

ВОДОСНАБЖЕНИЕ, ХИМИЯ И ПРИКЛАДНАЯ ЭКОЛОГИЯ

**Материалы
Международной
научно-практической
конференции**



Гомель 2021

УДК 628:543.3
ББК 38.761
В62

Редакционная коллегия:

Е.Ф. Кудина (отв. редактор), **А.Б. Невзорова** (зам. отв. редактора)
С.Н. Рожко (отв. секретарь)

Рецензенты:

канд. биол. наук, доцент кафедры экологии
Т. А. Тимофеева (ГГУ им. Ф. Скорины), заведующий кафедрой

Водоснабжение, химия и прикладная экология : материалы Междунар. науч.-практ. конф. (Гомель, 22 марта, 2021 г.) / М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. ; под общ. ред. Е. Ф. Кудиной. – 159 с.
ISBN978-985-891-014-3

Представлены материалы докладов по развитию систем водоснабжения и канализации и ценности воды как основного источника жизни человечества. Рассматриваются вопросы цифровизации предприятий водоканала, вклад инновационных технологий в улучшение процессов водоподготовки и очистки сточных вод. Конференция посвящена Всемирному дню водных ресурсов, который отмечается 22 марта.

Для широкого круга читателей.

УДК 628:543.3
ББК 38.761

ISBN 978-985-891-014-3

© Оформление. БелГУТ, 2021

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| <i>КОНОН О.А.</i> ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОЛИТИКИ В ОБЛАСТИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И КАНАЛИЗАЦИИ. ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПРОГРАММА «КОМФОРТНОЕ ЖИЛЬЕ И БЛАГОПРИЯТНАЯ СРЕДА» НА 2021–2025 ГОДЫ. ПОДПРОГРАММА «ЧИСТАЯ ВОДА» | 6 |
| <i>АНУШКО¹ Р.А., ЗЫГМАНТ² А. В., ГРИНШПАН² Д. Д.</i> ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА КОАГУЛЯЦИИ АЛЮМИНИЙСОДЕРЖАЩИМИ СОЕДИНЕНИЯМИ И КОМПОЗИЦИОННЫМИ РЕАГЕНТАМИ НА ИХ ОСНОВЕ | 8 |
| <i>БОЙЦОВ В.</i> ОБЩИЕ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ..... | 11 |
| <i>БРЕХОВА А.С.¹, МАСЛЮКОВ А.Л.²</i> КАРБОНЬЛОКИ – НОВЫЕ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОЧИСТКИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ОТ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ..... | 14 |
| <i>БЕЛОУСОВА Г.Н.</i> РАЗРАБОТКА РАЗДЕЛА ППР В ДИПЛОМНЫХ ПРОЕКТАХ ПО ВОПРОСУ САНАЦИИ ТРУБОПРОВОДОВ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И КАНАЛИЗАЦИИ . | 17 |
| <i>ВОСТРОВА Р.Н., ПЕХОТА А.Н.</i> ОСАДКИ СТОЧНЫХ ВОД – КОМПОНЕНТ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ БРИКЕТОВ | 19 |
| <i>ПЕТЕРИС ГАИЛИТИС.</i> УПРАВЛЕНИЕ ИЛОМ СТОЧНЫХ ВОД И ИЗВЛЕЧЕНИЕ БИОГАЗА НА ГДАНЬСКОЙ ВОСТОЧНОЙ ВОДООЧИСТНОЙ СТАНЦИИ | 22 |
| <i>ГОРЕЛАЯ О.Н.</i> ВЛИЯНИЕ ДОЗЫ ГЕКСАМЕТИЛЕНТЕТРААМИНА НА СВОЙСТВА СОРБЕНТА ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДНЫХ СРЕД ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ..... | 24 |
| <i>ГУРИНОВИЧ А.Д.</i> ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В СФЕРЕ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И КАНАЛИЗАЦИИ С УЧЁТОМ ОПЫТА ЕВРОПЕЙСКИХ СТРАН | 27 |
| <i>ЖИТЕНЁВ Б.Н., СЕНЧУК Д.Д.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ БРИКЕТИРОВАННОГО ТОРФА ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ | 32 |
| <i>ЗАРАКЕТ АХМАД.</i> ГЛУБИННАЯ ОЦЕНКА И АНАЛИЗ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА ВОДЫ КАРАУНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В ЛИВАНЕ | 35 |
| <i>ЗАЙКО Е., КРИВЧИКОВ А.</i> УСТРАНЕНИЕ СПЕЦИФИЧЕСКИХ ЗАПАХОВ НА ОБЪЕКТАХ КАНАЛИЗАЦИИ | 37 |
| <i>КАПАНСКИЙ А.А.</i> ОПТИМИЗАЦИЯ СТОИМОСТИ ОПЛАТЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ВОДОЗАБОРА | 40 |
| <i>КУДИНА Е.Ф.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ В ТЕХНОЛОГИЯХ ОЧИСТКИ ВОДЫ | 42 |
| <i>КОВАЛЁВ Е.Н., КОВАЛЁВА О.В.</i> ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ СТАТУС МАЛЫХ РЕК ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ..... | 47 |
| <i>КОВАЛЁВА О.В., ВАСИЛЬЕВ Е.В.</i> КАЧЕСТВО ВОДОПРОВОДНОЙ ВОДЫ ГОРОДОВ ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ | 49 |
| <i>КАРПЕНКО А.Ф.</i> ВЛИЯНИЕ НОВОЙ КЛИМАТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ НА СОСТОЯНИЕ ВОДОЗАВИСИМЫХ ЭКОСИСТЕМ | 51 |
| <i>КОВЗИК Н.А.</i> ОСОБЕННОСТИ ФЛОРЫ ПРИБРЕЖНО-ВОДНЫХ ЛАНДШАФТОВ В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ | 54 |
| <i>ЛАБУНСКИЙ В.С., КОВАЛЕВ В.А., ДРАГУН А.В.</i> МЕТОД МОБИЛЬНОЙ ПОВЕРКИ ВОДОСЧЕТЧИКОВ В ЦЕНТРАЛИЗОВАННОЙ СИСТЕМЕ..... | 56 |

| | |
|---|-----|
| <i>ЛАПИЦКИЙ В.М.</i> К ВОПРОСУ ОБ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ГОМЕЛЬСКОГО РЕГИОНАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ПО ОБРАЩЕНИЮ С ТВЕРДЫМИ КОММУНАЛЬНЫМИ ОТХОДАМИ | 60 |
| <i>ЛИСИЦА Е.А.</i> ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ С УТИЛИЗАЦИЕЙ ОСАДКА | 62 |
| <i>ЛЫСЕНКО В.Д.</i> ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА РЕЧИЦЫ..... | 65 |
| <i>МУРАВЬЕВА Ю.В., ЛАШКИНА Е.В.</i> КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИОНОВ ЦИНКА, АДМИЯ, ХРОМА В РАСТВОРАХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ | 67 |
| <i>НЕВЗОРОВА А.Б.</i> КСЕНОБИОТИКИ, ЭКОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ВОДЫ | 68 |
| <i>НОВИКОВА О. К.</i> НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНАЯ РАБОТА АЭРАЦИОННЫХ СООРУЖЕНИЙ С АКТИВНЫМ ИЛОМ: ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ..... | 70 |
| <i>ОСИПЕНКО Г.</i> ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ БОБРУЙСКОГО РАЙОНА | 72 |
| <i>ОСМИНКО Э.Ю.</i> СИСТЕМА КАНАЛИЗАЦИИ И ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД НА ПРИМЕРЕ АГРОГОРОДКА МОСТЫ ПРАВЫЕ..... | 74 |
| <i>ПОПЧЕНКО Л.А., СОКОЛОВ А.С.</i> ДИНАМИКА АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ БЕЛАРУСИ В 2009–2019 ГОДАХ..... | 76 |
| <i>ПОПЛАВНАЯ К.В., ВОРОБЬЕВА Е.В.</i> ИЗМЕНЕНИЕ ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИХ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВОДOPPOBODHНОЙ ВОДЫ ПРИ ЕЕ ДООЧИСТКЕ БЫТОВЫМ ФИЛЬТРОМ «АКВАФОР» | 77 |
| <i>РОЖКО С.Н., АХМАДИЕВА Ю.И.</i> ПРОБЛЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ ПЕСКОВОЙ ПУЛЬПЫ С ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ СТОЧНЫХ ВОД | 79 |
| <i>САМУСЕВА Л.В., БЕЛЬКИН В.О., НЕВЕРОВ А.С.</i> АНАЛИЗ ЖЕСТКОСТИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ | 82 |
| <i>ЩЕПОЧКИНА Ю.А.</i> ТРЕБОВАНИЯ К ВОДЕ ДЛЯ ЗАТВОРЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ ВЯЖУЩИХ ВЕЩЕСТВ | 84 |
| <i>ШУБЕРТ А.Ю.</i> ОЦЕНКА СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И КАНАЛИЗАЦИИ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ МОГИЛЕВСКОЙ ОБЛАСТИ | 86 |
| <i>КОЛДАЕВА С.Н., МИРОНОВ П.А.</i> ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОТЕНЦИАЛА ТЕПЛОВЫХ ВЭР..... | 88 |
| <i>ЖЕЛЕЗНЯКОВ П.А.</i> ОЦЕНКА ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ С ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ТОЧКИ ЗРЕНИЯ..... | 91 |
| <i>МУСАЕВА С.Т.</i> СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОЧИСТКЕ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД | 93 |
| <i>НЕВЗОРОВА А.Б., ХИМЕНКОВА Ю.В.</i> ОРГАНИЗАЦИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ КАНАЛИЗАЦИИ В КОТТЕДЖНОМ ПОСЕЛКЕ | 95 |
| <i>ДУДКО Б.В.</i> ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ВОДОПОДГОТОВКИ..... | 97 |
| <i>ТРОШИНА А.К., КУСЕНКОВ К.В.</i> ВЛИЯНИЕ ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВ НА СОСТАВ СТОЧНЫХ ВОД | 98 |
| <i>КОВАЛЕНКО В.Н., ДЕНИСЕНКО А.М., ПЕХОТА Е.А.</i> ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД КАК АЛЬТЕРНАТИВЫ КЛАССИЧЕСКИМ ВИДАМ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА | 100 |

| | |
|---|-----|
| <i>КОВАЛЕНКО В.Н., ДЕНИСЕНКО А.М., ПЕХОТА Е.А.</i> ОЦЕНКА ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТОПЛИВНЫХ БРИКЕТОВ ИЗ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД ... | 102 |
| <i>ТАРАНОВА А.А., СЕВЕРИН Д.Д.</i> СООТНОШЕНИЕ ЦЕНЫ И КАЧЕСТВА ВОДЫ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ..... | 105 |
| <i>БАРАНОВСКАЯ П.М., ШАКУРА Е.И.</i> НЕГАТИВНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ СВЕТОВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА ЖИВЫЕ ОРГАНИЗМЫ И ЭКОСИСТЕМУ | 107 |
| <i>БАЕВА Е.С.</i> АНАЛИЗ НАПРАВЛЕНИЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД..... | 109 |
| <i>ЖЕЛЕЗНЯКОВ Л.В., ЖУКОВ Ю.В.</i> СПОСОБЫ ПРОКЛАДКИ ТРУБОПРОВОДА И РЕКОНСТРУКЦИЯ СЕТЕЙ ВОДОСНАБЖЕНИЯ В ГОРОДЕ | 111 |
| <i>МИХАЛЬЧЕНКО А. А.</i> ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ ОТХОДОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПНЕВМОТРАСПОРТА ... | 114 |
| <i>МИНЧЕНКО Е.Д., НАГОРНАЯ Д.А.</i> ВОДООБЕСПЕЧЕНИЕ В РАЗНЫХ СТРАНАХ МИРА. ПРОБЛЕМЫ И ИХ РЕШЕНИЯ | 116 |
| <i>МИНЧЕНКО Е.Д.</i> АНАЭРОБНОЕ СБРАЖИВАНИЕ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД. ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ..... | 118 |
| <i>КАСЬЯНОВ Р.В.</i> СИСТЕМА ВОДОСНАБЖЕНИЯ АГРОГОРОДКА СО СТАНЦИЕЙ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ | 121 |
| <i>ПАВЛОВСКАЯ К.С.</i> СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОДЫ | 124 |
| <i>СЕРЕДА Н.П.</i> ОЧИСТКА ВОДЫ ОТ РАДИОАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ | 126 |
| <i>ДАНИЛОВ Н.И.</i> ОЧИСТКА ПОВЕРХНОСТНЫХ СТОЧНЫХ ВОД С ПЛОЩАДОК ПРЕДПРИЯТИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ | 128 |
| <i>ПАПКОВ А.В.</i> СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ..... | 130 |
| <i>УРИЦКАЯ А.В., БОНДАРЕНКО Е.С.</i> ОТХОДЫ ПРОИЗВОДСТВА – ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СФЕРЕ ЖКХ | 134 |
| <i>ДАСЬКО А. Д.</i> ЭЛЕКТРОМОБИЛИ. ПОЛЬЗА ИЛИ ВРЕД ДЛЯ ЭКОЛОГИИ? | 136 |
| <i>КРИНЕЦ О.Д.</i> НОВЫЕ СОВРЕМЕННЫЕ КОАГУЛЯНТЫ В ТЕХНОЛОГИИ ВОДООЧИСТКИ | 139 |
| <i>КРИНЕЦ О.Д., КНЫРЕВИЧ В.В.</i> ВОПРОСЫ ПО ЦИФРОВИЗАЦИИ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ. СИСТЕМЫ «УМНЫЙ ГОРОД» И «РАЗУМНАЯ ВОДА» | 141 |
| <i>УРИЦКАЯ А.В.</i> СЕМЬ АРГУМЕНТОВ, ПОЧЕМУ REVIT – ЭТО ИДЕАЛЬНАЯ ПРОГРАММА ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ | 144 |
| <i>УРИЦКАЯ А. В.</i> ОБРАБОТКА ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД НА ПРИМЕРЕ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ БАЛТИЙСКОГО РЕГИОНА | 145 |
| <i>БАЕВА Е.С., ВАСИЛЕНКО Я.Ю.</i> РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ СНИЖЕНИЯ УРОВНЯ ГРУНТОВЫХ ВОД НА УЧАСТКЕ | 149 |
| <i>ФИЛАТОВА И.И., БОНДАРЕНКО Е.С.</i> СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЦЕННОСТЬ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ИЗ ПОВЕРХНОСТНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ИСТОЧНИКОВ | 151 |
| <i>ДАНИЛОВ Н.И., ВАЮРА Е.С.</i> СРАВНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПОДЗЕМНЫХ И ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД | 153 |
| <i>ХОН Т. С.</i> ТЕХНОЛОГИЯ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ОСАДКОВ ГЕОТУБ (<i>ГЕОТУБЕ</i>)..... | 155 |
| <i>НОВИЦКИЙ Д.А.</i> ОСОБЕННОСТИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ ФАБРИКИ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ФАРФОРА..... | 158 |

КОНОН О. А.

**ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ГОСУДАРСТВЕННОЙ
ПОЛИТИКИ В ОБЛАСТИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И КАНАЛИЗАЦИИ.
ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПРОГРАММА «КОМФОРТНОЕ ЖИЛЬЕ
И БЛАГОПРИЯТНАЯ СРЕДА» НА 2021–2025 ГОДЫ.
ПОДПРОГРАММА «ЧИСТАЯ ВОДА»**

*Государственное производственное объединение «Белводоканал»,
г. Минск, Республика Беларусь*

В настоящее время водопроводно-канализационного хозяйство Республики Беларусь (далее – ВКХ), характеризуется высоким физическим и технологическим износом сетей и сооружений водоснабжения и водоотведения. Вместе с тем, несмотря на ряд явных проблем, существующих в отрасли, определив ключевые аспекты развития водопроводно-канализационного хозяйства мы сможем оценить и раскрыть имеющийся потенциал работы всей отрасли.

За последние годы обеспеченность потребителей качественной питьевой водой выросла на 7,2 процентных пункта с 85,9 до 93,1 %. С 2016 года по 2020 г. построено 585 станций обезжелезивания, что позволило обеспечить чистой питьевой водой дополнительно порядка 320 тыс. человек. На конец 2020 года прогнозируемое значение показателя обеспеченности потребителей качественной питьевой водой составляет 94,7 %.

Для дальнейшего обеспечения населения качественной питьевой водой и поддержания благоприятной, экологически безопасной среды проживания в настоящее время положено начало реализации пятого этапа подпрограммы 5 «Чистая вода» Государственной программы «Комфортное жилье и благоприятная среда» на 2021–2025 годы.

Задачами настоящей подпрограммы являются:

- 1) обеспечение потребителей водоснабжением питьевого качества;
- 2) обеспечение населения централизованными системами водоснабжения, водоотведения (канализации);
- 3) повышение качества очистки сточных вод и надежности систем водоснабжения, водоотведения (канализации).

Основными мероприятиями для достижения поставленных задач являются:

- строительство станций обезжелезивания воды;
- переподключение населённых пунктов к существующим централизованным системам водоснабжения с водой нормативного качества;
- строительство водозаборных скважин;
- строительство (реконструкция) очистных сооружений сточных вод;

– замена сетей водоснабжения, водоотведения (канализации) со сверхнормативными сроками эксплуатации и др.

В ходе реализации запланированных мероприятий государственной программы к 2025 году планируется достичь следующих показателей:

– доля потребителей г. Минска, обеспеченных питьевой водой из подземных источников – 100 %;

– доля населения, имеющего доступ к централизованным системам водоснабжения – 93,2 %;

– доля населения, имеющего доступ к централизованными системами водоотведения (канализации) – 79,3 %;

– количество построенных (реконструируемых) очистных сооружений сточных вод – 70 ед. и др.

Кроме того, для дальнейшего развития ВКХ, учитывая новые возможности международного сотрудничества, а также существующие условия развития возникает необходимость реализации комплексного подхода в решении существующих проблем.

Документом такого масштаба может стать Национальная стратегия развития водопроводно-канализационного хозяйства Республики Беларусь до 2035 года (далее – Стратегия), а принятые при реализации Стратегии законопроекты и нормативные документы должны стать гарантом эффективности и устойчивого развития сектора ВКХ, а значит и повышения инвестиционной привлекательности предприятий, предоставляющих услуги водоснабжения и водоотведения (канализации).

Итогом станет формирование модели устойчивого развития сектора водоснабжения и водоотведения на весь период реализации Стратегии, содержащей в себе сценарии развития для каждой из категорий предприятий ВКХ республики, так называемые «дорожные карты», выстраивающие во времени основные шаги по принципу «прошлое-настоящее-будущее» для достижения определенных Стратегией целевых показателей и критериев эффективного развития предприятий ВКХ.

Таким образом, принимаемые меры для развития ВКХ позволят не только выйти на новый уровень предоставления услуг водоснабжения и водоотведения (канализации), повысить техническое и технологическое состояние отрасли, но и содействовать повышению здоровья, благополучия и комфорта жизни граждан Республики Беларусь.

Список литературы

1 **Бахмат, А.Б.** Регионализация отечественных предприятий водопроводно-канализационного хозяйства с целью повышения эффективности их производственно-хозяйственной деятельности / А.Б. Бахмат // Экономическая наука сегодня. – 2019. – № 9. – С. 132-144.

2 **Китиков, В.О.** Анализ тенденций и рисков развития водопроводно- канализационного хозяйства в Республике Беларусь на современном этапе / В.О. Китиков, В.Л. Гурский, А.О. Болтрукевич // Экономическая наука сегодня. – 2019. – № 9. – С. 152–168.

АНУШКО Р.А.¹, ЗЫГМАНТ А.В.², ГРИНШПАН Д. Д.²

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА КОАГУЛЯЦИИ АЛЮМИНИЙСОДЕРЖАЩИМИ СОЕДИНЕНИЯМИ И КОМПОЗИЦИОННЫМИ РЕАГЕНТАМИ НА ИХ ОСНОВЕ

¹ООО «АМИС-Техно», ran@amis-t.by

²БГУ «Научно-исследовательский институт физико-химических проблем», г. Минск, Республика Беларусь

Актуальность тематики. Реагентная коагуляция в настоящий момент является самой распространенной стадией водоочистки и водоподготовки [1, 2]. Для увеличения эффективности очистки воды в ходе коагуляции могут применяться различные дополнительные реагенты: регуляторы pH, флокулянты, сорбенты, дезинфектанты. Исследование процесса коагуляции и разработка композиционных реагентов на основе распространенных коагулянтов, например, солей алюминия и железа, позволяет не только увеличить эффективность процесса, но и упрощает стадию их введения в очищаемую воду [3].

Цель работы. В настоящей работе исследовалось влияние вида подщелачивающего реагента на характеристики процесса коагуляции и эффективность действия композиционных реагентов.

Методика выполнения. В качестве объектов были использованы алюминийсодержащие коагулянты с различными значениями относительной основности: сульфат алюминия ($B = 0 \%$), «Аква-Аурат 30» ($B = 33 \%$). С помощью лазерного анализатора дисперсности MasterSizer 3000 (Malvern Ltd., Великобритания) для указанных коагулянтов были получены зависимости от времени t среднего диаметра коагуляционных агрегатов $\langle d \rangle$. В качестве регуляторов pH использовались гидроксид натрия NaOH и гидрокарбонат натрия NaHCO_3 в количествах, необходимых для достижения конечного pH, равного 8,5–9,0. По завершению коагуляции были произведены расчеты скоростей седиментации u и средней плотности частиц ρ_c , образовавшихся в результате гидролиза коагулянта.

