЕЗЖЕЛЕЗВАННЯ І ДЕМАНГАЦІЇ ПІДЗЕМНИХ ВОД.....	76
<i>Прапольскі Д. Э.¹</i>	
ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД, ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СОЛОДА.....	80
<i>Русак Е. Ю.¹, Тур Э. А.²</i>	
ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ КОАГУЛИРОВАНИЯ ПРИМЕСЕЙ ПРИРОДНЫХ ВОД.....	83
<i>Сергиевич А. С.¹, Зань М. В.² Научные руководители: Волкова Г. А.³, Андреюк С. В.⁴</i>	
ПЕРСПЕКТИВЫ ОРГАНИЗАЦИИ ЛОКАЛЬНЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ.....	89
<i>Суворова Ю. А.¹</i>	

ИСТОРИЧЕСКИЕ И СОВРЕМЕННЫЕ ВИДЫ ИНЖЕНЕРНЫХ ВОДОПРОВОДНО-КАНАЛИЗАЦИОННЫХ СООРУЖЕНИЙ В ИНФРАСТРУКТУРЕ ГОРОДОВ.....	91
<i>Туровинов К. В.¹, Климович И. И.²</i>	
<i>Научные руководители: Андреюк С. В.³, Сенчук Д. Д.⁴</i>	
ПРИМЕНЕНИЕ БИОНОСИТЕЛЕЙ НА СТАДИИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ БЫТОВЫХ СТОЧНЫХ ВОД МАЛЫХ ПОСЕЛЕНИЙ.....	100
<i>Урбоков Е. А.¹, Матюшенко Е. Н.²</i>	
УСЛОВИЯ СБРОСА СТОЧНЫХ ВОД.....	105
<i>Фролов А. И.¹, Сухова А. О.²</i>	
ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ AORPS-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РАБОТЕ С АЭРОБНЫМ АКТИВНЫМ ИЛОМ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ.....	106
<i>Шикунец А. Б.¹, Штепа В. Н.², Глушень Е. М.³</i>	

СЕКЦИЯ 2

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ИНЖЕНЕРНЫЕ АСПЕКТЫ ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПОЧВЕННЫХ ВЛАГОЗАПАСОВ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ СУПЕСЧАНЫХ ПОЧВАХ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ.....	111
<i>Асаулов Р. В.¹</i>	
АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЫБРОСОВ НА КАЧЕСТВО ВОЗДУХА	114
<i>Беспалько Н. Е.¹, Кунаков М. И.², Соломатин Е. С.³, Ташкинов А. В.⁴</i>	
УЩЕРБ ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ СОСТОЯНИЮ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ, НАНОСИМЫЙ ЛЕСНЫМИ ПОЖАРАМИ.....	118
<i>Беспалько Н. Е.¹, Кунаков М. И.², Соломатин Е. С.³, Ташкинов А. В.⁴</i>	
ECOLOGICAL CHALLENGES OF COTTON FARMING IN CHINA AND TAJIKISTAN	123
<i>Nilupaier Yusufujiang¹, Jamshed Azimov²</i>	
ТУРИСТСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ТЕРРИТОРИЙ ГРОДНЕНСКОЙ ГЭС	126
<i>Кароза А. И.¹, Горбач П. В.²</i>	
АНАЛИЗ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ХЛОРСОДЕРЖАЩИХ РЕАГЕНТОВ И ОЗОНА ДЛЯ ДЕЗИНФЕКЦИИ СООРУЖЕНИЙ ВОДОСНАБЖЕНИЯ	129
<i>Комаров М. А.^{1,2}</i>	
БЕЗОТХОДНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ НЕДОПАЛА ИЗВЕСТИ В СИНТЕТИЧЕСКИЙ АНГИДРИТ СУЛЬФАТА КАЛЬЦИЯ.....	133
<i>Комаров М. А.^{1,2}</i>	