Также была проведена пробная коагуляция с использованием композиционных реагентов на основе коагулянта АА30 и флокулянта. Для выявления влияния регулятора pH на эффективность очистки были использованы два типа композиционных реагентов, отличающихся наличием либо отсутствием регулятора pH в составе.

Основные результаты. Из приведенных на рисунке 1 зависимостей следует, что использование в качестве подщелачивающего реагента гидроксида натрия позволяет получить агрегаты значительно большего размера за тот же

промежуток времени, чем в его отсутствие. При этом для низкоосновного сульфата алюминия (СА) наблюдается увеличение конечного размера коагуляционных агрегатов в 2 раза, а для обладающего более высокой основностью «Аква-Аурата 30» (АА30) – в 1,4 раза.

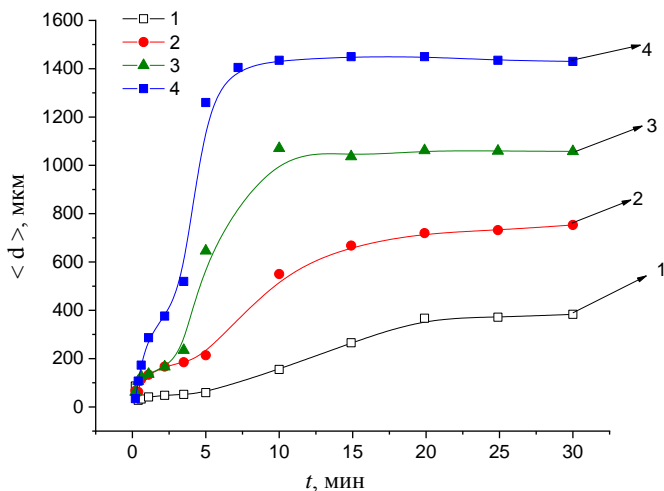


Рисунок 1 – Кинетика роста размеров коагуляционных агрегатов, полученных из СА при введении NaHCO_3 (1) и NaOH (2); полученных из АА30 при введении NaHCO_3 (3) и NaOH (4)

В таблице 1 представлены результаты определения основных параметров полученных дисперсий СА и АА30. Так, для сульфата алюминия наблюдается значительное увеличение скорости седиментации, несмотря на снижение плотности коагуляционных агрегатов. При этом для «Аква-Аурата 30» также наблюдается рост скорости седиментации при снижении их плотности, в 1,6 раза и в 1,5 раза соответственно.

Таблица 1 – Характеристики коагуляционных агрегатов

| Вид коагулянта | Вид регулятора рН | $\langle d \rangle$, мкм | ρ , кг/м ³ | $u \cdot 10^3$, м/с |
|----------------|-------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------|
| СА | NaHCO_3 | 380 ± 40 | 1036 ± 1 | $3,0 \pm 0,5$ |
| | NaOH | 750 ± 70 | 1013 ± 1 | $4,5 \pm 0,6$ |
| АА30 | NaHCO_3 | 1060 ± 50 | 1007 ± 1 | $5,3 \pm 0,4$ |
| | NaOH | 1430 ± 70 | 1006 ± 1 | $8,5 \pm 0,6$ |

В таблице 2 представлены результаты очистки природных поверхностных вод Минско-Вилейской системы. Согласно данным таблицы 2, введение в состав композиционного реагента регулятора рН позволило

снизить содержание остаточного алюминия в очищенной воде, в то время как применение композиционного реагента на основе коагулянта АА30 без регулятора рН не позволило достигнуть требуемого СанПиН 10-124 РБ 99 содержания остаточного алюминия [4].

Таблица 2 – Влияние регулятора рН в составе композиционного реагента на степень очистки

| Параметр | Исходная вода | Очищенная вода | | Предельно допустимые величины в соответствии с СанПиН 10-124 РБ 99 |
|---|---------------|---|--|--|
| | | Композиционный реагент с регулятором рН | Композиционный реагент без регулятора рН | |
| рН | 8,0 | 7,9 | 7,9 | 6–9 |
| Мутность, мг/дм ³ | 1,2 | 0,2 | 0,5 | 1,5 |
| Цветность, град | 33 | 11 | 12 | 20 |
| Перманганатная окисляемость, мг О ₂ /дм ³ | 4,5 | 2,9 | 3,6 | 5 |
| Остаточный алюминий, мг/дм ³ | – | 0,3 | 0,6 | 0,5 |

Выводы. Применение в качестве подщелачивающего реагента гидроксида натрия позволяет получать коагуляционные агрегаты с большими конечными размерами, образующимися при использовании гидрокарбоната натрия. При этом наиболее сильно данный эффект проявляется для более низкоосновного коагулянта, чем для более высокоосновного.

Установлено, что увеличение размеров коагуляционных агрегатов при переходе от гидрокарбоната натрия к гидроксиду вызывает значительное увеличение скорости седиментации как у низко-, так и у более высокоосновного коагулянта.

Таким образом, при использовании как индивидуальных алюминий содержащих коагулянтов, так и композиционных реагентов на их основе для очистки природных поверхностных вод добавление регулятора рН позволяет повысить эффективность процесс коагуляции и значительно улучшить качество очищенной воды.

Список литературы

1 Mikola, M. Preparation and coagulation performance of solid aluminium formate / M. Mikola, J. Tanskanen // Journal of Water Process Engineering. – 2015. – Vol. 5. – P. 1–5.

2 Comparison of a novel polytitanium chloride coagulant with polyaluminium chloride: Coagulation performance and floc characteristics / Y.X. Zhao [et al.] // Journal of Environmental Management. – 2015. – Vol. 147. – P. 194–202.

3 **Фрог, Б.Н.** Водоподготовка / Б.Н. Фрог, А.П. Левченко. – М. : Издательство МГУ, 1996. – С. 59–106.

4 Композиционные реагенты для очистки воды / Д.Д. Гриншпан [и др.] // Свиридовские чтения : сб. ст. – 2017. – Вып. 13. – С. 60–82.

УДК 004.942

БОЙЦОВ В.

ОБЩИЕ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

ООО «ГеоЦентрГрупп»

г. Минск, Республика Беларусь, boytsov@geocentre.by

Мировой опыт показывает, что для решения задач, связанных с повышением надежности системы водоснабжения города, качеством оказываемых услуг, снижением удельных энергозатрат требуется создание системы мониторинга и анализа работы коммуникаций и оборудования. Эффективным инструментом контроля и управления работой системы является цифровой двойник [1].

Цифровой двойник водоснабжения города – это такая сложная комплексная вещь, которая должна внедряться этапами. Двойник начинает собирать информацию об объекте, накапливать эту информацию. Дальше к цифровому двойнику прибавляется интеллект, прибавляются различные сервисы, и он растет, развивается до целевой модели, когда уже полностью повторяет физический объект и на его основе уже можно производить анализ, мониторинг и управление. Обобщенная структура цифрового двойника представлена на рисунке 1.

Важное свойство цифрового двойника заключается в том, что он должен быть постоянно обновляемым представлением реального физического процесса. Цифровой двойник – это динамическая, а не статическая модель реального объекта. При его эксплуатации информация с датчиков (мобильные, стационарные контрольные точки мониторинга манометрического давления и расхода), отчеты от пользователей и другие данные непрерывно передаются цифровому двойнику. Ответом из виртуального пространства в реальное становятся различные прогнозы и оценки, которые могут использоваться для улучшения работы и обслуживания реального объекта [2].

Дополнительно к цифровому двойнику эффективным решением является создание контроля за утечками по зонам DMA (Demand Metering Area).

На рисунке 2 представлено графическое обоснование инвестиций ООО «ГеоЦентрГрупп» по делению системы водоснабжения г. Рогачева на 9 счетных зон DMA с помощью 29 автономных пунктов учета воды, на базе расходомеров Siemens MAG8000.



Рисунок 1 – Структура цифрового двойника системы водоснабжения города

Данная работа была выполнена в 2015 году в рамках субподряда РУП «Белкоммунпроект», по предложениям со стороны Всемирного Банка, по объекту «Реконструкция системы водоснабжения г. Рогачева». Данное проектное решение в настоящий момент не реализовано.

Успешную реализацию проектов зонирования по водопотреблению можно видеть в городах Мюнхен, Вена, Санкт-Петербург, Нижний Новгород.

Общий методологический подход к созданию цифрового двойника системы водоснабжения города предполагает:

- создание и внедрение геоинформационной системы инженерных коммуникаций;
- создание математической модели водопроводной сети привязанной по ГИС-идентификаторам к существующей геоинформационной системой предприятия
- скелетирование (упрощение) математической модели водопроводной сети с сохранением сведений о первоисточнике для возможности обратного экспорта данных результатов гидравлического расчета;
- интеграцию данных из существующих приборов КИПиА (контрольные точки по давлению, расходы на сетях) и исторических (архивных) данных в

программу по математическому моделированию. Для эффективного управления за состоянием сети необходимо иметь не менее 1 контрольной точки на 10 км водопроводной сети;

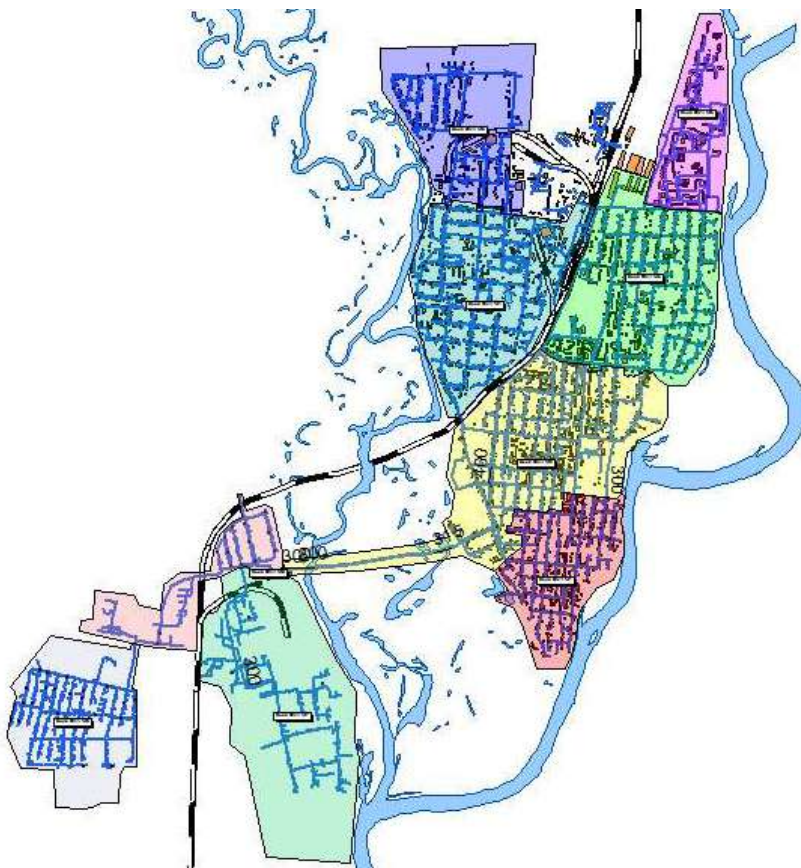


Рисунок 2 – Деление системы водоснабжения города Рогачева на счетные зоны (DMA)

- проведение идеализированного расчета (как сеть должна работать при паспортных характеристиках труб и запорной арматуры);
- калибровку математической модели по шероховатости труб и водопотреблению.

На этом этапе выявляются проблемные трубопроводы, закрытая запорная арматура, возможные места крупных утечек. Для калибровки математической модели делается не менее 20 временных срезов значений, полученных от приборов КИПиА, SCADA-систем.

На основании полученной модели разрабатываются мероприятия по энергосбережению, улучшению пропускной способности трубопроводов (многосценарный анализ), разрабатываются оптимизационные режимы работы водопроводных насосных станций 2-го подъема (на основе динамического расчета 24 часа в сутки)

На базе математической модели изучается потокораспределение в водопроводной сети города, предлагаются решения по промывке сетей, проведение мероприятий по хлорированию и дезинфекции.

Поддержание цифрового двойника в актуальном состоянии путем калибровки сети на основании периодических манометрических съемок; создания автоматического сбора исходных данных по водопотреблению и данных с систем АСУ ТП.

Выводы. Цифровые двойники систем водоснабжения городов способны значительно усилить способность предприятий принимать оптимальные решения на базе данных, повысить эффективность их деятельности и избавиться от потенциальных проблем.

Список литературы

1 **Казначеева, О.Н.** Цифровые двойники / О.Н. Казначеева. – CADMASTER. – 2019. – № 3. – С.4–6.

2 Концепция построения цифрового двойника города. / С.А. Иванов [и др.] // Вестник Южно-Уральского гос. ун-та. Сер.: Вычислительная матем. и информ. – 2020. – № 9 (4). – С. 5–23.

3 **Борисов, Д.А.** Bentley Systems. Моделирование и эксплуатация наружных сетей водоснабжения и канализации [Bentley Systems – Modeling and Operation of Exterior Water Supply and Sewage Networks]. / Д.А. Борисов. – САПР и ГРАФИКА [CAD and Graphics]. – 2009. – № 5. С. 64–68.

УДК 628.16.081.3

БРЕХОВА А.С.¹, МАСЛЮКОВ А.П.²

КАРБОНЬЛОКИ – НОВЫЕ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОЧИСТКИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ОТ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

*ФГБУН «Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова
Российской Академии наук», г. Москва
maslennikova@bwf.ru¹, alpet@bk.ru²*

Актуальность тематики. В современном мире очень остро стоит проблема нехватки безопасной питьевой воды. Проблемы для систем водоснабжения и водоочистки складываются из множества факторов: изменения климата, роста численности населения, демографических изменений и урбанизации. По прогнозу ВОЗ к 2025 году половина мирового населения будет проживать в районах, характеризующихся дефицитом воды. В настоящее время одним из способов предотвращения нехватки воды является повторное использование сточных вод. [1]. Однако их недостаточная очистка может привести к тому, что питьевая вода, которой пользуются миллионы людей, будет существенно загрязнена различными химическими веществами, в частности тяжелыми металлами.

В качестве методов очистки воды от тяжелых металлов в настоящее время используются методы обратного осмоса, электродиализа и сорбции с использованием ионообменных смол [2]. При всей эффективности данных методов они обладают рядом существенных недостатков – высокой стоимостью, конструкционной и технологической сложностью. Решением проблемы очистки воды от тяжелых металлов может стать использование новых композитных углеродных материалов на основе активированных углей [3].

Цель работы. Целью данной работы является оценка эффективности извлечения ионов свинца и меди из водных растворов композитными углеродными материалами, получаемыми спеканием смеси мелкодисперсного активированного угля и полимерного связующего (карбонблоками).

Методика выполнения. Оценка эффективности извлечения ионов свинца и меди из водных растворов карбонблоками проводилась в режиме гравитационного фильтрования. Для испытаний были взяты карбонблоки цилиндрической формы высотой 90 мм, внешним диаметром 56 мм и толщиной стенки цилиндра 12 мм. Через них пропускался модельный водный раствор с концентрацией ионов свинца $0,060 \pm 0,006$ мг/л и концентрацией ионов меди $2,0 \pm 0,2$ мг/л. Суточный ресурс фильтрации составлял 10 литров. Общий ресурс фильтрации составил 100 литров. В процессе фильтрации отбирались пробы модельного раствора и пробы фильтрата, в которых оценивалось содержание свинца и меди.

Основные результаты. Результаты испытаний эффективности очистки воды карбонблоками от катионов меди и свинца представлены на рисунках 1 и 2.

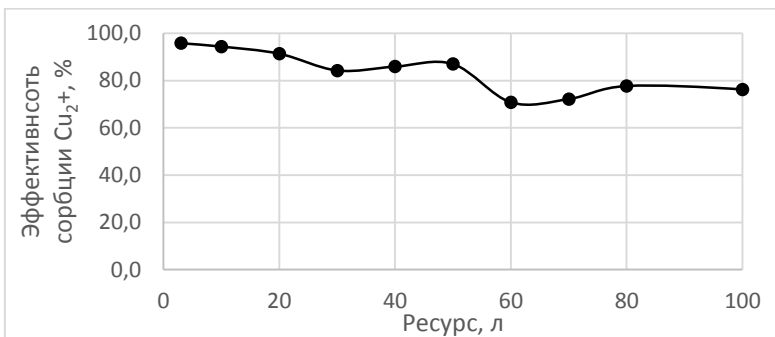


Рисунок 1 – Эффективность сорбции ионов меди карбонблоком

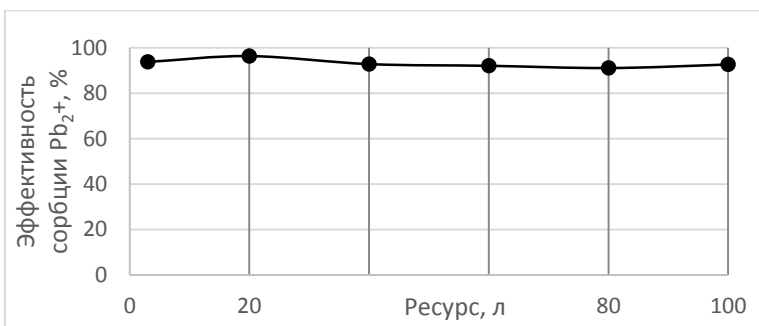


Рисунок 2 – Эффективность сорбции ионов свинца карбонблоком

Выводы. Результаты испытаний очистки воды от катионов меди и свинца карбонблоками продемонстрировали высокую эффективность сорбции ионов тяжелых металлов из питьевой воды. При этом использование карбонблоков для очистки воды от тяжелых металлов экономически более выгодно, чем применение для этой цели дорогостоящих методов очистки воды на основе обратного осмоса или электродиализа. Таким образом, карбонблоки являются перспективными материалами для разработки водоочистных устройств различного целевого назначения.

Список литературы

1 WHO/UNICEF, Progress on sanitation and drinking water 2015 update and MDG assessment. Geneva: 2015

2 **Родионов, А.И.** Технологические процессы экологической безопасности / А. И. Родионов, В. Н. Клушин, В. Г. Систер. – Калуга : Издательство Н. Бочкаревой, 2000.

3 Пористый блочный фильтрующий материал для комплексной очистки питьевой воды и способ его получения / А. П. Маслюков [и др.]. – Патент 2731706 Рос. Федерация; МПК В01D39/14 С02F1/58 С02F1/62. – 2020.

БЕЛОУСОВА Г.Н.

**РАЗРАБОТКА РАЗДЕЛА ППР В ДИПЛОМНЫХ ПРОЕКТАХ
ПО ВОПРОСУ САНАЦИИ ТРУБОПРОВОДОВ
ВОДОСНАБЖЕНИЯ И КАНАЛИЗАЦИИ**

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Дипломный проект должен быть разработан на основании требований производства не только сегодняшнего, но и завтрашнего дня. В нем должны раскрываться вопросы новых технологий, обеспечивающих рациональное использование природных ресурсов, современных методов строительства и реконструкции как отдельных сооружений, так и систем водоснабжения и канализации в целом. Такой подход позволит студенту получить действительно новые и интересные результаты, имеющие конкретное практическое применение на предприятиях промышленности страны [1].

Общая протяженность наружных водопроводных сетей в городах и поселках составляет по Республике Беларусь более 10 тыс. км.

Состояние инженерных коммуникаций определяется возрастом и материалом трубопроводов, условиями их эксплуатации, качеством строительства, степенью агрессивности грунтов и транспортируемой среды и другими местными условиями. Основная часть инженерных коммуникаций в нашей стране выполнена из металлических труб (75%), из которых 70% – стальные и 5% – чугунные. Возраст основной части трубопроводов превышает нормативный срок эксплуатации.

Средний уровень износа сетей в коммунальном хозяйстве составляет около 60%, а в отдельных регионах превышает 70%.

Отсутствие надежной наружной и внутренней гидроизоляции, агрессивность грунтовых вод, грунта и транспортируемой воды, наличие блуждающих токов, приводит к значительной коррозии металлических труб, и к снижению фактического срока их службы. Заращение внутренней поверхности продуктами коррозии или карбонатными отложениями приводит к снижению пропускной способности трубопроводов, повышению затрат электроэнергии на транспортирование воды. Слой отложений в трубах на отдельных участках достигает 10–15 мм. В результате сечение трубы уменьшается до 50%. Износ трубы из-за коррозии местами достигает 45%. На рисунке 1 и 2 показаны фотографии участков стальных трубопроводов, разрушенных в результате коррозии, с образованием сквозных отверстий и появлений утечек воды.



Рисунок 1 – Графитовая коррозия металлических труб



Рисунок 2 – Язвенная коррозия стальных водопроводных труб

Стальные трубопроводы получили преимущественное распространение в нашей стране благодаря высокой механической прочности, устойчивости к температурным воздействиям, низкому коэффициенту температурного расширения, простоте монтажа трубопроводов (сварки) и ремонтпригодности. Основным недостатком стальных труб – низкая коррозионная стойкость [2].

В настоящее время невозможно представить себе такую область жизнедеятельности человека, где не использовались бы полимерные материалы. Наиболее распространенными изделиями из полимеров являются трубопроводы.

Открытые способы ремонта и перекладки трубопроводов в условиях городской застройки и насыщенности коммуникациями стали невозможны или требуют огромных капитальных вложений. Технология бестраншейного ремонта особенно востребована в настоящее время. Благодаря различным методам санации исключаются риски, связанные с обрушениями зданий, осадкой фундаментов, смещением подземных сооружений, причинением повреждений постройкам различного назначения, нарушением движения транспорта [3].

На сегодняшний день наиболее перспективной является созданная в Германии и усовершенствованная в дальнейшем технология санации методом «чулка». Наиболее широкое применение данный метод нашел в санации канализации и водопроводных труб диаметром от 150 до 1500 мм.

Санация – это бестраншейный способ ремонта трубопроводов. Санация позволяет эффективно решить следующие проблемы: снижение проходимости трубопровода из-за отложений на внутренних стенках; устранение утечек воды в результате коррозии трубопровода; разрушение долговечных стальных трубопроводов; разрушение канализационных сетей, исчерпавших срок службы; устранение трещин и засоров трубопроводов. В основном используются два основных метода санации: с разрушением (реновация) и без разрушения (релейнинг) старой трубы [3].

При санации методом релайнинга проводится ремонт существующих поврежденных труб путем протягивания в них полиэтиленовых труб или «чулка». Предварительно старая труба очищается от коррозионных отложений. Данная технология может применяться ко всем стандартным трубам, при этом диаметр старого трубопровода должен быть на 10–15 % больше. Возникающее при этом уменьшение диаметра компенсируется за счет отличных гидравлических параметров новой трубы. Гладкая внутренняя поверхность полиэтиленовой трубы значительно сокращает сопротивление в течение длительного времени и повышает гидравлическую пропускную способность трубопровода. Кроме того, новый трубопровод имеет повышенную коррозионную стойкость.

В случае, если проведение санации способом релайнинга не позволяет создать нужного напора в ремонтируемом участке трубопровода, или требуется увеличение диаметра на ремонтируемом участке, применяется санация с разрушением старой трубы (реновация). Проведение санации в таких случаях осуществляется статическим взламыванием старого трубопровода. Этот способ применяют при работе в сложных гидрогеологических условиях, при непосредственной близости от ремонтируемого участка других коммуникаций и построек.

Санация, в отличие от более дорогих и менее эффективных традиционных открытых траншейных методов замены труб, позволяет: использовать уже существующий канал коммуникаций; снизить риск повреждения соседних коммуникаций; уменьшить общественные затраты и исключить нарушение дорожного движения; уменьшить расходы на земляные и восстановительные работы; уменьшить расход времени на замену труб; не наносить загрязнения окружающей среде.

Санация обладает высокой экономичностью – ремонт с помощью указанной технологии обходится в 2–3 раза дешевле и осуществляется в 5–10 раз быстрее, чем строительство нового трубопровода.

Список литературы

1 **Шальнов, А.П.** Технология и организация строительства водопроводных и канализационных сетей и сооружений / А.П. Шальнов, Г.И. Яковлев. – М. : Стройиздат, 1981. – 412 с.

2 **Соколов, Г.К.** Технология и организация строительства : учеб. / Г. К. Соколов. – М. : Издательский центр «Академия», 2002. – 528 с.

3 **Стаценко, А.С.** Технология и организации строительного производства : учеб. пособие / А.С. Стаценко, А.И. Тамкович. – 2-е изд., испр. – Минск : Выш. шк., 2002. – 367 с.

УДК: 624.152.612

ВОСТРОВА Р.Н., ПЕХОТА А.Н.

ОСАДКИ СТОЧНЫХ ВОД – КОМПОНЕНТ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ БРИКЕТОВ

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель
vostrova@tut.by*

Запасы ископаемых видов топлива катастрофически снижаются в отличие от роста цен на них. Повсеместно наблюдаются неблагоприятные для последствия сжигания ископаемых видов топлива, что приводит к глобальным изменениям климата и загрязнению окружающей среды, связанным с добычей и транспортировкой невозобновляемых энергетических ресурсов.

Огромной проблемой, требующей немедленного принятия решений, является экологически безопасное размещение осадков сточных вод (ОСВ) городских очистных сооружений канализации. Количество осадков, выделяющихся при очистке сточных вод на современных очистных сооружениях, составляет от 2 до 10 % от расхода поступающих вод [2].

Из них используется в народном хозяйстве 4–5 % от всего объема, в основном же осадки складываются и хранятся на территории очистных сооружений, что создает неблагоприятную экологическую ситуацию вблизи городской черты.

Одним из важных элементов комплексной схемы обращения с ОСВ является энергосберегающая технология прессования осадков с получением топливных брикетов. Механически обезвоженный осадок содержит 65–80 % воды. После термической сушки теплотворная способность может достигать 9–13 МДж/кг [3], что соответствует примерно половине теплоты сгорания каменного угля. Рассматриваемый способ утилизации ОСВ является одним из направлений по созданию альтернативного восполняемого топлива.

Переработка 1 тонны ОСВ (в расчете на сухую массу) позволит получить 500 кг условного топлива. Добавление отходов производств, таких как нефте-содержащие шламы и лигнин, позволяет увеличить полноту сгорания, что в свою очередь приводит к снижению содержания вредных веществ в отходящих газах. После сжигания остается зола, которая может использоваться при производстве строительных материалов (керамзит, цемент) или в качестве дополнительного наполнителя при производстве асфальтобетона.

Разработка технологии, обеспечивающей комплексное использование древесных отходов и осадков сточных вод в качестве топлива с приемлемым экологическим уровнем безопасности, применение которого позволит сэкономить первичные энергоресурсы, обеспечить топливом локальные системы теплоснабжения и удовлетворить внутренние потребности страны в местных видах топлива, является актуальной задачей.

Именно поэтому для решения проблем возврата богатых органикой отходов в народнохозяйственный оборот весьма актуальными являются разработка

технологии и определение оптимальных составов, обеспечивающих получение брикетированного твердого топлива на основе древесных отходов с использованием в качестве компонента ОСВ, что имеет научную новизну и практическое значение для увеличения доли местных видов топлива, создания стабильной сырьевой базы для локальных котельных, расположенных на городских очистных сооружениях канализации.

Географическая разбросанность и многочисленность источников ОСВ обуславливает необходимость создания малогабаритных и передвижных средств их переработки, в том числе и с целью получения твердого топлива.

В Республике Беларусь образуется большое количество ОСВ, являющихся ценным сырьем, для переработки которого требуется создание эффективных технологий. В то же время наличие и рост объемов ОСВ создают экологические проблемы, наносящие значительный ущерб окружающей среде.

Большие объемы переувлажненных и засоренных древесных отходов, в первую очередь опилок, требуют разработки новых подходов и путей их рационального использования. Анализ научных исследований показывает пути возможного решения проблемы использования ОСВ и древесных отходов в качестве твердого топлива, применение которого по своим физическим и теплотехническим свойствам не требует значительной модернизации существующего энергетического оборудования.

Для реализации предлагаемых мероприятий оснащения установками по производству разработанного твердого топлива необходима заинтересованность, прежде всего, государственных органов, осуществляющих деятельность в области повышения энергоэффективности, обращения с ресурсами, отходами и охраной окружающей среды.

Развитие данного направления деятельности позволяет:

- улучшить экологию региона на долгосрочную перспективу;
- увеличить ресурсно-сырьевой потенциал, обеспечив локальные системы теплоснабжения альтернативным твердым топливом из отходов;
- экономить сырье, материальные и топливно-энергетические ресурсы за счет использования отходов;
- исключить вывоз отходов деревообработки и ОСВ на свалки и места захоронения;
- обеспечить новые рабочие места;
- создать рынок экологически безопасных технологий и оборудования по переработке и обезвреживанию отходов;
- заработать прибыль от реализации продукции, полученной на основе переработки отходов.

Список литературы

1 **Буряк, О.В.** Плюсы и минусы использования древесины как топлива в современных условиях / О.В. Буряк // Городское хозяйство. – 2008. – № 10. – С. 5–6.

2 **Вострова, Р.Н.** Производство топливных брикетов на основе осадков сточных вод городских очистных сооружений / Р.Н. Вострова, Д.В. Макаров. – Вестник Брест. гос. техн. ун-та. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2012 – № 2. – С. 43–45.

3 **Пехота, А.Н.** Многокомпонентное топливо на основе древесных отходов – одно из направлений решения задач энергосбережения / А. Н. Пехота // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2010. – № 1. – С. 121–122.

УДК 544.723.23

ПЕТЕРИС ГАИЛИТИС

**УПРАВЛЕНИЕ ИЛОМ СТОЧНЫХ ВОД
И ИЗВЛЕЧЕНИЕ БИОГАЗА
НА ГДАНЬСКОЙ ВОСТОЧНОЙ ВОДООЧИСТНОЙ СТАНЦИИ**

*Gdańska Infrastruktura Wodociągowo-Kanalizacyjna Ltd. (GIWK)
ООО «Гданьская инфраструктура водоснабжения и канализации»
(ГИВК), Польша*

В настоящее время 100 % акций городской инфраструктуры водоснабжения и водоочистки (GIWK) принадлежит г. Гданьску. Техобслуживание инфраструктуры передано частному оператору Saur Neptun Gdańsk по договору аренды.

Основными видами деятельности GIWK является подготовка и осуществление инвестиций, в том числе модернизация и/или развитие системы; обслуживание новых объектов для утилизации ила сточных вод (ОСИТ) и извлечение биогаза для теплоэлектроцентрали (ТЭЦ).

В настоящее время на очистные сооружения г. Гданьска поступает около 96 000 м³ сточных вод в сутки, в том числе 6,3 % от общего притока являются сточные воды предприятий пищевой промышленности, судостроительной и химической. В результате очистки сточных вод производится огромное количество активного ила. В связи с этим было принято решений по проектированию установки термического преобразования отложений (ИТРО). Проект по производству энергии из биогаза на Гданьской восточной водоочистой

станции финансировался совместно с Региональной производственной программой ЕС для Поморского воеводства.

Производство биогаза для ТЭЦ при оценочном значении составляет млн м³/год. Состоит из четырех когерационных установок, которые вырабатывают мощность 716 кВт·ч. Общий КПД составляет 81,7 %, для производства электроэнергии – 40,5 %. Технологические мощности при регенерации теплоты позволяют покрывать 100 % потребности завода. Выработанное электричество питает также оборудование для утилизации ила сточных вод, а избыточная энергия продается промышленным предприятиям.

Распределение технологических потоков на водоочистной станции показано на рисунке 1.

Первый поток – ОСИТ (ITPO) – управление илом сточных вод. Технические параметры цеха рассчитаны на мощность 1612–2032 кг/ч (в расчете на сухое вещество) и время работы 7500 ч/год. Содержание сухого вещества в обезвоженном иле – 19–20 %, энергетическая ценность ила – 9500–14800 кДж/кг сухого ила.

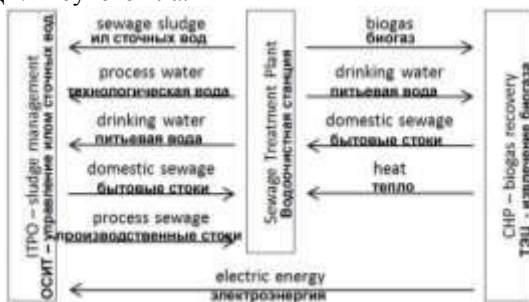


Рисунок 1 – Распределение технологических потоков на водоочистной станции

Для хранения обезвоженного ила построено 6 крытых хранилищ общим объемом 3600 м³.

Система частичной сушки предусматривает работу сушильного аппарата с мультидисковым устройством для сушки. В качестве сушильной среды используется печное топливо. Мощность испарения влаги составляет 2765 кг/ч с увеличением содержания сухого вещества от 20 до 31,4 %.

Второй поток – извлечение биогаза. Для сжигания подсушенного ила установлена и работает печь с псевдооживленным слоем THERMYLIS, которая имеет следующие технические характеристики: высота – 11 м, внутренний диаметр камеры наддува – 3,5 м, внутренний диаметр огнеупорного дугевого распределителя – 6,2 м, температура воздуха наддува в нижней камере – 650 °С, температура сжигания в верхней камере – больше 850 °С.

Для предотвращения загрязнения окружающей среды при сжигании ила осуществляется контроль за выбросами. Для это используется двухступенчатая очистка дымовых газов: I стадия – удаление летучей золы с использованием рукавных фильтров; II стадия – сухой способ очистки – удаление газообразных загрязняющих веществ активированным углем и известковым реагентом Sorbacal (рисунок 2). Уменьшение содержания NOx происходит за счет введение карбамида прямо в печь.



Рисунок 2 – Двухступенчатая очистка дымовых газов с использованием рукавных фильтров и активированного угля

Очистка дымовых газов приводит к образованию опасных отходов. Поэтому производим стабилизацию и затвердевание этих отходов путем обработки двумя порошковыми реагентами и одним жидким реагентом. Это устраняет их опасные свойства, и мы получаем побочные продукты – новые неопасные отходы.

Какой же соблюдается баланс отходов? После сжигания ила получается неопасная летучая зола – 1033 кг/ч, неопасные отходы, полученные путем стабилизации и затвердевания опасных отходов – 763 кг/ч. В сумме 1796 кг/ч.

Таким образом, управление илом сточных вод путем термического процесса дает более чем 80 % сокращение отходов.

УДК 628.51

ГОРЕЛАЯ О.Н.

ВЛИЯНИЕ ДОЗЫ ГЕКСАМЕТИЛЕНТЕТРААМИНА НА СВОЙСТВА СОРБЕНТА ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДНЫХ СРЕД ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель
glesya@mail.ru*

Уровень использования отходов промышленности для различных отраслей народного хозяйства, несмотря на повышенный интерес современного

сообщества, по данным отечественных и зарубежных научных изданий [1–4], для нашей страны находится на достаточно низком уровне. Многие из них практически не поддаются биодegradации, а годами складываются на полигонах предприятий и организаций. К таким отходам часто причисляют и отходы водоподготовки – в частности, отходы промывки фильтров станций обезжелезивания. То есть на сегодняшний день отсутствует системный подход к использованию данных отходов в качестве вторичного сырья, несмотря на то, что осадки станций обезжелезивания характеризуются постоянством элементного состава и не содержат высокотоксичных веществ.

Ранее на основании анализа элементного состава данного вида осадков и наличия значительного количества железа (до 60 %) нами было предложены наноструктурированные сорбционные материалы для удаления нефтепродуктов из водных сред с предполагаемыми магнитными свойствами [4–5].

Определение свойств сорбентов, полученных методом экзотермического горения в растворах, проводилось при различных дозах восстановителя (в качестве восстановителя использовался гексаметилентетрамин). Методика подробно описана в [4].

Полная статическая обменная емкость (ПСОЕ) образцов сорбента варьируется от температуры синтеза и имеет достаточно стабильные показатели. Исследуемые образцы характеризуются значениями обменной емкости от 2,1 до 4,1 мг/г – ПСОЕ превышает для ряда природных и синтетических материалов (например, ПСОЕ сорбента из железистого шлама в зависимости от способа приготовления образцов варьируется от 0,9 до 5,7 мг/г [6]). Наибольшие значения ПСОЕ наблюдаются в образцах, синтезированных при температуре 400–500 °С, где в качестве восстановителя использовался гексаметилентетрамин f1. Это может объясняться тем, что при более низких температурах органическая часть недостаточно выгорает и поглощение вещества имеет более низкие показатели. При сравнении данных ПСОЕ, полученных при мольном соотношении «окислитель-восстановитель», равным 1 (f1) и 3 (f3), избыток восстановителя не дает более высоких показателей полной статической обменной емкости.

Как и ранее [4, 5, 7], принимаем, что сорбция МГ на поверхности полученных образцов осуществляется в один молекулярный слой, можно рассчитать удельную поверхность. Данный способ широко применяется для сравнительного анализа образцов [8]. Наилучшие значения удельной поверхности достигаются при температуре 400–500 °С при мольном соотношения «окислитель-восстановитель» равном 1. Следовательно, избыток гексаметилентетрамина нецелесообразен для использования по сравнению результатов удельной поверхности для данного восстановителя.

При проведении сравнительного анализа нефтеемкости образцов, синтезированных с мольным соотношением «окислитель-восстановитель» равным

1 и равным 3, можно сделать вывод, что все образцы имеют значительно более низкие показатели при избытке восстановителя f3. Показатели нефтеемкости наиболее стабильны при соотношении «окислитель-восстановитель» равном 1, увеличиваются с увеличением температуры синтеза до 400–500 °С, затем кривая НЕ уходит вниз и не дает более высоких показателей при любом количестве восстановителя.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что наилучшие значения ПСОЕ, удельной поверхности и нефтеёмкости получены для образцов, где для синтеза использовалось стехиометрическое количество восстановителя (f1) в сравнении с результатами для образцов, где количество восстановителя было в 3 раза больше стехиометрического (f3). В данном эксперименте в качестве восстановителя использовался гексаметилентетраамин. Дальнейшие исследования удельной поверхности, фазового состава, элементного анализа и наличия остаточных функциональных групп на поверхности частиц позволят дать более точную картину свойств и обосновать полученные зависимости.

Список литературы

1 **Романовский, В.И.** Отходы синтетических материалов для очистки нефтесодержащих сточных вод / В.И. Романовский, В.Л. Грузинова // Водочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2018. – № 1. – С. 24–29.

2 **Romanovski, V.** Agricultural Waste Based-Nanomaterials: Green Technology for Water Purification / V. Romanovski // Aquanotechnology. Elsevier. 2021. P. 567–585.

3 Железосодержащие фотокатализаторы из осадков очистки промывных вод фильтров обезжелезивания / Романовский В.И. [и др.] // Водочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2019. – № 2. – С. 24–28.

4 **Горелая, О.Н.** Магнитный сорбент из отходов водоподготовки для очистки нефтесодержащих сточных вод / О.Н. Горелая, В.И. Романовский // Вестник Брестского государственного технического университета. Серия: Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. 2020. – № 2. – С. 61–64.

5 **Горелая, О.Н.** Сорбент для очистки нефтесодержащих сточных вод на основе отходов станций обезжелезивания/ О.Н. Горелая, В.И. Романовский // Водоснабжение и санитарная техника. – 2020. – № 10. – С. 48–54.

6 **Лукашевич, О.Д.** Сорбент из железистого шлама для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов / О.Д. Лукашевич, Н.Т. Усова // Вестник Том. гос. арх.-строит. ун-та. – 2018. – Т. 20. – № 1. – С. 148–159.

7 **Горелая, О.Н.** Магнитный сорбент из отходов водоподготовки для удаления нефтепродуктов из водных сред / Горелая О.Н., Будейко Н.Л., Романовский В.И. // Вестник Полоц. гос. ун-та. Сер. Ф. Строительство. Прикладные наука. – 2020. – № 16. – С. 52–57.

8 **Каменщиков, Ф.А.** Нефтяные сорбенты. / Ф.А. Каменщиков, Е.И. Богомольный. – М. – Ижевск : НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2005. – 268 с.

ГУРИНОВИЧ А.Д.

**ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ И НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
В СФЕРЕ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И КАНАЛИЗАЦИИ
С УЧЁТОМ ОПЫТА ЕВРОПЕЙСКИХ СТРАН**

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Высшее профессиональное образование (далее – ВПО) и наука в значительной мере должны быть ориентированы на социально-экономическое развитие страны. Без надлежащего ВПО у государства и его народа не будет перспектив роста экономики, а значит и будущего. От качества образования зависит качество управления и в целом качество нашей жизни. «Самое главное в образовании, да и вообще (в экономике и других вопросах) когда мы знаем, что надо делать, но из-за нашего махрового бюрократизма начинаем затягивать эти процессы». «Главная, наверное, тема не только нашего образования, науки, но и вообще нашей жизни – чему учить и как учить.» [1, 2].

ВПО является основным инструментом повышения эффективности водохозяйственных систем. Сложившаяся за последние 10 лет неблагоприятная ситуация в сфере управления коммунальными, промышленными и сельскохозяйственными системами водоснабжения и канализации (далее – ВиК) свидетельствует о падении уровня ВПО и научных исследований. Многие водохозяйственные проблемы, имеющие важнейшее значение для экономики Беларуси, так и не нашли своих решений. Обусловлено это в первую очередь как качеством образования, так и теми знаниями, которыми обладают соответствующие специалисты разных уровней управления.

Результаты и их обсуждение. Уровень профессионализма и компетенции кадрового состава – специалистов в водохозяйственной отрасли существенным образом сказалось на законодотворчестве (Водный кодекс, Кодекс Республики Беларусь о недрах, Закон Республики Беларусь «О питьевом водоснабжении» и др.) и на технических нормативных документах. Многие указанные в них положения не коррелируют с общепринятыми в мировой практике терминами и положениями, изложенными в учебной технической литературе. Этим же и объясняются возникающие проблемы с водоснабжением и канализацией не только в г. Минске, но и по всей территории республики в целом.

Встает вопрос: а чему же должен учить студентов преподаватель в высшем учебном заведении? Во многом причина этому – качество высшего об-

разования и негативное бюрократическое отношения многих вузов к условиям труда профессорско-преподавательского состава, к организации и условиям проведения учебного процесса, а также игнорирование огромного профессионального опыта профессоров. Все это значительно повлияло на снижение уровня образования и науки по многим направлениям в водохозяйственной сфере.