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД И ЗНАЧЕНИЕ ЭТОГО МЕРОПРИЯТИЯ ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ ПРИРОДНОГО БИОРАЗНООБРАЗИЯ	136
<i>Ю.Г. Лях¹, О.В. Мелюх², Т.В. Некрасова³</i>	
ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ	140
<i>Хлывнюк А. Р.¹</i>	
ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОНАНОФИЛЬТРАЦИИ В ОЧИСТКЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ РАСТВОРОВ МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ	143
<i>Хорохорина И. В.¹, Шулагина Д. Ю.²</i>	
СПОСОБЫ И УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОЧИСТКИ ГРУНТА ОТ НЕФТИ	146
<i>Ширяева Н. В.¹, Павлова В. С.², Аверченкова В. Д.³, Троицкий М. А.⁴, Козачек А. В.⁵, Шишкина Г. В.⁶</i>	

СЕКЦИЯ 3

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОЕКТИРОВАНИИ, ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОМ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

ПРИМЕНЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРИНЦИПОВ В ПРОЕКТИРОВАНИИ И МОДЕРНИЗАЦИИ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ	154
<i>Козик И. Д.¹</i>	
ТЕХНОЛОГИИ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ	157
<i>Макаревич П. А.¹, Манн А. С.¹, Ткачук И. В.², Акулова О. А.³, Кривицкий П. В.⁴</i>	

СЕКЦИЯ 4

ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ В СИСТЕМЕ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА: ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ РЕАЛИЗАЦИИ МЕТЕОПРОГНОСТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ И ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЭКОНОМИИ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ	162
<i>Каперейко Ю. В.¹</i>	

ТЕХНИЧЕСКИЙ АУДИТ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ КАК ОСНОВА ЭФФЕКТИВНОЙ ЦИФРОВИЗАЦИИ ВОДОПРОВОДНО- КАНАЛИЗАЦИОННЫХ ХОЗЯЙСТВ	165
<i>Коваленко В. Н.¹</i>	
ПРОБЛЕМЫ СИСТЕМ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ СУЩЕСТВУЮЩИХ ЗДАНИЙ	167
<i>Новосельцев В. Г.¹, Новосельцева Д. В.², Лукаша В. В.³, Каперейко Ю. В.⁴</i>	
ПЕРЕЧЕНЬ МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ	174
<i>Усов А. А.¹, Ташкинов А. В.²</i>	
ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМАМИ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ	177
<i>Шпигун А.В.¹, Хвещук М.Я.²</i>	
<i>Научный руководитель: Левчук Н.В.³</i>	
ОСОБЕННОСТИ ВЕНДИНГОВЫХ АППАРАТОВ ПО ПРОИЗВОДСТВУ И ПРОДАЖЕ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ	180
<i>Янущик Д. А.¹, Чижевич П. С.², Сенчук Д. Д.³</i>	

СЕКЦИЯ 5

ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ И ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ОПЫТ ПРИ ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ДЛЯ ОТРАСЛЕЙ ЖКХ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛЕВЫХ ДАННЫХ БЛАГОУСТРОЙСТВА ГОРОДСКИХ КВАРТАЛОВ ПРИ ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ГИС-ТЕХНОЛОГИИ»	187
<i>Цибульский Е. А.¹, Токарчук С. М.²</i>	

Научное издание

**ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ
И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ
ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ**

Сборник научных статей
II Международной научно-практической конференции молодых ученых,
приуроченной ко Всемирному дню Водных ресурсов

28 марта 2025

Печатается в авторской редакции
Ответственный за выпуск: Андреюк С. В.
Редактор: Винник Н. С.
Компьютерная верстка: Тюшкевич П. Б.

Издательство БрГТУ.

Свидетельство о государственной регистрации
издателя, изготовителя, распространителя печатных
изданий № 3/1569 от 16.10.2017 г.

Подписано в печать 09.06.2025 г. Формат 60×84 ¹/₁₆.

Бумага «Performer». Гарнитура «Times New Roman».

Усл. печ. л. 11,39. Уч. изд. л. 12,25. Заказ № 448. Тираж 30 экз.

Печать цифровая. Отпечатано и изготовлено в типографии
учреждения образования «Брестский государственный
технический университет».

224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

ISBN 978-985-493-654-3