Впервые в истории Беларуси бывший Министр ЖКХ Беларуси А.А. Терехов с пониманием отнесся к этой проблеме образования в ВиК и 28 января 2019 г. и провел расширенное рабочее совещание по обсуждению вопросов образования и науки в сфере водоснабжения и канализации с выпускающими кафедрами университетов: Белорусского национального технического университета (БНТУ), кафедрой «Водоснабжение и водоотведение», Брестского государственного технического университета (БрГТУ), кафедрой «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов», Полоцкого государственного университета (ПГУ), кафедрой «Теплогазоводоснабжения и вентиляции» и Белорусского государственного университета транспорта (БелГУТ), кафедрой «Водоснабжение, химия и экология», а также Белорусского государственного технологического университета (БГТУ), кафедрой промышленной экологии и предприятиями водопроводно-канализационного хозяйства.

Указанные кафедры БНТУ, БрГТУ, БелГУТ и ПГУ готовят инженеров-строителей по специальности «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов» (1-70 04 03). Кафедра БНТУ готовит еще инженеров-экономистов по специальности 1-27 01 01 04 «Экономика и организация производства (коммунальное и водное хозяйство)». Формальное и ничем необоснованное открытие на инженерной кафедре, где нет ни одного преподавателя-экономиста и такой экономической специальности, объединяющей две громадные отрасли в одно направление в образовании, делает невозможным дать необходимые экономические и инженерные знания. Так, коммунальное хозяйство – это обширная сфера деятельности, включающая эксплуатацию и ремонт жилых зданий, городской транспорт, водоснабжение, канализацию, газоснабжение, электроснабжение, теплоснабжение, вентиляци, бани, прачечные, гостиницы, санитарную очистку городов и т.д.

Водное хозяйство – область деятельности, обеспечивающая управление: водными ресурсами и водохозяйственными системами с целью удовлетворения нужд населения и национальной экономики в воде; охраной от загрязнения и истощения; предупреждением и ликвидацией вредного воздействия вод [3].

Действующая система подготовки кадров высшей научно-педагогической квалификации (кандидатов и докторов технических наук) по специальности 05.23.04 «Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов» крайне неэффективна. Отсутствие мотивации (низ-

кие зарплаты профессорско-преподавательского состава со степенью практически не отличаются от неостепененных) повлекло поступление в аспирантуру далеко не лучшие кадры, что существенным образом сказалось на преемственности научных направлений и кадров. В некоторых университетах практически не осталось молодых преподавателей со степенями по направлению ВиК. За последние 20 лет защитилось только 3 доктора технических наук и 12 кандидатов технических наук.

По результатам совещания в утвержденном Министром ЖКХ протоколе был принят ряд важных положений и решений, которые до настоящего времени в полной мере еще не реализуются. По прошествии более полугода практически только БГТУ сделал позитивный шаг в развитии ВПО, открыв подготовку инженеров-технологов по новой специальности «Промышленная водоподготовка и водоочистка» в 2020 году.

К большому сожалению, водная наука и ее материально-техническая база, считавшаяся в СССР одной из ведущих и которой славилась наша республика, практически полностью разрушена (ЦНИИКИВР Минприроды, НПО «Жилкоммунтехника» Минжилкомхоза и др.)

В Национальной академии наук Беларуси также практически нет ученых в области водоснабжения и канализации.

В 2020 году прошло 5 лет, как Беларусь пребывала в Болонском процессе, однако все заложенные в нем принципы и требования за эти годы так и не были в полном объеме реализованы. Участвуя в программах ЕС «Эразмус Мундус» Эвент и АКТИВЕ, проводя лекции и выступая с докладами по направлению самой жизненноважной специальности «водоснабжение и канализация» в ведущих университетах многих стран: России (Московский государственный строительный университет), Грузии (Грузинский технический университет), Казахстана (Казахский национальный технический университет им. К.И. Сатпаева), Кыргызстана (Кыргызский государственный университет строительства, транспорта и архитектуры имени Н. Исанова), Узбекистана (Ташкентский архитектурно-строительный университет), а также США (Райн Софт Университет), Ирана (Тарбиат Модарес Университет, Ислам Азад Университет), Индии, ОАЭ (Масдар – Институт науки и технологии), Голландии (Институт водного образования ЮНЕСКО), Германии (Лейпцигский технический университет), Чехии (Чешский технический университет) и Польши (Варшавский и Белостокский технический университет) – делаешь выводы, что в большинстве из них сегодня самые высокие уровни развития образования и науки, где есть, что сравнивать и перенять самое передовое и инновационное в систему ВПО Беларуси. Университеты многих стран – это образовательные и научные центры, в которых проводятся основные научные исследования по прикладным проблемам. В Германии более 75 % всех научно-исследовательских разработок приходится только на

университеты, в Институте водного образования ЮНЕСКО, Тарбиат Модарес Университете, Масдар – Институте науки и технологии готовят только магистров и докторантов.

Важная роль в качестве образования и его престижа принадлежит системе и организации управления университета, которая должна базироваться на принципах Болонского процесса. В университете вакантное место ректора (выборное), декана, заведующего кафедрой и профессора должен занимать претендент только с ученой степенью доктора наук и со званием профессора, иметь значительный научно-педагогический стаж и активно выполняющий и возглавляющий какое-то современное научное направление. В технических университетах для претендента на эти места обязательным является еще пятилетний стаж и опыт практической работы в сфере производства. Ректор еще должен быть авторитетным специалистом по основным направлениям деятельности университета. Работая в университете, профессор 80 % своего рабочего времени тратит на научную и инновационную деятельность, не привязанную постоянно к рабочему месту и только 20 % – на преподавательскую работу.

Система ВПО в Польше аналогична схемам обучения, которые предлагают европейские страны. В Польше во всех государственных высших учебных заведениях ВПО бесплатное, что является огромным преимуществом в подготовке высококвалифицированных специалистов. Если на 1-й курс поступает 100 студентов, то оканчивают магистратуру 50–60 человек. В постсоветское время в Польше была система ВПО, как и во всех странах СССР и Восточной Европы. Поэтому позитивный 20-летний опыт Польши развития обучения в Болонском процессе, давший стране огромный импульс экономического развития, может быть применен и у нас в Беларуси. Особо следует отметить, что университеты Польши и Восточной Германии сохранили постсоветские сроки очного обучения 5 лет, адаптировав ВПО в бакалавриат (3,5 лет) + магистратуру (1,5 года). Через 3,5 года обучения присваивается квалификация инженер (после защиты диплома) и после последующих 1,5 лет степень магистра-инженера, которые ориентированы, как на научно-исследовательскую деятельность, так и на повышение профессионального уровня по одной из специализаций. В магистратуру зачисляются все студенты, окончившие с оценкой не ниже «хорошо». Обучение на бакалавриате проходит по общей программе обучения по специальности «Инженерия окружающей среды», в магистратуре идет разделение по двум специальностям – «Водоснабжение и канализация» и «Отопление и вентиляция» которые студенты выбирают сами. После окончания магистратуры дипломанты, имеющие научные достижения, могут поступать в докторантуру (аспирантуру), которые после четырехлетнего курса и написания и защиты диссертации получают диплом доктора наук (приравняемый у нас к кандидатам наук). После получения учёной степени доктора наук существует процедура получения

высшей научной квалификации хабилитированного доктора (приравняемой у нас к докторам наук), которая даёт право на занятие вакантной должности профессора в университете.

Система высшего образования предусматривает все формы обучения: очную и заочную. В Польше занятия по заочному высшему образованию проводятся каждую вторую неделю, которые начинаются в пятницу в 17:00 и продолжаются до 22:00, затем в субботу с 8:00 до 22:00 и воскресенье с 9:00 до 17:00. Такой подход к проведению занятий позволяет осуществлять подготовку студентов, практически как и на очном отделении.

В высших учебных заведениях Европы в век цифровых технологий, в отличие от нас, учебный процесс бюрократизирован и рационализирован посредством внедрения и применения новых технологий в электронном формате. Так, в Польше создана электронная Университетская Система Обслуживания Обучения – USOS (Uniwersytecki System Obsługi Studiów) [7]. Благодаря широкому спектру приложений USOS играет роль центрального пункта для сбора информации от всего университета, что значительно улучшает управление учебной работой, позволяет унифицировать университетские процедуры и эффективно реализовывать общеуниверситетские инициативы, а также централизованную авторизацию студентов и сотрудников на веб-сайтах университетов, создание уникальных порядковых номеров и дипломов. Хранение данных в цифровой форме значительно сокращает количество генерируемых документов, что позволяет, среди прочего, исключить бумажные отчеты с оценками, экзаменационные карточки, зачетки и другие документы. У каждого преподавателя и студента есть свой аккаунт, в который внесены все данные студента: от расписания занятий до оценок за сессии. USOS – это не только централизованная база данных, управляемая сотрудниками администрации университета. Система связана с рядом веб-сайтов для абитуриентов, студентов и преподавателей. Они удаленно поддерживают многие аспекты функционирования университета, что значительно облегчает работу административного персонала. Эти веб-сайты позволяют, среди прочего, осуществлять регистрацию абитуриентов, просмотр дидактического материала и планов занятий, запись на занятия, выставление оценок, общение студентов и преподавателей в классных группах, резервирование аудиторий, сбор электронных версий дипломных работ, обмен резюме и просмотр предложений о работе. В отличие от наших учебных планов студент сам может выбирать себе дисциплины для изучения: есть обязательные предметы, а есть предметы на выбор. Есть отличие и в сдаче сессий, все дисциплины в польских вузах делятся: на лекции, практические, лабораторные занятия, курсовое проектирование, практические занятия по специальности, выездные занятия на объектах, семинары. Студенты сдают экзамены только по лекциям – во время сессии, а остальные – до сессии, при этом по всем занятиям ставятся оценки только в электронной системе.

Особо следует отметить работу над дипломами инженерными и магистерскими – еженедельно проводятся со студентами дипломные семинары. В отличие от отечественных университетов, которые пытаются организовать образовательный процесс в соответствии с Болонской декларацией, но не могут отказаться от бумажных зачетов.

Самым позитивным шагом в Беларуси, сделанным для повышения уровня ВПО, создания современной системы обучения и увеличения потенциала экономического роста, является предоставление Всемирным банком 20 мая 2020 года займа в размере 109,01 млн евро на Проект модернизации системы высшего образования в Беларуси (Belarus Higher Education Modernization Project P167992). В рамках проекта с 2020 по 2025 годы студентам и преподавателям ежегодно будут создаваться более качественные условия обучения, будет проведена модернизация и оснащение современным оборудованием учебно-лабораторной базы в 18 учреждениях высшего образования Беларуси, а в ряде учреждений будет проведен капитальный ремонт и реконструкция зданий.

Выводы. Система ВПО и научных исследований в области водоснабжения и канализации нуждается в реформировании, нацеленном на внедрение в полном объеме принципов Болонского процесса. В учебный и исследовательский процесс университетов необходимо внедрять, по опыту передовых стран, современные инновационные технологии в области водоснабжения и канализации, открыть специальность «Инженерия окружающей среды» со специализацией «Водоснабжение и канализация» с целью подготовки практико-ориентированной магистров-инженеров и создать региональные научно-образовательные центры «Строительство и эксплуатация водохозяйственных систем» на базе БНТУ, БГТУ, БрГТУ, БелГУТ и ПГУ и предприятий водопроводно-канализационного хозяйства.

Список литературы

1 Доклад о перспективном развитии национальной системы образования [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://president.gov.by/ru/news_ru/view/doklad-o-perspektivax-razvitiya-natsionalnoj-sistemy-obrazovaniya-20404/. – Дата доступа : 03.03.2021.

2 Экономический словарь-справочник. – М. : Просвещение, 1985.

3 Финансовый словарь проекта «Финам» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : www.finam.ru/dictionary. – Дата доступа : 25.02.2021.

УДК 628.162.5

ЖИТЕНЁВ Б.Н., СЕНЧУК Д.Д.
ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ

БРИКЕТИРОВАННОГО ТОРФА ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

*Брестский государственный технический университет,
Республика Беларусь, gitenev@tut.b, senchuk.d.d@mail.ru*

Одними из опаснейших стойких загрязнений водных объектов являются ионы тяжелых металлов: кадмия, свинца, меди, железа, марганца, никеля, из которых наиболее токсичными являются кадмий и свинец.

Кадмий в промышленном использовании широко применяется в качестве защитного покрытия металлов от коррозии. Сплавы кадмия с незначительными добавками меди, никеля и серебра применяют для изготовления подшипников автомобильных, авиационных и судовых двигателей. Никель-кадмиевые аккумуляторы применяются в мобильных телефонах и прочих электронных устройствах. Кадмий, а также его соединения характеризуются как канцерогенные вещества.

В настоящее время ведутся активные исследования по методам очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов с применением новых композиционных сорбентов. При этом одним из перспективных направлений является применение технологий сорбционной очистки сточных вод с использованием торфа. Наличие в Республике Беларусь значительных запасов торфа создает реальные предпосылки для выпуска дешевых, экологически безопасных сорбентов на основе модифицированного брикетированного торфа.

Цель работы – исследовать сорбционные свойства брикетированного торфа для удаления ионов железа Fe^{+3} , кадмия Cd^{+2} , свинца Pb^{+2} и меди Cu^{+2} из сточных вод.

В процессе исследований использовались физико-химические, технологические, математические методы. Эксперименты производились с использованием торфобрикетов производства торфобрикетного завода «Гатча-Осовское», расположенного в Жабинковском районе Брестской области.

В качестве ионов тяжелых металлов использовались ионы железа Fe^{+3} , кадмия Cd^{+2} , свинца Pb^{+2} и меди Cu^{+2} . В стакан помещали 100 мл раствора и добавляли 10 г гранул торфа. Затем суспензию перемешивали с помощью механических мешалок в течении 3, 5, 10, 20, 40, 60 минут. Растворы фильтровали через бумажный фильтр и определяли остаточное содержание ионов железа Fe^{+3} , кадмия Cd^{+2} , свинца Pb^{+2} , меди Cu^{+2} .

Анализ пробы модельного раствора на содержание Cd^{+2} , Pb^{+2} , Cu^{+2} выполняли с помощью анализатора вольтамперометрического АВА-3. В качестве индикаторного электрода использовали твердый вращающийся электрод из углеродного материала (углеситалл), в качестве электрода сравнения – хлор-

серебряный электрод, вспомогательный электрод – редоксиметрический электрод. Анализируемую пробу растворяли в фоновом хлоридном растворе. Для определения содержания Fe^{+3} использовали фотометрический метод с использованием роданида калия KSCN .

Предварительно изучалась зависимость эффекта очистки от крупности зерен брикетированного торфа. Исследовали эффективность сорбции для гранул средних размеров 1, 2, 3 и 4 мм при продолжительности контакта 60 минут. Было выявлено, что 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 1 мм.

Наиболее эффективно процесс сорбции ионов брикетированным торфом протекал в течение 20 минут контакта, затем он замедлялся. В течение 20 минут удаляется до 97–98 % ионов Cd^{+2} , Pb^{+2} , Cu^{+2} и до 60 % ионов Fe^{+3} и практически наступает сорбционное равновесие. Степень достижения равновесия F показывает, какая часть общего количества вещества сорбируется к данному моменту времени, и для брикетированного торфа она составила при продолжительности контакта 40 минут для кадмия (II), свинца (II) и меди (II) 0,99, для железа (III) 0,71. Наиболее быстро происходит сорбция свинца (II), затем кадмия (II), меди (II) и наконец железа (III).

Для выяснения механизма сорбции ионов кадмия Cd^{+2} , свинца Pb^{+2} , меди Cu^{+2} и железа Fe^{+3} брикетированным торфом результаты экспериментов были обработаны с помощью уравнений диффузионной кинетики.

Кривые сорбции для ионов Cd^{+2} , Pb^{+2} , Cu^{+2} и Fe^{+3} на начальном этапе описываются прямыми, следовательно, диффузия в пленке раствора вносит вклад в общую скорость процесса. При дальнейшем контакте графики сорбции ионов искривляются. Согласно литературным данным, это свидетельствует о том, что диффузия в зерне сорбента контролирует общую скорость процесса. В случае химического взаимодействия торфа с ионами тяжелых металлов вклад в кинетику может вносить стадия собственно химической реакции между сорбируемым ионом и функциональными группами поглотителя. Поэтому для выявления вклада химической стадии при описании сорбционного процесса брикетированным торфом использовали модели псевдопервого и псевдовторого порядка.

Для установления модели, оптимально описывающей сорбцию на брикетированном торфе, сравнивались коэффициенты корреляции псевдопервого и псевдовторого порядка. Установлено, что сорбция ионов Cd^{+2} , Pb^{+2} , Cu^{+2} и Fe^{+3} наиболее точно описывается моделью псевдовторого порядка.

Выводы. Установлено, что эффективность сорбции снижается с увеличением крупности зерен брикетированного торфа. С помощью уравнений диффузионной и химической кинетики установлено, что процесс сорбции идет в диффузионном режиме, при этом вклад в общую скорость процесса вносит стадия химического взаимодействия ионов металла с функциональными группами торфа. Установлена возможность использования брикетированного торфа в качестве сорбента для очистки сточных вод от ионов кадмия, свинца, меди и железа.

Список литературы

1 **Житенев, Б.Н.** Исследование сорбционных свойств брикетированного торфа для очистки сточных вод от ионов кадмия, свинца и меди / Б.Н. Житенев, А.Д. Гуринович, Д.Д. Сенчук // Вестник МГСУ. – 2020. – Т. 15. – Вып. 11. – С. 1534–1545.

2 **Житенёв, Б.Н.** Исследование сорбционных свойств брикетированного торфа для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов / Б.Н. Житенёв, Д.Д. Сенчук // Вестник Брестского государственного технического университета. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика, геоэкология. – 2019. – № 2 (104) / – С. 61–65.

3 **Дремичева, Е.С.** Изучение кинетики сорбции на торфе ионов железа (III) и меди (II) из сточных вод / Е.С. Дремичева // Вестник Моск. ун-та. Сер. 2. Химия. – 2017. – Т. 58. – № 4.

УДК 543.3(569.3)

ЗАРАКЕТ АХМАД

ГЛУБИННАЯ ОЦЕНКА И АНАЛИЗ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА ВОДЫ КАРАУНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В ЛИВАНЕ

Lebanese university, Бейрут, Ливан, zaraketahmad@gmail.com

Актуальность работы. Качество воды в Ливане – это важнейший и тревожный вопрос, который заслуживает беспокойства, так как большинство водных источников загрязнены, особенно поверхностные. Это будет серьезной проблемой, если статус-кво в отношении качества воды в Ливане останется без каких-либо изменений. Не будет преувеличением сказать, что более 50 % ливанской воды загрязнено.

Существует много аспектов ухудшения качества воды в Ливане, включая главным образом органические и химические загрязнения, а также проблемы мутности. Эта проблема обострилась в последние несколько десятилетий, ко-

гда основные планы управления качеством воды вводятся с учетом гидрологических, пространственных и сезонных колебаний важных водных ресурсов Ливана. Широко распространен сброс неочищенных сточных вод в речную систему бассейна Верхнего Литани (УЛБ), что делает его воду непригодной для большинства видов использования. Бассейн Карауна, искусственно созданный в конце реки Литани, вносит решающий вклад в экономическую жизнь Ливана. В связи с этим был проведен детальный физико-химический анализ проб воды в разных местах Караунского водохранилища [1].

Целью данного исследования была оценка качества воды Караунского водохранилища реки Литани и оценка возможности ее многоцелевого использования в качестве одного из решений обострившихся водных проблем Ливана.

Методика выполнения работы. Пробы были взяты с 20 пробоотборных площадок на поверхности воды и на глубине 1 м. Для каждого взятого образца воды был проанализирован ряд параметров, таких как pH, соленость, электропроводность, общее количество растворенных твердых веществ (TDS), растворенный кислород, натрий, калий, кальций, магний, хлор, нитраты и сульфаты.

Основные результаты. Качество воды реки и Караунского водохранилища, как ожидается, будет самым низким, когда поступающий речной сток находится на самом низком уровне и происходит наименьшее разбавление загрязняющих веществ. Колебания качества воды обусловлены: изменчивостью речного притока в связи с добычей воды для орошения; испарениями; малым количеством осадков в сухой сезон; снижением уровня воды в результате проведения ремонтных работ вдоль плотины водохранилища, что приводит к увеличению загрязняющих веществ в водоеме [2].

Следовательно, эти решения могут быть интегрированы для достижения комплексного решения проблемы управления водными ресурсами.

В Ливане нет полного решения ни по одному из аспектов существующих проблем. Это делает проблему воды растущей, особенно потому, что физические проблемы выходят из-под контроля. Таким образом, нехватка воды в Ливане – это острая проблема, поскольку водоснабжение не может удовлетворить спрос на воду. Это хорошо подтверждается тем, что необходимое количество воды на душу населения в Ливане составляет около 220 м³/год, в то время как доступное количество воды примерно в шесть раз превышает это количество (т. е. 1350 м³/год). Ясно также, что водообеспеченность Ливана по-прежнему находится выше порога водного стресса, который оценивается в 1000 м³/год [3].

Существует много исследований по качеству воды в Ливане, где большинство источников показывают неприемлемые уровни по отношению к международным стандартам. Факторы, стоящие за ухудшением качества ли-

ванской воды, имеют два основных аспекта. Это недостаточная осведомленность и отсутствие надлежащего управления. Это можно резюмировать следующим образом: отсутствие надлежащей и новой инфраструктуры для того, чтобы справиться с новыми созданными человеческими поселениями; отсутствие планов утилизации жидких или твердых отходов; чрезмерное использование удобрений на обрабатываемых землях; сброс твердых отходов на берега рек и/или на горные породы с высокой проницаемостью; недостаточная реализация законодательных актов и законов по охране окружающей среды.

Основная проблема связана с нитратами и фосфатами, которые выщелачиваются в нижележащие водоносные горизонты значительно выше допустимых концентраций, предназначенных для потребления человеком. Кроме того, еще более высокие концентрации указанных параметров в поверхностных водах привели к серьезной эвтрофикации реки Литани, а также Караунского водохранилища [4].

Что касается остальных параметров-хлоридов, сульфатов, рН, ЭК и ДО, то их концентрации обычно находятся в пределах допустимых норм, установленных для потребления человеком, орошения и показателей качества рек. Имитационная модель оценки и планирования водных ресурсов (WEAP) показывает, что нынешняя практика сброса неочищенных сточных вод в речную систему уже вызывает широкомасштабное загрязнение, которое обостряется до тревожно опасного состояния в более засушливые периоды, которые длятся большую часть года, а возможно, и несколько лет подряд во время засухи.

В заключение следует отметить, что состояние загрязнения водных ресурсов в Ливане не является достаточно удовлетворительным. Мы должны объединить наши усилия, чтобы избежать загрязнения или, по крайней мере, уменьшить его вред до минимума, чтобы сохранить наши водные ресурсы, обеспечить их устойчивость и защитить здоровье населения.

Список литературы

- 1 Wet season water quality survey of the Litani River Basin. Litani River Basin management support program., 2010.
- 2 **Saadeh, M.**, Physicochemical evaluation of the upper litani river watershed, Lebanon / M. Saadeh., L. Semerjian, N. Amacha // Scientific world Journal, 2012.
- 3 **Shaban, A.** Physical and Anthropogenic Challenges of Water Resources in Lebanon / A. Shaban // Journal of Scientific Research & Reports. – Vol. 479–500. – 2014.
- 4 **Sherif, Arif.** Cost Assessment of Water Resources Degradation (CAWRD) of the Litani Basin The Litani River Basin Consultation Meeting / A. Sherif // Sustainable Water Integrated Management, Beirut. – 2013, 12 December.

УДК 628.2

ЗАЙКО Е., КРИВЧИКОВ А.

УСТРАНЕНИЕ СПЕЦИФИЧЕСКИХ ЗАПАХОВ НА ОБЪЕКТАХ КАНАЛИЗАЦИИ

«Эко-Энерго», г. Брест, Республика Беларусь

В современном мире ни один из крупных городов не может обходиться без работы комплекса сооружений по приему, перекачке и очистке сточных вод. В основном городские очистные сооружения были построены и введены в эксплуатацию после 60-х годов прошлого столетия. За время эксплуатации нагрузка на очистные сооружения возросла многократно. Связано это как с ростом городов, так и с ростом промышленных производственных предприятий. Интенсивное развитие промышленности негативным образом отражается на составе сточных вод, куда могут поступать не только отходы, но и агрессивные вещества, отравляющие окружающую среду.

Как правило, сточные воды, находящиеся в первичной стадии обработки, а именно в приемной камере и далее, включая первичные отстойники, до аэротенков, имеют неприятный запах и, как следствие, могут нуждаться в локализации и дальнейшей очистке. Особенно это актуально, если ОСК располагаются вблизи городской застройки.

С целью улучшения качества жизни населения и решения проблемы неприятного запаха от деятельности городских очистных сооружений, ИООО «Эко-Энерго» разработало и организовало производство системы сбора и очистки неприятных запахов.

Комплексно задача по устранению зловонных запахов решена следующим образом:

- закрытием поверхности очистных сооружений для предотвращения распространения неприятных запахов от первичных отстойников;
- отводом образующихся газов в систему очистки биофильтра и доведением газовой смеси до нормативных показателей выбросов в атмосферу.

Таким образом, проблема устранения неприятных запахов была реализована на многих очистных сооружениях Беларуси и России.

И если производство биофильтров не составляет каких-либо технологических проблем, то перекрытие емкостей из-за их больших геометрических размеров представлялось проблематичным. Компания ИООО «Эко-Энерго» разрабатывает, конструирует и производит перекрытия для отстойников радиальных и прямоугольных форм, защищающих в свою очередь от распространения и локализации неприятного запаха. Все производство находится в

г. Бресте. Перекрытия могут быть изготовлены для радиальных и прямоугольных отстойников нужных заказчику диаметров и заданных прямоугольных размеров.

В зависимости от климатической зоны эксплуатации перекрытия рассчитываются для различной снеговой (до 400 кг/м^2), ветровой нагрузки и расчетной температуры (до минус $57 \text{ }^\circ\text{C}$).

Для устранения неприятных запахов разработаны легкие конструкции перекрытия радиальных первичных отстойников диаметром от 15 до 54 м. Материал конструкции выполнен полностью из стеклопластикового ламината арочной формы.

Использование стеклопластикового материала позволило:

- снизить вес перекрытия минимум в 3 раза, по сравнению с аналогами, выполненными из нержавеющей стали или алюминия;
- увеличить несущую способность перекрытия;
- снизить нагрузку на движущие детали и механизмы илоскреба;
- уменьшить стоимость.

Перекрытие представляет собой купол из стеклопластиковых панелей, соединяющихся между собой болтовыми соединениями (рисунок 1). Количество панелей в перекрытии определяется характеристиками резервуара.

Стеклопластиковое изделие отвечает всем требованиям по химической стойкости, стойкости к агрессивным средам, стойкости к УФ-излучению и физико-механическим свойствам.

Для подтверждения физико-механических свойств были проведены испытания стеклопластиковой панели в институте БелНИИС.



Рисунок 1 – Куполообразная конструкция перекрытия радиальных первичных отстойников

КАПАНСКИЙ А.А.
**ОПТИМИЗАЦИЯ СТОИМОСТИ ОПЛАТЫ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ВОДОЗАБОРА**

*Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого,
Республика Беларусь*

Выполнение комплекса организационных и технических мероприятий, направленных на снижение энергопотребления, всегда остается актуальной задачей в современных условиях функционирования предприятий водопроводно-канализационного хозяйства. Активное внедрение современных энергосберегающих технологий, развитие системы оценки и прогнозирования показателей энергоэффективности, разработка действенных способов и методов выявления скрытых резервов экономии энергоресурсов приводит к снижению энергоемкости продукции.

Значимость государственного контроля в реализации запланированных энергосберегающих мероприятий объясняется необходимостью совершенствования системы тарифного регулирования коммунальных услуг водоснабжения, в состав которых входит удельная энергетическая составляющая затрат, доля которой достигает 25 % (рисунок 1).

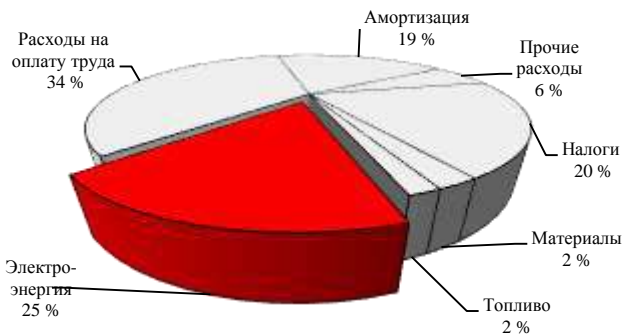


Рисунок 1 – Удельный вес затрат на электроэнергию в составе затрат на производство услуг водоснабжения

В качестве регуляторов электрической нагрузки предлагается использовать накопительные резервуары чистой воды (РЧВ), которые максимально заполняются в ночной тарифной зоне, а в пиковой зоне, где действует наибольшая оплата за электроэнергию, предполагается отключение скважинных насосов и использование резервов аккумулирующих емкостей для обеспечения потребителя требуемым объемом воды. Для оценки целесообразности и экономической эффективности предлагаемого метода регулирования составляется минимизирующая целевая функция, учитывающая удельный расход электроэнергии на подъем и подачу воды и максимальный часовой расход воды.

С другой стороны, при планировании себестоимости добычи воды должны учитываться факторы, определяющие изменение стоимости энергетических ресурсов: индексы изменения цен; оплата за активную электрическую мощность по зонам суток. В сложившихся условиях работы водоканалов актуальным является разработка мероприятий, направленных на регулирование режимов работы насосных агрегатов для оптимизации графиков электрических нагрузок по критерию минимума оплаты за энергоносители.

В Республике Беларусь тариф на электроэнергию для промышленных потребителей с присоединённой мощностью выше 750 кВт·А определяется величиной основной и дополнительной ставок за электроэнергию.

Основными направлениями снижения стоимости за электроэнергию являются: снижение общих затрат электроэнергии за счет повышения энергоэффективности работы оборудования; снижение максимума электрической нагрузки за счет оптимального распределения в течение рабочей смены и оптимальное распределение электрических нагрузок по временным зонам.

Для реализации работы предлагаемого метода необходимо выполнить ряд линейных ограничений. Во-первых, суточный объем подъема воды не должен быть ниже объема подаваемой в трубопроводную сеть. Во-вторых, часовой подъем воды не может быть больше, чем максимальный объем резервуара. В-третьих, необходимо выполнить условие, в котором минимальное значение 30-минутной мощности утреннего максимума будет меньше максимального значения 30-минутной мощности вечернего максимума нагрузок $P_{в, \max}$. Также в систему линейных ограничений необходимо включить границы изменения уровня воды в резервуаре.

На рисунке 2 приведены результаты оптимизации графика электрической нагрузки одного из исследуемых водозаборов минимизирующие стоимость оплаты за электроэнергию. Для приведенных графиков нагрузок оплата за электроэнергию после оптимизации снизилась на 10,2 %.

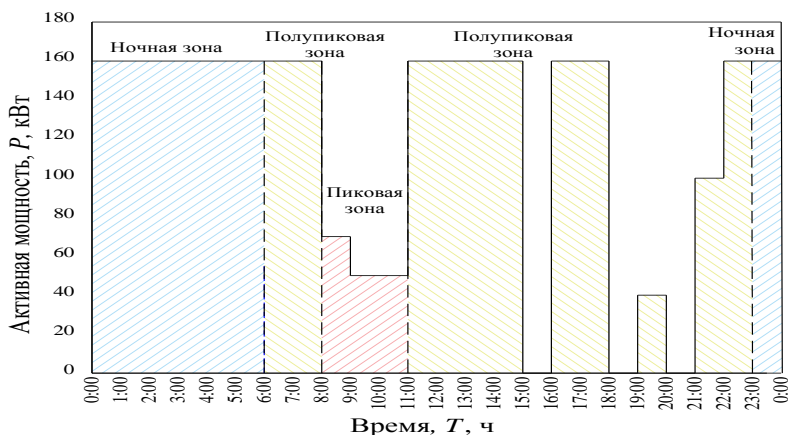


Рисунок 2 – Графики нагрузок водозабора после оптимизации

Список литературы

1. Optimize the cost of paying for electricity in the water supply system by using accumulating tanks. In E3S Web of Conferences / A. Kapanski [et al]. – 2020. – Vol. 178. – P. 01065. EDP Sciences.

УДК 551

КУДИНА Е.Ф.

ПРИМЕНЕНИЕ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ В ТЕХНОЛОГИЯХ ОЧИСТКИ ВОДЫ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Актуальной задачей технической эксплуатации систем водоснабжения является очистка природных и сточных вод, прежде всего, от загрязнений промышленного производства. Суммарный мировой выпуск только производственных сточных вод составляет по приблизительным подсчетам более 500 млрд м³ в год. Отходы промышленного производства приводят к изменению качества природных вод [1, 2]:

- снижается кислотность пресных вод в результате загрязнения серной и азотной кислотами из атмосферы, увеличивается содержание сульфатов и нитратов;

- подкисленные дождевые воды, просачиваясь в нижние слои почвы, растворяют карбонатные породы, что вызывает увеличение содержания ионов кальция, магния, кремния в подземных и речных водах;

- повышается содержание в природных водах фосфатов, нитратов, нитритов и аммонийного азота;

- возрастает содержание в природных водах тяжелых металлов (свинца, кадмия, ртути, цинка и др.);

- поверхностные и подземные воды обогащаются солями, поступающими со сточными водами за счет смыва твердых отходов. Например, из каждых 1000 т городских отходов в грунтовые воды попадает до 8 т растворимых солей, солесодержание многих рек ежегодно повышается на 30-50 мг/л;

- воды загрязняются органическими соединениями (синтетические ПАВ, пестициды и другие токсичные, канцерогенные и мутагенные вещества);

- снижается содержание кислорода в природных водах, в результате его расхода на окислительные процессы, связанные с минерализацией органических соединений, а также вследствие загрязнения водоемов гидрофобными веществами. В отсутствие кислорода в воде развиваются восстановительные процессы, например, сульфаты восстанавливаются до сероводорода.

Возникла потенциальная опасность загрязнения природных вод радиоактивными изотопами химических элементов. Глобальной проблемой стало присутствие в сточных водах нефтяных загрязнений, создающих трудности при отделении выпадающих из растворов осадков с широким диапазоном кислотности.

Цель работы – систематизировать современные волокнистые материалы в технологиях очистки воды.

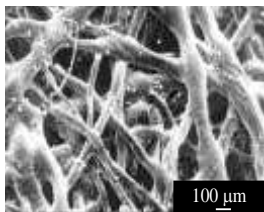
Основные результаты. Почти все применяемые для нейтрализации и очистки сточных вод стандартные типы оборудования предусматривают использование фильтроэлементов в системах пневмоаэрации сточных вод, а также на последней стадии очистки стоков с помощью адсорбционных, бактерицидных или микрофильтров. Перспективным направлением очистки сточных вод является их нейтрализация с помощью биофильтров. В которых

моделируются биофизические и биохимические процессы обработки воды, протекающие в природе.

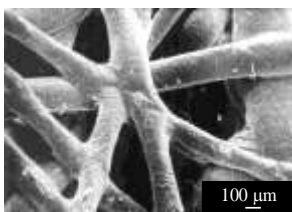
В современном оборудовании для очистки сточных вод в качестве фильтроэлементов используют полимерные волокнистые материалы, полученных по melt-blowing технологии. Она заключается в формировании волокон из жидких или вязкотекучих материалов, нагретых выше температуры плавления или стеклования, и распылении их потоком газа. Распыленная волокнистая масса охлаждается в газовом потоке и осаждается на формообразующей подложке. Технология melt-blowing позволяет: изменять химический состав материала, модифицировать волокна химическими, физическими и биологическими методами на стадии распыления в газовом потоке, закреплять на волокнах дисперсные частицы модификаторов и варьировать текстуру волокнистых материалов. Это обуславливает большие возможности расширения их эксплуатационных свойств. Уникальность melt-blown материалов обусловлена их структурой: большой удельной поверхностью; пористостью; образованием «замороженных» носителей электрических зарядов, распределенных по объему волокон, вследствие чего волокнистая система приобретает повышенную физико-химическую активность и специфические служебные свойства. Технология melt-blowing позволяет получать волокнистые полимерные системы (ВПС), эффективно улавливающие и биологически инактивирующие нефтепродукты, органические растворители, ионы тяжелых металлов, что позволяет упростить очистку сточных вод.

Полимерные волокнистые материалы (ПВМ), полученные методом melt-blowing, являются гетерогенными системами [3, 4]. Они состоят как минимум из двух фаз (при отсутствии модификаторов и наполнителей): волокнистой полимерной матрицы, представляющей собой волокна, хаотически расположенные в пространстве и адгезионно скрепленные в точках касания, и воздушных пустот – сквозных извилистых пор или каналов (рисунок1). Параметры волокнисто-пористой структуры определяют фильтрационные характеристики ПВМ. По критерию преобладающего механизма фильтрации их можно разделить на электростатные, магнитные, адсорбционные, бактерицидные, материалы-носители микроорганизмов и др.

а)



б)



в)

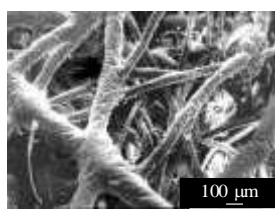


Рисунок 1 – Электронно-микроскопические изображения melt-blown материалов на основе ПЭНД: a – плотность $\rho = 369 \text{ кг/м}^3$, пористость $\Pi = 28 \%$;
 b – $\rho = 373 \text{ кг/м}^3$, $\Pi = 39 \%$; ϵ – $\rho = 250 \text{ кг/м}^3$, $\Pi = 46 \%$

Электретные ПВМ. Принцип действия волокнистого электретного фильтра основан на захвате волокнами частиц благодаря кулоновским и индукционными силами.

Для изготовления электретных фильтроэлементов применяют в основном ПВМ с предварительно заряженными волокнами. Зарядку волокон осуществляют в поле высокого напряжения или коронного разряда. Разработаны технологии получения электретных фильтров из пленки полипропилена и в процессе переработки полиэтилена. Электретные фильтроэлементы сохраняют стабильный заряд при повышенных температурах: выдержка электретного фильтроэлемента при $T = 80 \text{ }^\circ\text{C}$ в течение 100 сут вызывает снижение эффективности фильтрации с 99,5 до 92,0 %.

Магнитные ПВМ. Технологическую основу получения таких материалов составляет метод melt-blowing, включающий дополнительно следующие операции: экструзию расплава полимера, наполненного высокодисперсными порошками феррита бария или стронция; вытягивания волокон с помощью газового потока и их обработку в магнитном поле. По структуре магнитные ПВМ представляют систему когезионно скрепленных волокон, содержащих инкорпорированные частицы ферритового наполнителя.

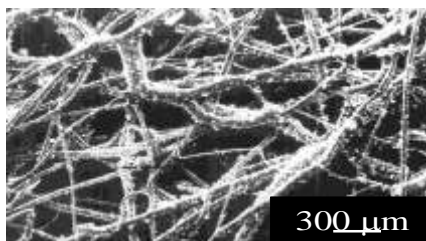
Основными параметрами, характеризующими магнитный фильтрующий ПВМ, являются диаметр волокон, плотность фильтроматериала, концентрация и размер частиц наполнителя. При уменьшении диаметра волокна от 40 до 6 мкм (для масла) и до 20 мкм (для воды) эффективность фильтрации увеличивается от 10 до 100 %. Если волокна не содержат частиц магнитного наполнителя, эта зависимость сдвигается в область меньших значений диаметра волокон, т.е. для улавливания всех частиц диаметр волокон должен быть меньше 3–4 мкм. При увеличении концентрации ферритового наполнителя от 5 до 30 % эффективность фильтрации масла возрастает от 30 до 100 %, а воды – от 60 до 100 %. Полную очистку воды от частиц примесей с диаметром более 5 мкм обеспечивает введение в ПВМ феррита в количестве 20 %. Полностью воду и масло можно очистить с помощью фильтроматериала с плотностью более $0,6 \text{ г/см}^3$.

Адсорбционные и микробицидные ПВМ. Адсорбционные ПВМ предназначены для комплексной глубокой очистки промышленных стоков, в которых одновременно присутствуют тонкие взвеси твердых частиц, эмульгированные нефтепродукты, растворенные соли тяжелых металлов, органические токсиканты и детергенты при значительных колебаниях кислотности и состава стоков. Такие фильтроматериалы содержат иммобилизованные в полимерной волокнистой матрице адсорбционно-активные вещества [1, 2]:

- высокопористые углеродные и неорганические адсорбенты (аэросил, цеолиты, природные и синтетические активные угли, углеродные волокна);
- ионообменные полимерные волокна (на основе модифицированных ПА, ПАН, ПВС и т. д.);
- комплексообразователи с ионами металлов (ферроцианиды, азотсодержащие гетероциклические соединения и др.).

Особенность структуры ПВМ состоит в адгезионном закреплении частиц адсорбента на волокнах (рисунок 2, *а*). Перерабатывать адсорбенты совместно с полимером в процессе получения ПВМ нецелесообразно, т. к. пористые частицы инкапсулируются связующим и теряют свои адсорбционные свойства (рисунок 2, *б*).

а)



б)

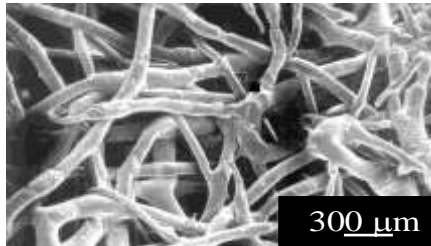


Рисунок 2 – Электронномикроскопические снимки ПВМ на основе ПЭНД, модифицированного древесным активированным углем (13,8 %):

- а* – частицы угля инжестрированы в газополимерный поток,
- б* – частицы угля экструдировались с расплавом полимера

Экспериментально установлено, что в ПВМ можно ввести не более 20–25 % модификатора, соблюдая условие его адгезионного закрепления на поверхности волокон. Технология введения пористых адсорбентов в melt-blown ПВМ, исключаяющая их инкапсуляцию связующим, позволяет получать материалы с высокими адсорбционными характеристиками. Установлено, что melt-blown материалы, состоящие из тонких лиофильных волокон ПЭ или ПП, являются хорошими абсорбентами нефти. Нефтеудерживающая способность таких материалов достигает 10 г/г и более, что превышает аналогичные параметры композиционных материалов, предназначенных для сбора нефтепродуктов. Высокая степень извлечения нефтяного масла при фильтрации через melt-blown ПВМ замасленной воды составляет 60–90 %.

Биологически активные ВПМ предназначены для глубокой биоутилизации загрязнителей сточных вод путем их трансформации в нетоксичные формы с помощью иммобилизованных на носителе микроорганизмов. Усовершенствованные технологии melt-blowing позволяют в едином производственном цикле изготавливать и модифицировать волокнистые полимерные

носители (ВПН), придавая им дополнительные функциональные свойства, направленные на повышение совместимости с микроорганизмами при регулировании их активности. ВПН изготавливают из ПА, ПП или ПЭНД с плотностью 100–400 кг/м³. Удельная поверхность загрузки биофильтров такими носителями (с учетом коэффициента заполнения биофильтра 0,5) достигает (7–11)·10³ м²/м³. Достоинствами ВПН из melt-blown материалов являются низкая насыпная масса (~100–120 кг/м³), химическая и биологическая инертность, а также широкие технологические возможности придания материалу дополнительных функциональных свойств (сорбционных, электростатических и др.). ВПН превосходит по сорбционным параметрам типовые носители микроорганизмов. Биофильтр с ВПН из ПП-2 не уступает по качеству очистки химических стоков биофильтру, заполненному керамзитом. Степень конверсии отдельных загрязнителей лежит в пределах от 35 до 100 %, независимо от типа биофильтра. ВПН обеспечивает высокую эффективность биоочистки при больших расходах стоков, содержании значительных концентраций нефтепродуктов и при наличии в стоках примесей токсичных веществ.

Выводы. Таким образом, широкие возможности melt-blowing технологии позволяют получать ВПМ, которые являются перспективными материалами для эффективной очистки природных и сточных вод.

Список литературы

- 1 **Буря, А.И.** Вода – свойства, проблемы и методы очистки : [монография] / А.И. Буря, Е.Ф. Кудина. – Днепропетровск : Пороги, 2006. – 520 с.
- 2 Химия и микробиология воды : учеб. пособие / Е.Ф. Кудина, О.А. Ермолович, Ю.М. Плещачевский ; под ред. Ю.М. Плещачевского, А.С. Неверова. – Гомель : БелГУТ, 2010. – 335 с.
- 3 Melt Blowing: Equipment, Technology and Polymer Fibrous Materials / L. S. Pinchuk [et al.]. – Berlin : Springer, 2002. – 212 p.
- 4 **Кудина, Е.Ф.** Перспективы применения волокнистых материалов для очистки природных и сточных вод / Е.Ф. Кудина, Л.С. Пинчук // ВодаMagazine. – 2008. – № 2 (6). – С. 20–24.

УДК 556.53(282.2):574.6

КОВАЛЁВ Е.Н., КОВАЛЁВА О.В.
**ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ СТАТУС МАЛЫХ РЕК
ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ**

*Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины,
Республика Беларусь
eg.kovalev2014@yandex.by, sanakovaleva@mail.ru*

Актуальность тематики. Оценка экологического состояния поверхностных водных объектов и контроль за их качеством – одна из актуальнейших задач современной экологии, гизрoэкологии и гидробиологии. Если большим рекам уделяется пристальное внимание, то малые водотоки в этом плане недооценены. А ведь именно малые реки – самый многочисленный тип водных объектов, и они особенно чувствительны к антропогенному воздействию.

Цель работы. Установить экологический статус семи малых рек Гомельской области.

Методика проведения и основные результаты. Гидробиологические и гидрохимические исследования проведены в течение 2020 г. на семи малых реках. В качестве объектов изучения были выбраны реки, подверженные антропогенному воздействию (в том числе сбросу сточных вод), рекреационному использованию, а также одна трансграничная река.

Ведрич. Река в Калинковичском и Речицком районах, правый приток Днепра. Место исследований – вблизи д. Озерщина Речицкого района.

Добысна. Река в Кировском районе Могилевской области, Рогачевском и Жлобинском районах Гомельской области, правый приток Днепра. Пункт наблюдений – на территории аг. Красный Берег Жлобинского района.

Недойка. Река в Буда-Кошелевском районе, левый приток Днепра. Пробы отбирали вблизи д. Недойка этого же района.

Неначь. Река в Калинковичском и Мозырском районах, левый приток Припяти. Место исследований – в районе г. Мозырь (ст. Пхов).

Немьляня. Река в Гомельском районе и Черниговской области Украины, левый приток р. Сож. Пункт наблюдений – вблизи д. Кравцовка Гомельского района.

Уза. Река в Буда-Кошелевском и Гомельских районах, правый приток р. Сож. Пробы отбирали на территории аг. Бобовичи Гомельского района.

Уть. Река в Добрушском и Гомельском районах, левый приток Сожа. Исследования проводили вблизи д. Новая Бухаловка Гомельского района.

Типизацию рек по площади водосбора и абсолютной высоте, а также оценку их экологического состояния (статуса) проводили согласно методике, приведенной в [1]. Характеристика исследованных рек и полученные результаты представлены в таблице 1. В определение экологического статуса в качестве гидрохимических показателей вошли прозрачность, растворенный кислород, БПК₅, аммоний-ион, нитрит-ион, нитрат-ион, фосфат-ион.

Таблица 1 – Результаты исследований

| Река | Длина, км | Площадь водосбора, км ² | Тип | Экологическое состояние |
|---------|-----------|------------------------------------|-----|-------------------------|
| Ведрич | 68 | 1330 | 4 | X |
| Добысна | 81 | 874 | 3 | У |

| | | | | |
|----------|----|-----|---|---|
| Недойка | 14 | 76 | 1 | У |
| Неначь | 41 | 796 | 3 | У |
| Немьльня | 37 | 380 | 3 | У |
| Уза | 76 | 944 | 3 | У |
| Уть | 75 | 433 | 3 | У |

Выводы. Таким образом, установлено, что шесть из исследованных участков рек характеризуются удовлетворительным экологическим состоянием, один – хорошим.

Список литературы

1 Порядок отнесения поверхностных водных объектов (их частей) к классам экологического состояния (статуса) = Парадак аднясення паверхневых водных аб'ектаў (іх частак) да класаў экалагічнага стану (статусу) : ТКП 17.12-21-2015 (33140). – Минск : Минприроды, 2015. – 30 с.

УДК 556.11:628.1.033(476.2-21)

КОВАЛЁВА О.В., ВАСИЛЬЕВ Е.В.

КАЧЕСТВО ВОДОПРОВОДНОЙ ВОДЫ ГОРОДОВ ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

*Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины,
Республика Беларусь
sanakovaleva@mail.ru, eugenevasiliev007@gmail.com*

Актуальность тематики. Качество питьевой воды, поступающей в распределительную сеть, жестко контролируется. Однако при поступлении потребителю возникают случаи, когда вода изменяет свои первоначальные показатели качества.

Цель работы. Оценить качество водопроводной воды, поступающей в жилые дома шести городов Гомельской области.

Методика проведения. Особое внимание следует акцентировать на том, что исследовалась вода, непосредственно поступающая потребителю из крана. Исследования проведены в разные сезоны 2020 г. в городах Светлогорск, Речица, Жлобин, Ветка, Буда-Кошелёво и Мозырь. Оценка качества воды проводилась по 18 показателям: запах при 20 °С/60 °С, цветность, мутность, привкус, рН, азот аммонийный, азот нитритный, азот нитратный, сульфаты, хлориды, железо общее, марганец, кальций, магний, медь, SiO₂, жесткость общая, окисляемость.

Основные результаты. Установлено, что водопроводная вода во всех исследованных городах не соответствует санитарным нормам [1] по следующим показателям: общая жесткость (1,01–1,3 ПДК с наибольшим превышением в г. Мозыре), SiO_2 (1,18–3,41 ПДК с наибольшим превышением в г. Речице), окисляемость (1,08–3,22 ПДК с наибольшим превышением в г. Жлобине).

В городах Жлобин, Буда-Кошелёво, Речица, Мозырь установлено превышение норматива по цветности водопроводной воды в 1,05; 1,05; 1,1; 1,2 раза соответственно. Также отмечены величины мутности воды, не соответствующие требованиям санитарных норм, в городах Жлобин (1,13 ПДК), Речица и Мозырь (1,16 ПДК), Ветка (в 1,2 ПДК).

В городах Речица, Ветка и Мозырь на границе допустимых значений (2 балла) были показатели по запаху воды.

Все другие исследованные показатели качества воды не превышали установленных нормативов.

В целом, качество водопроводной воды городов по суммарному показателю снижается в ряду: Светлогорск → Ветка → Буда-Кошелёво → Жлобин → Речица → Мозырь (рисунок 1).

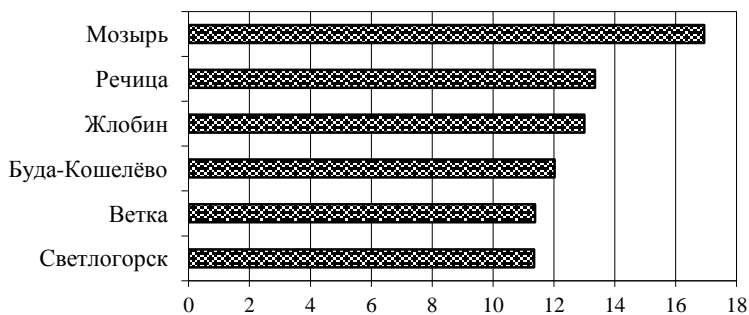


Рисунок 1 – Суммарный показатель качества водопроводной воды

Выводы. Таким образом, водопроводная вода во всех исследованных городах не соответствует нормативам качества по общей жесткости, SiO_2 , окисляемости. В нескольких городах в отдельных случаях отмечается превышение санитарных норм по величинам цветности и мутности воды.

Список литературы

1 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Санитарные правила и нормы: СанПиН 10-124 РБ 99. – Минск, 1999. – 12 с.

УДК 551:574:911.375

КАРПЕНКО А. Ф.

ВЛИЯНИЕ НОВОЙ КЛИМАТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ НА СОСТОЯНИЕ ВОДОЗАВИСИМЫХ ЭКОСИСТЕМ

*Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины,
Республика Беларусь, kaf51@list.ru*

Актуальность тематики. Климат постоянно оказывал и будет оказывать значительное воздействие на человеческую жизнедеятельность. В Беларуси, начиная с 1989 года, наблюдается самый продолжительный период потепления за все время инструментальных наблюдений. За период 1989–2015 г. среднегодовая температура воздуха в Беларуси на 1,2 °С превысила климатическую норму, установленную Всемирной метеорологической организацией. В 2015 г. средняя годовая температура воздуха составила 8,4 °С, что на 2,7 °С больше климатической нормы и стала самой высокой за все время наблюдений, начиная с 1881 г. [1].

В Беларуси годовые суммы атмосферных осадков (500–700 мм) благоприятны для ведения сельского хозяйства. Для республики характерен умеренно континентальный климат. На её территории нет резких природных и экономических отличий. Однако в разных местах имеются свои различия: в природных условиях, размещении населения, специализации хозяйства, что стало основанием для выделения трёх природно-хозяйственных областей (зон): северной, центральной и южной Беларуси. В результате потепления произошло изменение границ агроклиматических областей: Северная агроклиматическая область развалилась, а на юге белорусского Полесья возникла четвёртая, наиболее теплая агроклиматическая область [1, 2].

Цель работы. На основании литературных данных оценить влияние Новой климатической зоны на состояние водозависимых экосистем.

Основные результаты. В результате потепления южная агроклиматическая область сместила свои северные границы за пределы Полесской провинции и теперь она занимает южную половину Западно-Белорусской провинции, южную и западную часть Предполесской провинции и крайний юг Восточно-Белорусской провинции, южная ее граница проходит по левобережью Припяти и далее на восток к северной части Приднепровской низменности.

Новая агроклиматическая область характеризуется самой короткой и теплой в пределах Беларуси зимой и наиболее продолжительным и теплым вегетационным периодом. Ее граница в Гомельской области значительно сместилась на север, особенно на юго-востоке. По оценкам многих ученых глобальное потепление в ближайшие десятилетия будет продолжаться, что приведет

к дальнейшему смещению к северу границ агроклиматических областей с более высокими температурами [3].

Новая агроклиматическая область отличается от всех описанных выше агроклиматических областей более высокими температурами зимы и лета. Весна и лето начинаются раньше и заканчиваются позже, чем в других агроклиматических областях страны. Здесь самая большая продолжительность периода со средней суточной температурой воздуха выше 0 °С (263 дня) – 257 дней на востоке области в Гомеле и 280 дней на юго-западе области в Бресте.

Вегетационный период (период со средней суточной температурой воздуха выше 5 °С) также самый длинный в Беларуси: от 209 дней на юго-востоке области в Брагине до 222 дней на юго-западе области в Бресте. В среднем по области этот период равен 213 дней. Сумма температур за вегетационный период колеблется от 2973 °С в Брагине до 3142 °С на западе области в Бресте. Средняя по области сумма температур за вегетационный период наибольшая для Беларуси и составляет 3034 °С. Продолжительность самого теплого периода лета (период со средней суточной температурой воздуха выше 15 °С) находится в пределах от 106 дней на севере области в Житковичах до 114 дней на востоке области в Гомеле и в среднем по области составляет 109 дней, являясь наибольшей для Беларуси. Наиболее коротким здесь является и период залегания снежного покрова: 72 дня на юго-западе области в Бресте, 90 дней на северо-востоке области в Гомеле и в среднем по области составляет 80 дней. Годовая сумма осадков в Новой агроклиматической области составляет 638 мм с максимумом (733 мм) в Житковичах и минимумом (563 мм) в Брагине. В теплый период выпадает в среднем по области 439 мм. В распределении осадков по территории области в теплый период отмечается та же тенденция, что и за год – от 388 мм в Брагине до 497 мм в Житковичах [1, 4].

Мягкопластичное состояние почвы в среднем наступает в третьей декаде марта. Обработка легких почв возможна и в более ранние сроки. В Новой агроклиматической области на большей части территории почвы начинают промерзать в третьей декаде ноября. На юге области на песчаных почвах в Лельчицах промерзание почвы отмечают со второй декады декабря. Максимальная глубина промерзания почвы в большинстве лет наблюдается с третьей декады января по третью декаду февраля. В этот период глубина промерзания на супесчаных почвах составляет 21–35 см, на песчаных – 20–26 см [5].

Новая агроклиматическая область характеризуется наиболее неустойчивым увлажнением. Следует отметить, что отличительной особенностью Новой агроклиматической области являются частые продолжительные засухи и другие засушливые явления, которые приводят к истощению запасов почвенной влаги и нарушению водного баланса растений, особенно на легких пес-

чанных и супесчаных почвах. В южных районах на очень легких по механическому составу почвах дефицит почвенной влаги может приводить к большим потерям урожая.

Агроклиматические условия этой области по теплообеспеченности в целом благоприятны как для возделывания основных сельскохозяйственных культур, так и некоторых южных теплолюбивых культур, которые ранее являлись нетипичными для этой территории. К таким относятся кукуруза, соя, подсолнечник, просо, сорговые культуры и др. В сложившихся агроклиматических условиях урожай картофеля в этом регионе зачастую бывает пониженным.

Метеорологические условия последних лет характеризуются как особенно экстремальные (лето жаркое и сухое). Это ускоряет прохождение фаз роста и развития растений. Значительное изменение условий произрастания сельскохозяйственных культур вследствие потепления требует корректировок в практике ведения сельского хозяйства, разработке стратегии развития сельскохозяйственного производства, а также его адаптации к переменам климата.

Изменения климатических условий прямо или косвенно (через изменение уровня грунтовых вод, пожары, размножение вредителей леса и усугубление развития болезней) отражаются на состоянии лесной растительности, приводят к изменениям в составе и структуре древесных насаждений.

Из-за значительного роста среднегодовой температуры лесное хозяйство в южных и восточных районах Беларуси уже сталкивается с проблемой недостаточной почвенной влагообеспеченности, что приводит к ослаблению лесных насаждений, последствием которого являются массовые усыхания древостоев, а также их поражения болезнями и вредителями. По данным Государственного кадастра парниковых газов Республики Беларусь, в результате лесных пожаров ежегодно выбрасывается в атмосферу около 172 тыс. тонн парниковых газов. В свою очередь, рост пожаров приведет к дополнительным выбросам парниковых газов, что впоследствии влияет на потепление климата.

Анализ данных показывает, что засухи, охватывающие несколько районов на территории Беларуси, отмечаются все чаще. Повторяемость засух увеличивается с северо-запада на юго-восток. Так, в Гомельской области повторяемость засух с площадью охвата не менее 30 % области составляет примерно 1 раз в 2 года, в Брестской – 1 раз в 2–3 года [5].

Из вышеизложенного следует, что Новая агроклиматическая область особенно влияет на такие сферы экономики как водное, сельское и лесное хозяйство республики.

Выводы. Изменение климата уже начало оказывать неблагоприятное воздействие на агрохозяйственные, лесные и водные экосистемы Беларуси и его дальнейшее изменение может нести серьезные экономические потери и

иметь угрозу для биоразнообразия. По оценкам многих ученых, глобальное потепление в ближайшие десятилетия будет продолжаться, поэтому можно ожидать дальнейшего смещения к северу границ агроклиматических областей с более высокими температурами. По этой причине возникает необходимость в периодическом уточнении границ агроклиматических зон, изучении складывающихся условий внутри каждой области и научном обосновании ведения водозависимых отраслей экономики республики.

Список литературы

1 Агроклиматическое зонирование территории Беларуси с учетом изменения климата / В.И Мельник [и др.] // В рамках разработки национальной стратегии адаптации сельского хозяйства к изменению климата в Республике Беларусь. 7-е заседание Межведомственной рабочей группы по проблемам изменения климата. – Минск : Проект «Clima East», 2017. – 83 с.

2 **Карпенко, А.Ф.** Логистика поступления солнечной энергии в природные системы Беларуси / А.Ф.Карпенко, А.В. Крук. – Гомель, ГГУ им. Ф. Скорины, 2017. – С. 16–20.

3 **Логинов, В.Ф.** Изменение площадей агроклиматических областей на территории Беларуси / В.Ф. Логинов, Т.Г. Табальчук // Природопользование : сб. науч. тр. – 2014. – Вып. 25. – С. 47–52.

4 Шестое Национальное сообщение Республики Беларусь в соответствии с обязательствами по Рамочной Конвенции ООН об изменении климата / РУП «БелНИЦ «Экология». – Минск, 2015. – 306 с.

5 Справочник по климату Беларуси. – Минск, 2017. – 64 с.

УДК: 628.14

КОВЗИК Н.А.

ОСОБЕННОСТИ ФЛОРЫ ПРИБРЕЖНО-ВОДНЫХ ЛАНДШАФТОВ В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

*Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины,
Республика Беларусь, nata_kovzik@mail.ru*

Актуальность изучения флоры и растительности различных биотопов, в том числе прибрежно-водных, заключается в том, что экосистемы постоянно испытывают антропогенные воздействия, изменяются в видовом и количественном отношении. Большую роль играет фактор рекреационной нагрузки, расположенность вдоль транспортных магистралей с большими объемами выбросов автотранспорта.

Целью нашей работы являлось изучение флоры и экологических особенностей растительности прибрежно-водных ландшафтов на территории города Гомеля.

Под группой прибрежно-водных растений чаще всего понимают все растения, связанные с водоемом и его особенностями, обитающие в толще воды (рдесты, уруть, телорез), а также прибрежные растения (тростник, все рогозы, осоки, камыш и др.) и меженные эфемеры [1].

Для выполнения работы применялись общеизвестные экологические и геоботанические методы изучения водной и прибрежной растительности [2].

Работы проводились в районе озер Малое, Дедно и Любенское. Данные участки расположены в различных районах города и отличаются по уровню антропогенного воздействия: Озеро Малое имеет искусственное происхождение, его берега образованы техногенными отложениями, растительный покров формируется здесь на протяжении последних 15–20 лет; прибрежная зона озера Дедно (разделенная на две части старица р. Сож, первая часть которого служит прудом-отстойником для одного из городских коллекторов, вторая является заливом р. Сож, используемым в целях рекреации) имеет низкий уровень антропогенной нагрузки; озеро Любенское (старица р. Сож) является слабо разрушенным водоемом, южный и западный берега которого используются в рекреационных целях.

Основные результаты. При изучении водной и околоводной растительности на озере Малое было определено 9 видов растений. В проективном покрытии преобладал *Phragmites communis*. Менее распространены *Sagittaria sagittifolia*, *Ceratophyllum demersum*, *Calystegia sepium*.

При изучении озера Дедно нами были определены 26 видов растений. В проективном покрытии преобладали *Nuphar lutea*, *Ceratophyllum demersum*, *Sagittaria sagittifolia*, *Potamogeton crispus*. Менее представлены *Butomus umbellatus*, *Nymphaea alba*.

В составе растительности участков, расположенных в береговой зоне озера Любенское, был отмечен 31 вид с преобладанием *Carex vulpina*, *C. acuta*, *Echinocystis lobata*, *Galium verum*.

В ходе исследования было установлено, что большинство встречающихся видов по отношению к трофности являются мезотрофами (57 %). По отношению к влажности преобладают гидрофиты (55 %) и гигрофиты (32 %), гигромезофиты и мезогигрофиты представлены меньшим числом видов. По отношению к свету преобладают светолюбивые виды (69 %), теневыносливые составляют 31 % от всего числа видов растений исследуемых участков.

Выводы. Антропогенная нагрузка вызывает нарушения береговой растительности, которые выражаются в снижении ее видового разнообразия и общего проективного покрытия. Происходит изменение флористического состава: виды, неустойчивые к механическим повреждениям, сменяются более устойчивыми, такими как *Bidens tripartita*, *Ranunculus repens*, видами рода *Carex*.

Список литературы

1 Садчиков, А.П. Прибрежно-водная растительность : учеб. пособие / А.П. Садчиков, М.А. Кудряшов. – М. : Академия, 2005. – 240 с.

2 Федорук, А.Т. Ботаническая география / А.Т. Федорук. – Минск : Изд-во БГУ, 1976. – 224 с.

УДК 681.124

ЛАБУНСКИЙ В.С.,¹ КОВАЛЕВ В.А.,² ДРАГУН А.В.²

МЕТОД МОБИЛЬНОЙ ПОВЕРКИ ВОДОСЧЕТЧИКОВ В ЦЕНТРАЛИЗОВАННОЙ СИСТЕМЕ

¹НПП «Центр энергоучета», г. Киев, Украина

²ОАО «Гомельский завод «Коммунальник», Республика Беларусь

Для владельца водосчетчика поверка данного прибора – это дополнительные затраты на процедуру, которая для абсолютного большинства владельцев является непонятной и хлопотной. Поэтому решение задачи обеспечения поверки квартирных водосчетчиков всегда встречает сопротивление их владельцев. А предприятия, поставщики коммунальных услуг, напротив, заинтересованы в полном объеме проведения поверочных работ.

Поверка индивидуальных приборов учета воды в обязательном порядке проводится на основании Статьи 25 Закона Республики Беларусь от 5 сентября 1995 года № 3848–XII «Об обеспечении единства измерений». Ответственность за своевременное проведение государственной поверки согласно Жилищному кодексу Республики Беларусь несёт потребитель. При несоблюдении периодичности проверки ресурсоснабжающие организации и управляющие компании получают полное право признать показания счетчиков недействительными, что влечет за собой перерасчет суммы оплаты за объем потребленной воды по нормативам, рассчитываемым, исходя из количества жильцов, зарегистрированных в данном помещении [1, 2].

Количество счетчиков воды, установленных в квартирах, постоянно увеличивается и вместе с этим все большее количество таких счетчиков требует проведения плановой поверки. В зависимости от марки счетчика сроки поверки колеблются, и срок наступает через 2 или 4 года.

Существует ряд вопросов. Как проводить такую поверку и нужна ли она вообще? Самым простым вариантом является замена существующего прибора новым, однако это нецелесообразно, так как ресурс работы прибора рассчитан не менее чем на 10–12 лет.

При стандартной процедуре поверки счетчик снимают и отправляют в лабораторию, где на стационарной проливной установке проверяют его характеристики. Этот метод нашел широкое применение и сегодня повсеместно

используется, однако существует ряд ощутимых минусов данного метода. В первую очередь счетчик необходимо демонтировать. Для этого нужно минимум дважды входить в квартиру к абоненту, что требует дополнительных временных и материальных затрат.

Самым простым выходом из данной ситуации является поверка счетчиков на месте эксплуатации прямо в квартире абонента. Однако такой вариант осуществления поверки должен отвечать ряду условий. В первую очередь необходимо отметить, что поверка на месте эксплуатации возможна и целесообразна только в случае, если она будет дешевле, чем в варианте с демонтажом, монтажом счетчика, транспортировкой его в поверочную лабораторию, и исключает возможность манипулирования результатами поверки. Этим требованиям отвечает новая переносная проливная установка АС-П (рисунок 1) производства ООО «НПП «Центр энергоучета», г. Киев, принцип работы которой основан на методе фотофиксации процесса измерения с последующим шифрованием и сохранением данных измерения в энергонезависимой памяти.

Процедура поверки счетчика воды разделена на две операции, 1-я из которых проводится непосредственно на месте эксплуатации счетчика воды, а 2-я может проводиться удаленно, по месту нахождения службы государственного метрологического контроля. Таким образом, в квартиру абонента заходит один раз только оператор установки.



Рисунок 1 – Переносная расходомерная установка для поверки водосчетчиков ДУ15,20

Операция, в процессе которой оператор устанавливает видеокамеру поверочной установки на счетный механизм поверяемого счетчика воды и подключает установку к трубопроводу, по которому протекает вода, прошедшая через поверяемый счетчик. Подключение производится при помощи гибкого шланга в точке разбора воды (кран, смеситель, душевая лейка) (рисунок 2).

Далее оператор, следуя указаниям, поступающим от поверочной установки, открывает кран подачи воды и по мере необходимости (вращая вентили на проливной установке) изменяет расход для проведения поверки на режимах, задаваемых программой установки.

В процессе работы установка автоматически (без участия человека) получает всю необходимую информацию для проведения поверки, а именно:

- координаты и время проведения поверки (связываясь со спутниковой системой GPS);
- фотографии счетного механизма поверяемого прибора до начала работ и в контрольных точках в процессе измерения;
- значения объема, расхода и температуры воды, прошедшей через установку при проведении измерений.

Все результаты измерений могут быть просмотрены оператором, после чего они шифруются в отдельный файл и записываются в энергонезависимую память блока хранения данных, находящегося под защитой метрологической пломбы. Далее по каналам сотовой связи или через интернет зашифрованный файл передается в службу государственного метрологического контроля.

Для уменьшения стоимости поверки водосчетчиков в крупных городах, где на демонтаж и перевозку счетчика к месту поверки тратится большее количество времени, чем на процедуру самой поверки, актуальным является использование технологии фотофиксации показателей, где поверитель анализирует информацию, полученную после дешифрации файла, и по результатам вычислений выдает документ о пригодности или непригодности счетчика воды. Также это решает проблему поверки счетчиков в малых населенных пунктах, где нет стационарных установок и отделений региональных центров метрологии.

Метод фотофиксации с использованием специальной установки позволяет снизить время поверки одного счетчика до 10 минут, используя при этом не более 30 литров воды. В качестве основных преимуществ технического комплекта приборов следует отметить следующие характеристики:

- мобильность – компактность кейса, малая масса, автономное питание;
- высокая точность – ядром установки является расходомер-счетчик производства фирмы SIEMENS с относительной погрешностью в основном диапазоне $\pm 0,25$ %;
- универсальность – система съема данных на основе фотофиксации позволяет проводить контроль любых счетчиков, имеющих счетное устройство.



Рисунок 2 – Пример подключения у потребителя переносной расходомерной установки для поверки водосчетчиков

Комплект переходников позволяет подключить установку к любой точке разбора воды;

- простота эксплуатации;
- скорость – процесс измерения занимает 10-15 минут на один счетчик;
- достоверность – обслуживающий персонал не имеет возможности влиять на алгоритм работы и получаемые результаты, все полученные данные сохраняются в защищенном виде в электронном протоколе;

- полнота данных – в электронный протокол записываются до 13 фотографий проверяемого счетчика воды и показания эталонного прибора на различных режимах, дата и время проведения теста, GPS-координаты места проведения теста;

- удобство обработки – электронный протокол передается по интернет-каналам в контролируемую организацию, где на персональном компьютере, при помощи специального ПО обрабатываются, сохраняются и систематизируются данные;

- надежность – в конструкции установки использованы комплектующие ведущих мировых производителей;

- инновационность – технология работы установки защищена патентом.

Установка полностью устраняет влияние человеческого фактора на процесс измерений и обеспечивает достоверность полученных результатов. При осуществлении измерений не нарушается целостность пломб, а значит опломбирования после проверки не требуется, что опять-таки позволяет снизить затраты при проведении процедуры поверки.

Поверка счетчика без демонтажа производится в соответствии с требованиями методики поверки счетчиков воды с механическим отсчетным устройством номинальных диаметров DN10, DN15, DN20 на месте эксплуатации [3].

Достоверность измерений обеспечивается благодаря полной автоматизации процесса измерения. При проверке измерений полностью устраняется так называемый «человеческий фактор»: электронный протокол автоматически формируется установкой без участия оператора и по интернет-каналам напрямую отправляется на обработку и хранение в поверочную лабораторию. Немаловажным фактом является доступность для просмотра всех результатов измерений. Все электронные протоколы поверки находятся на доступном для участников производственного процесса интернет-сервере. Используется высокоточный рабочий эталон. Дополнительная погрешность, возникающая в процессе снятия показаний с поверяемого счетчика при помощи системы синхронной фотофиксации, компенсируется за счет использования высокоточного рабочего эталона, входящего в состав переносной установки.

В заключение хотелось бы отметить, что массовое внедрение водосчетчиков, применяемых для учета водопроводной воды, потребляемой в жилом секторе, привело к появлению проблем с ведением расчетов по показаниям

этих приборов. Стандартная процедура проведения госповерки счетчика требует от потребителя различного рода затрат, в первую очередь временных. Введение новой системы поверки счетчиков посредством контроля на месте эксплуатации счетчиков воды методом непосредственного сличения с эталонным расходомером-счетчиком в автоматическом режиме с формированием электронного протокола поверки позволит не только сэкономить финансовые и временные ресурсы, но и позволит избежать фальсификации результатов поверки.

Список литературы

- 1 ГОСТ 8.156-83 «ГСИ. Счетчики холодной воды. Методы и средства поверки»
- 2 Жилищный кодекс Республики Беларусь : от 28 августа 2012 г. – Минск : Национальный центр правовой информации Республики Беларусь, 2019. – 286 с.
- 3 СТБ 8046-2015 Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь. Счетчики холодной питьевой воды и горячей воды. Методика поверки.

УДК 681.124

ЛАПИЦКИЙ В.М.

К ВОПРОСУ ОБ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ГОМЕЛЬСКОГО РЕГИОНАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ПО ОБРАЩЕНИЮ С ТВЕРДЫМИ КОММУНАЛЬНЫМИ ОТХОДАМИ

*Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины,
Республика Беларусь, vlad.lapitsky.2002@gmail.com*

Проблема безопасного хранения и вывоза твердых коммунальных отходов (далее – ТКО) для г. Гомеля является одной из самых острых. В связи с ежегодным нарастанием объема отходов, заполнением старого полигона (вблизи д. Уза), а также проблемой решения вопросов экологической безопасности возникла необходимость строительства нового комплекса по обращению с ТКО.

Экологическая безопасность обеспечивается, прежде всего, соответствующим уровнем технологий и достаточным удалением от населенного пункта. Однако учесть все требования экологической безопасности на практике довольно сложно. Поэтому расположение нового комплекса можно считать относительно экономически выгодным и безопасным (при требовании соблюдения санитарно-защитной зоны радиусом 1000 м – удаленность от д. Уза 1,2 км).

Согласно предпроектной документации [1], предусмотрено 4 варианта технологических решений. При любых вариантах в атмосферу будут попадать десятки разнообразных веществ: как неорганических, так и органических. Основная масса выбросов токсичных веществ будет осуществляться в ходе эксплуатации двух составляющих блоков: энергоцентра и полигона ТКО.

В 1-м и 3-м вариантах технологических решений [1, с. 115–176] предусмотрен выброс энергоцентром 33 веществ (20 неорганических и 13 органических), а в вариантах 2 и 4 – 31 (18 неорганических, 13 органических). При любых вариантах технической эксплуатации в атмосферу выбрасываются:

- ртуть, свинец, кадмий, ванадия (V) оксид, таллия карбонат, бенз(а)пирен, полихлорированные бифенилы (1 класс опасности);
- фенол, формальдегид, соединения марганца, соединения мышьяка, медь, азота диоксид (2 класс опасности).

При всех вариантах во время утрамбовки и последующего разложения отходов на полигоне будут выделяться азота диоксид, аммиак, ангидрид сернистый, сажа, твердые частицы (недифференцированные по составу), угарный газ, все изомеры ксилолов, метан, метилбензол, углеводороды предельные алифатического ряда C₁₁-C₁₉, этилбензол. Переработка газов не предусмотрена.

Подавляющее большинство веществ в газообразном состоянии будет попадать в атмосферу. Для некоторых процессов переработки и эксплуатации предусмотрены следующие решения:

- мультициклонные и рукавные фильтры для очистки газов от твердых частиц с эффективностью очистки 90–98 %. Предусмотрена их установка в производственном корпусе и энергоцентре;
- пылеулавливающие установки и агрегаты, портативные фильтры, с эффективностью 92–99 % – в блоке вспомогательных служб;
- каталитические нейтрализаторы для углеводородов предельных алифатического ряда C₁₁–C₁₉ и угарного газа – в автопогрузчиках и производственном корпусе;
- скруббер и биофильтр с эффективностью 94,5–98 %. Его установка предусмотрена во 2-м варианте технологического решения в корпусе очистки воздуха с биофильтрами.

Согласно данным из документации [1, с. 201–204], основным загрязнителем атмосферы по объему будет метан: предусмотрен выброс от 356,39 до 1158,23 т/год. Далее следуют угарный газ (19,07–50,05 т/год), азота диоксид (6,1–31,38 т/год), толуол (4,85–15,80 т/год), аммиак (5,7–13,68 т/год).

Следует также отметить, что во 2-м варианте технологического решения в атмосферу будет попадать полипропиленовая пыль в количестве 4,69 т/год. Это может создать дополнительную нагрузку на окружающую среду и нанести вред живым организмам ввиду высокой миграционной способности этой пыли в атмосфере и гидросфере, длительному сроку их разложения в геосферах. Кроме того, в связи с преобладающими в течение года западными, юго-

западными и южными ветрами – оказывать определенное воздействие на здоровье населения, проживающего в юго-восточной части г. Гомеля.

Особое внимание следует уделить попаданию в атмосферу газов, которые вызывают образование кислотных дождей. Общий объем выбросов соединений азота (азота диоксид и азота оксид) составит от 5,88 до 31,5 т/год, серы диоксида – 1,11–2,38 т/год. Никаких технологических решений по их нейтрализации не предусмотрено. Полагаем, в связи со значительным выбросом кислотных оксидов, а также аммиака, целесообразно рассмотреть вопрос о создании технологической цепочки по производству удобрений (аммиачной селитры и сульфата аммония).

Вариантом 2 предусматривается анаэробная стабилизация мелкой фракции (до 7 мм) ТКО с последующей утилизацией на мини-ТЭЦ и выработкой электроэнергии. Данную возможность можно реализовать и в других технологических вариантах с целью частичного уменьшения объемов выброса опасных веществ в атмосферу.

Следует отметить, что разрешение аварийных ситуаций является важным в сфере мусоропереработки, так как данный процесс пожаро- и взрывоопасен. Для предотвращения пожара или взрыва проектными решениями обеспечиваются все необходимые, согласно нормативным документам, мероприятия. В случае отказа оборудования предусмотрено наличие дополнительной единицы техники.

В документе [1] указываются объемы выбросов веществ при нормальном режиме эксплуатации. Данные показатели имеют несколько условный характер ввиду того, что химический состав отходов может существенно варьировать. Некоторые технологические процессы (газопереработка, улавливание полимерной пыли и др.) требуют дальнейшего рассмотрения и совершенствования с целью уменьшения антропогенной нагрузки на окружающую среду.

Список литературы

1 Гомельский региональный комплекс по обращению с ТКО. Предпроектная документация. Том 18.052-03. Книга 1. Отчет об оценке воздействия на окружающую среду. — Минск : БЕЛКОММУНПРОЕКТ, 2020. – 312 с.

УДК 681.124

ЛИСИЦА Е.А

ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ С УТИЛИЗАЦИЕЙ ОСАДКА

Ежегодно на канализационных очистных сооружениях Республики Беларусь образуется порядка 180–197 тыс. тонн осадков сточных вод по сухому веществу, утилизация и размещение которых представляет серьезную, прежде всего, экологическую проблему [1].

Актуальность поиска путей утилизации осадка обусловлена увеличением его объема в связи с ростом численности городского населения и увеличением объема сточных вод.

На большинстве канализационных очистных сооружений смесь сырого осадка и избыточного активного ила не поддается какой-либо обработке, кроме как обезвоживанию на иловых площадках в естественных условиях.

Использование иловых площадок требует минимальных эксплуатационных затрат, однако имеет ряд недостатков:

- требует больших площадей под их размещение;
- длительность процесса обезвоживания и зависимость его от погодных условий;
- является источником выбросов загрязняющих веществ в атмосферу (аммиак, метан, метилмеркаптан и др.);
- способствует загрязнению почвенного слоя и грунтовых вод.

Современные технологии позволяют избежать нерационального, энерго-, материалоемкого, экологически опасного процесса полной ликвидации путем их сжигания. Рациональное использование осадков подразумевает их утилизацию с получением вторичных материальных ресурсов, применяемых в различных отраслях экономики.

В настоящее время разработаны технологии, позволяющие получать на основе осадков сточных вод широкий спектр продукции:

1 Биогаз, получаемый в результате сбраживания осадков сточных вод в анаэробных условиях. Выделившийся при брожении биогаз, пройдя очистку от серы и силоксанов, поступает на когенерационную установку, где он сжигается. В результате вырабатывается тепловая и электрическая энергия. Часть этой энергии используется на собственные нужды биогазовой станции, остальная энергия может подаваться на иные нужды. Производственные характеристики биогазовой станции производительностью 381,1 м³/сут представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Производственные характеристики биогазовой станции

| № п/п | Наименование процесса | Ед. изм. | Показатель |
|-------|--|---------------------|------------|
| | 1 | 2 | 3 |
| 1 | Переработка смеси избыточного активного ила и осадка первичных отстойников | м ³ /год | 139 102 |

| | | | |
|---|---------------------------------|--------------------------|-----|
| 2 | Получение биогаза | млн. м ³ /год | 3,3 |
| 3 | Выработка электрической энергии | млн. кВт·ч в год | 7,2 |
| 4 | Выработка тепловой энергии | млн. кВт·ч в год | 7,5 |

2 Сельскохозяйственное удобрение или почвогрунт

В таких странах, как Нидерланды, Бельгия и Швейцария, сельскохозяйственное использование осадка сточных вод запрещено или ограничено, поэтому осадок сжигают. В других странах, например, в Финляндии, Эстонии, Польше и Норвегии компостируемый осадок применяется для благоустройства зеленых зон.

Компостирование является аэробным биотермическим процессом разложения органического вещества, в результате которого происходит обеззараживание, снижение влажности и улучшение физико-механических свойств компостируемой массы.

Преимущества для окружающей среды:

- позволяет разложить (окислить) нестабильное органическое вещество осадка, которое в противном случае разлагается в окружающей среде, требуя большого количества кислорода (при окислении в почве) либо выделяя парниковые газы (при захоронении, либо ином складировании);

- компостируемый осадок обладает хорошими мелиорационными и удобрительными свойствами, внешним видом, сыпучестью, высокопроницаем для воздуха, имеет сформировавшуюся почвенную микрофлору. Метод обеспечивает требуемую для почвенной утилизации степень обеззараживания осадков;

- хорошо стабилизированный компост может храниться неограниченно долго и имеет минимум запаха даже при его увлажнении;

- возможно использование в сельском хозяйстве.

3 Гигиенизированный осадок

Комплекс по гигиенизации осадка служит для смешения осадка с негашеной известью (CaO) с целью его стабилизации и дополнительного обезвоживания. Известковое молоко (Ca(OH)₂) обычно добавляется к неуплотненному осадку с низким содержанием сухого вещества. При кондиционировании его добавляют к осадку перед обезвоживанием. Негашеная известь (CaO), как правило, вводится в обезвоженный осадок.

После обработки известью продукт может использоваться в сельском хозяйстве или для благоустройства участков автомобильных, железных дорог и парковых зон. Щелочность почвы обычно слишком низка, поэтому в культивируемые почвы часто вводят щелочные соединения для стимулирования роста растительности. Для этих целей подходит продукт, полученный в результате гигиенизации.

Рассмотренные методы переработки осадков сточных вод позволяют их утилизировать с получением вторичных материальных ресурсов. Согласно

«Классификатору отходов, образующихся в Республике Беларусь» полученные продукты, не относятся к отходам, что исключает необходимость платы экологического налога за захоронение, хранение отходов производства, а также за выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

Список литературы

1 Новикова, О.К. Обработка осадков сточных вод / О.К. Новикова. – Гомель : БелГУТ, 2015. – 96 с.

УДК 543. 062

ЛЫСЕНКО В.Д.

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА РЕЧИЦЫ

*Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины,
Республика Беларусь,*

Актуальность тематики. По состоянию на 1 января 2020 г. в Республике Беларусь доля городских жителей составила около 77,6 %. То есть урбанизированные территории стали основной средой жизнедеятельности людей, и они должны удовлетворять потребности населения в комфортности и безопасности.

Цель работы. Провести геоэкологическую оценку города Речицы.

Методика проведения. Геоэкологическая оценка проводилась покомпонентным методом [1]. Для определения качества городской среды выбраны следующие показатели: загрязнение атмосферного воздуха, загрязнение почвы, загрязнение водных объектов, радиационное и акустическое загрязнение.

Основные результаты. Выявлено, что согласно рассчитанным значениям уровень загрязнения атмосферного воздуха, почв и водных объектов характеризуется как низкий (1–2 балла). Однако ситуация с радиационным и акустическим загрязнением обстоит хуже. Так как район исследования находится на территории распространения радионуклидов и входит в перечень населенных пунктов с периодическим радиационным контролем, уровень загрязнения является средним и составляет от 1 до 5 Ки/км² (1–5 баллов). Наиболее неблагоприятная ситуация обстоит с акустическим загрязнением. Согласно результатам расчета максимальных и эквивалентных уровней шума, акустическое загрязнение по выбранным участкам улично-дорожной сети характеризуется превышениями максимального уровня звука (70 дБ) на

0,05-2,6 дБ, а, значит, и эквивалентного уровня шума. Шумовой фон на основных автомагистралях города находится в пределах 64–72,6 дБ (рисунок 1). Зеленым цветом на рисунке обозначены улицы города с уровнем шума 64,2–69,9 дБ, красным – более 70,0 дБ, сиреневым – более 80,0 дБ (район железной дороги).

На территории городской среды все показатели по выбранным участкам улично-дорожной сети превышали допустимые эквивалентные уровни шума. Наибольшее негативное влияние на здоровье населения акустического воздействия оказывается на жителей, проживающих вблизи железной дороги. Уровень загрязнения – критический (10 баллов).



Рисунок 1 – Схема уровней шума от транспортных средств

Выводы. Покомпонентная геоэкологическая оценка показала, в целом, благоприятное качество среды г. Речица с низким уровнем загрязнения, однако, негативными факторами воздействия выступают радиационное и акустическое загрязнение.

Список литературы

1 Геоэкологическое картографирование : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Б.И. Кочуров [и др.] ; под ред. Б.И. Кочурова. – М. : Академия, 2009. – 111 с.

УДК 621.311.25

КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИОНОВ ЦИНКА, АДМИЯ, ХРОМА В РАСТВОРАХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель
llashkina@mail.ru*

Гальванотехника предполагает автоматизацию и механизацию процессов нанесения покрытий путем создания малоотходных, экологически чистых технологий. Сложность очистки промышленных сточных вод связана с разнообразием примесей, количество и состав которых постоянно изменяется, поэтому возникает необходимость аналитического контроля за содержанием в них тяжелых металлов.

Для качественного гальванического покрытия деталей, повышения износостойкости, прочности сцепления, защиты от коррозии и декоративной отделки необходимо поддерживать определенный уровень содержания ионов металлов в электролитах ванн. Выбор вида покрытия и его толщина определяются назначением детали или изделия, материалом из которых они сделаны, условиями эксплуатации [1].

Целью исследований явилось количественное определение ионов цинка, кадмия, хрома в электролитах гальванических ванн и сточных водах РУП «Завод станочных узлов» города Гомеля.

Определение данных ионов осуществляли фотометрическим методом. Ионы цинка определяли родамином, ионы кадмия – дитизоном, ионы хрома – дифенилкарбазидом [2].

Сточные воды гальванического производства очищались с помощью электрокоагуляции. Под действием постоянного электрического тока происходило растворение анодов и переход ионов металлов в жидкую фазу. В очищаемой воде ионы кадмия, цинка, хрома подвергаются гидролизу с образованием гидроксидов соответствующих металлов. Исследования проводили в период с января по декабрь. Максимальное содержание цинка наблюдалось в октябре – 0,374 мг/л, кадмия и хрома – в декабре – 0,053 мг/л и 0,031 мг/л соответственно. Минимальная концентрация колебалась от 0,011 мг/л (хром) до 0,216 мг/л (цинк). Степень очистки промышленных стоков отвечает требованиям установленных ПДК вредных веществ.

Очищенные сточные воды производства использовались для исследования кумулятивных свойств действия металлов на лабораторных животных (молодые половозрелые белые крысы с массой тела 200–220 г). Клинические проявления регистрировались в течение 14 суток.

Шести опытным крысам вводилась водная суспензия в дозе 550 мг/кг, а шести контрольным – дистиллированная вода в аналогичном количестве.

Эксперимент показал, что признаки интоксикации отмечались первые трое суток (тошнота, слюнотечение, диарея). В дальнейший период состояние животных оставалось в норме.

Представленные на экспертизу отходы процесса очистки сточных вод относятся к 3-му классу опасности; гальванический шлам допускается захоронить на полигоне промтоходов. Из этого следует, что изучаемые элементы (цинк, кадмий, хром) требуют тщательного контроля в промышленных сточных водах, поэтому физико-химические методы количественного определения являются существенной частью химико-экологических исследований.

Список литературы

1 Будников, Г.К. Основы современного электрохимического анализа / Г.К. Будников, В.Н. Майстренко, М.Р. Вяселев. – М. : Мир Бином, 2003. – 592 с.

2 Физико-химические методы анализа. Лабораторный практикум : учеб.-метод. пособие / Е.В. Радион [и др.]. – Минск : БГТУ, 2010. – 108 с.

УДК 551.4(476.13)

НЕВЗОРОВА А.Б.

КСЕНОБИОТИКИ, ЭКОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ВОДЫ

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель
anevzorova@bsut.by*

22 марта – это Всемирный день воды, который в 2021 году отмечается под девизом «Ценность воды». Основным способом снабжения населения чистой питьевой водой является система государственных мер, направленных на снижение содержания токсичных контаминантов в воде. Для этого разработаны и действуют нормативные акты и документы, регламентирующие содержание различных веществ, и, в частности, ксенобиотиков в воде.

Однако, с другой стороны, надо рассматривать не только качество питьевой воды, но и то, как с помощью продуктов, содержащих вредную химию, каждый из нас влияет на ее выбросы в окружающую среду. В последние десятилетия химическая промышленность в геометрической прогрессии выпускает продукты, используемые каждый день человеком, в которых находятся сотни химических веществ, и некоторые из них могут быть опасны для нашего здоровья и для окружающей водной среды. Они используются, чтобы придать продуктам определенные особенности, например, пластичность, водонепроницаемость, устойчивость к грязи или антибактериальные свойства. Их присутствия не избежать. И очень редко их заменяют на другие на основе натуральных компонентов, чтобы снизить их негативное влияние на окружающую

щую среду. Хотя известно, что ксенобиотики являются чужеродными веществами и, попав во внутренние органы человека или в водную среду, могут подвергаться биохимическим превращениям, или биотрансформации, при которой получаются более токсичные вещества [1].

Стоит понимать, что вредные химические вещества не всегда удаляются в процессе очистки сточных вод и в связи с этим могут выходить в окружающую среду вместе с очищенной водой. Современные очистные сооружения не предназначены для того, чтобы удалять эти примеси – в результате не всегда удается избавиться от них. Поэтому, проходя через дренажную систему и процесс очистки, ксенобиотики попадают непосредственно в окружающую среду и водные объекты [2].

Если вещество негативно воздействует на окружающую нас природу – автоматически также вредит нашему здоровью. Особенно неблагоприятное влияние на окружающую среду имеют, например:

- вещества, используемые как консерванты (например, парабены в косметике),
- частицы пластика (присутствуют, например, в пилингах);
- фосфаты, которые можно найти в составе многих порошков для стирки;
- дезинфицирующие средства, использующиеся в косметике и бытовой химии (например, триклозан);
- органические растворители (например, 1,2-дихлорбензол, метанол, бензин);
- аромат (мускус нитропроизводные и полициклические);
- поверхностно-активные вещества в средствах для чистки и стирки;
- отбеливатели оптические, используемые в порошках для стирки;
- присутствующие в косметике УФ-фильтры (бензофенон-3, камфора 3-бензилиден и др.);
- хелатирующие вещества в шампунях, зубной пасте, кремах для загара, бальзамах, дезодорантах и парфюмерии и т. д.

Таким образом, смывая различные составы бытовой химии, косметических и чистящих средств и т.п., ксенобиотики, попадая в сточные воды, а затем на очистные сооружения, создают кумулятивный эффект на выходе из них, который может представлять опасность для водных экосистем, куда попадает не до конца очищенная вода. Проходя процесс биотрансформации, они могут нарушать способность экосистем к самоочищению и самоподдержанию.

Список литературы

- 1 Саловарова, В. П. Введение в биохимическую экологию : учеб. пособие / В. П. Саловарова, А. А. Приставка, О. А. Берсенева. – Иркутск : Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2007. – 159 с.
УДК 628.3

НОВИКОВА О. К.

**НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНАЯ РАБОТА
АЭРАЦИОННЫХ СООРУЖЕНИЙ С АКТИВНЫМ ИЛОМ:
ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ**

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель
olanov2007@mail.ru*

Технологическая эффективность работы сооружений биологической очистки с активным илом оценивается по концентрации БПК₅ и биогенных элементов (азота общего и фосфора общего) в очищенной воде.

Одной из причин неудовлетворительной работы аэротенков является несоответствие принятой технологии очистки количеству, составу и свойствам сточных вод. Неправильное определение расчетных расходов и концентраций загрязняющих веществ в составе сточных вод, поступающих на очистные сооружения, ошибки в выборе технологической схемы, расчетных параметров и типов сооружений приводят к тому, что введенные в действие новые очистные сооружения со временем оказываются неработоспособными.

Недостаточное количество в сточных водах биогенных элементов приводит к ухудшению физических и биохимических свойств активного ила, тормозит рост микроорганизмов и весь процесс биохимического окисления органических веществ.

Продолжительный недостаток азота приводит к образованию активного ила, который плохо оседает во вторичных отстойниках. При недостатке в сточных водах фосфора в составе активного ила начинают преобладать нитчатые формы бактерий, что ухудшает возможность его осаждения, одновременно замедляется рост микроорганизмов и скорость окисления загрязнений.

Концентрации биогенных элементов в городских сточных водах обычно достаточны для нормальной жизнедеятельности микроорганизмов в аэротенках. Но в сточных водах с большим содержанием производственных сточных вод, которые поступают на биологическую очистку, иногда возможен недостаток биогенных элементов.

Цвет пены, образующейся на поверхности аэротанков, может характеризовать различные факторы оказывающие отрицательное влияние на работу аэротенков.

Появление белой, плотной, летучей или мыльной пены на поверхности аэротенка может быть обусловлено:

- перегрузкой аэротенка (низкая концентрация ила в аэротенке);
- избыточным удалением ила из процесса и как следствие перегрузкой аэротенка;

- сокращением количества ила в иловой смеси, вызванным высокотоксичными сточными водами (металлы, бактерициды), низкой температурой сточных вод или резкими перепадами температур;
- гидравлическим выносом ила из вторичного отстойника;
- неправильным распределением поступающих сточных вод и/или потока возвратного ила в одном или более аэротенков.

Причиной возникновения блестящей, темно-бежевой пены на поверхности аэротенка является вероятность его недогрузки (высокая концентрация ила в иловой смеси) из-за недостаточного удаления ила из системы. Также свидетельством того, что аэротенк критически недогружен (слишком высокое содержание ила в иловой смеси), является густая, темно-бежевая пена в виде пленки на поверхности аэротенков [1].

При проведении базового исследования водных ресурсов Мостовского района в рамках проекта «Участие общественности и эффективное управление водными ресурсами в Мостовском районе» [2] на очистных сооружениях канализации г. Мосты в аэротенках-осветлителях наблюдалась избыточное пенообразование (рисунок 1). Установлено, что сброс производственных сточных вод в концентрациях, превышающих допустимые значения для процесса биологической очистки, способствовал гибели микроорганизмов активного ила (рисунок 2).



Рисунок 1 – Пена в зоне аэрации



Рисунок 2 – Активный ил аэротенков

Для восстановления работы аэротанков в подобных случаях необходимо:

- возобновить новую культуру активного ила (ил из системы по возможности необходимо удалять на сооружения по обработке осадков, ил посеять из другого очистного сооружения).
- активно следить за выполнением нормативов по промышленным сточным водам, отводимым на очистные сооружения.

Если аэротенки оказываются перегруженными и соотношение пища/масса большое, а количество ила недостаточное, то необходимо

- сократить до минимума процент удаления активного ила;
- поддерживать уровень концентрации растворенного кислорода в пределах 2,0 мг/дм³;
- следить за обеспечением равномерного перемешивания в аэротенке для поддержания требуемой концентрации растворенного кислорода [1].

Если аэротенк недогружен необходимо увеличить количество избыточного ила не более, чем на 10 % в сутки, пока процесс не войдет в нормальные контрольные параметры и пока на поверхности аэротенка не будет наблюдаться умеренное количество светло-бежевой пены.

Эксплуатация аэротенков при соблюдении основных требований и регулярном контроле показателей, характеризующих нормальную работу сооружений, позволит избежать многих причин неудовлетворительной работы аэрационных сооружений с активным илом.

Список литературы

1 Новикова, О.К. Эксплуатация систем водоснабжения и водоотведения : учеб. пособие / О. К. Новикова. – Гомель : БелГУТ, 2018. – 206 с.

2 Новикова, О.К. Участие общественности и эффективное управление водными ресурсами в Мостовском районе (базовый обзор): отчет для ИПО «Экопартнерство» / О.К. Новикова, А.Б. Невзорова. – Минск, 2019. –156 с.

УДК 628.168.4:661.183.2

ОСИПЕНКО Г. **ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ БОБРУЙСКОГО РАЙОНА**

*Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины,
Республика Беларусь, osipenko.galina@mail.ru*

Актуальность тематики. Необходимость изучения проблем и перспектив использования водных ресурсов, а также контроль за качеством воды имеет большое и первостепенное значение. Проектирование очистных сооружений и в дальнейшем их эксплуатация – важное направление охраны водных ресурсов. Особое значение это имеет для населения регионов, подверженных влиянию радионуклидов, так как отрицательное действие различных токсикантов на организм человека увеличивается. Мероприятия по рациональному использованию и охране поверхностных вод заключаются в устранении причин ухудшения качества и загрязнения вод.

Направленность и интенсивность процессов взаимодействия подземных и поверхностных вод определяются соотношением их уровней (напоров) и свойствами фильтрации пород в основании водоемов и водотоков. Их коли-

чественная характеристика имеет важное значение для решения многих гидрогеологических задач: оценки запасов подземных вод, определения влияния водозаборов на речной сток, выделения водоохраных зон поверхностных водоемов и водотоков, оценки выноса минеральных веществ подземными водами в реки и озера, картирования подземных вод и др.

Возобновляемые ресурсы пресных подземных вод, забор которых не превышает допустимую степень влияния на окружающую среду, могут использоваться объектами хозяйствования без всяких ограничений. Учитывая существенное усиление интенсивности питания подземных вод в процессе их эксплуатации, такой подход расширяет возможности водопотребления. Кардинальное решение проблемы устойчивого водоснабжения сельских населенных пунктов возможно лишь на основе учета закономерностей питания, движения и разгрузки грунтовых и артезианских вод. Известно, что питание грунтовых вод происходит на водоразделах, а разгрузка – в долинах поверхностных водоемов и водотоков. Направление движения подземных вод определяется современным рельефом и конфигурацией гидрографической сети и происходит в основном от водоразделов к пониженным элементам земной поверхности. Установив масштабы загрязнения подземных вод, основные направления их движения, области питания и разгрузки, можно разработать оптимальную схему водоснабжения любого населенного пункта.

Цель работы. Провести анализ использования водных ресурсов на территории Бобруйского района Могилевской области и определить основные задачи в области рационального их использования.

Основные результаты. Проведен анализ использования водных ресурсов Бобруйского района в период 2000–2011 гг. За отчетный период произошло снижение объемов водопотребления. Забор воды из природных источников сократился с 51,8 млн м³ в 2000 г. до 36,3 млн м³ в районе и с 47 до 31 млн м³ в районном центре. Использование воды на производственные нужды снизилось в среднем с 22 до 16 млн м³ как в районе, так и в городе. Использование воды на хозяйственно-питьевые нужды сократилось в среднем с 25 млн м³ до 16 млн м³. Использование воды на орошение снизилось с 1,8 до 0,9 млн м³.

Основными задачами в области рационального использования и охраны водных ресурсов на ближайшие годы в Бобруйском районе являются:

- а) сокращение объема потребления воды на хозяйственно-бытовые нужды до 140 л/сут.;
- б) сокращение потерь воды при добыче и транспортировке до потребителя на 20 %;
- в) увеличение объемов расхода воды в системах оборотного и повторного водоснабжения в промышленности до 95 %;
- г) сокращение сбросов тяжелых металлов и стойких загрязнителей на 95 %, азота и фосфора на 50 %.

Выводы. Снижение показателей использования говорит, прежде всего, о введении новых технологий и более экономичных производственных циклов на промышленных предприятиях, снижающих потребление воды, более рациональное использование водных ресурсов в сельском хозяйстве, а также постоянный рост цен на воду для населения, а также внедрение приборов учёта воды.

УДК 551.4 (476.13)

ОСМИНКО Э.Ю.

СИСТЕМА КАНАЛИЗАЦИИ И ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД НА ПРИМЕРЕ АГРОГОРОДКА МОСТЫ ПРАВЫЕ

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель Os-
minko99@mail.ru*

Почти во всех малых населенных пунктах в Беларуси очистные сооружения включают предварительную механическую очистку и биологическую – на полях фильтрации. Большая часть сооружений разрушена и требуется реконструкция. Пример очистных сооружений аг. Мосты Правые приведен на рисунках 1, 2.

Рисунок 1 – Очистные
сооружения в аг. Мосты
Правые



Рисунок 2 –
Приемная камер

В Республике Беларусь наиболее распространена самотечная система канализации. Для сельской местности создание такой системы предусматривает подключение каждого отдельного здания к сборному уличному коллектору. Этот подход наиболее удобен в эксплуатации и характеризуется минимальными затратами на строительство [1].

Нецентрализованная система канализации практически не используется, так как она предусматривает отведение и очистку сточных вод от каждого здания либо от нескольких, с коротким протяжением трубопроводов. Ее основным недостатком является устройство большого количества очистных сооружений на каждом объекте.

Сточные воды, поступая на очистные сооружения, должны пройти механическую и биологическую очистку. Для предотвращения попаданий грубодисперсных примесей на очистные сооружения устраиваются решетки, которые размещают на входе в очистные сооружения после приемной камеры. Применение песколовков на сооружениях малой производительности нецелесообразно, поэтому после решеток сточные воды отправляются отстаиваться.

Отстаивание – самый простой способ удаления из воды плавающих загрязнений и оседающих на дно примесей. В качестве сооружения при реконструкции очистных сооружений аг. Мосты Правые рекомендуется строительство двухъярусного отстойника, в котором сточные воды осветляются в проточных желобах, а осадок сбрасывается по двухстадийному процессу, что существенно отличается от сбрасывания в септиках. Первая стадия – кислое сбрасывание, вторая стадия – метановое сбрасывание. Эффект осветления в двухъярусных отстойниках достигает 50 % [2].

После двухъярусных отстойников сточные воды должны пройти биологическую очистку. В качестве сооружений целесообразно применять грунтово-растительные площадки. Грунтово-строительная площадка представляет собой ложе, заполненное слоями щебень – песок – щебень.

Обслуживание системы состоит в утеплении поверхности двухъярусного отстойника зимой и сбора опавшей растительности весной.

В данной системе доочистка воды не требуется, сбор очищенной воды может производиться при помощи пруда. Пруд является наиболее дешевым способом в отношении сбора очищенной воды.

На фильтре грунтово-растительной площадки могут быть посажены растения. В Беларуси это могут быть тростник обыкновенный, рогоз, камыш. После ее постройки и посадки растений следует период вступительной эксплуатации, когда растения обустраиваются на данной местности, который продлится около 1–2 года.

Грунтово-растительные площадки позволяют очистить сточные воды до 95–99 %, что делает систему пригодной для использования. Строительство грунтово-растительной площадки и применение двухъярусных отстойников в аг. Мосты Правые возможно в связи с небольшим расходом сточных вод и климатическими условиями.

Список литературы

1 **Ануфриев, В.Н.** Рекомендации по организации водоотведения в сельской местности / В.Н. Ануфриев. – Минск : Позитив центр, 2014. – 60 с.

2 **Новикова, О.К.** Технология очистки сточных вод / О.К. Новикова. – Гомель : БелГУТ, 2020. – 301 с.

ПОПЧЕНКО Л.А., СОКОЛОВ А.С.

ДИНАМИКА АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ БЕЛАРУСИ В 2009–2019 ГОДАХ

Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины,
Республика Беларусь, alsokol@tut.by

Актуальность тематики работы обуславливается стремлением Республики Беларусь к реализации Целей устойчивого развития путём реализации задач, представленных национальным перечнем показателей. В частности, цель 6 «Обеспечение наличия и рационального использования водных ресурсов и санитарии для всех» представлена в том числе такими национальными показателями, как «Добыча (изъятие) воды из природных источников за год на единицу ВДС» и «Интенсивность использования запасов пресной воды (водный стресс)». Мониторинг и выявление динамики антропогенного воздействия на водные ресурсы позволяет определить успешность достижения указанных задач.

Цель работы – выявление динамики изъятия природных вод в целом, по регионам и по видам экономической деятельности и оценка успешности пути к достижению соответствующих показателей ЦУР.

Основные результаты. Из рисунка 1 видно, что по сравнению с 2009 годом уровень изъятия воды из природных источников в 2019 году снизился, особенно для подземных водных источников, причём устойчивое снижение началось с 2014 года. При этом использование воды на хозяйственно-питьевые нужды возросло с 501 до 528 млн м³. За этот же период потери воды при транспортировке снизились в два раза с 84 до 42 млн м³ (а в 2000 году потери при транспортировке составляли 117 млн м³). Сброс сточных вод в поверхностные водные объекты увеличился с 974 до 1019 млн м³ [1].



Рисунок 1 – Динамика изъятия вод из природных источников, % по отношению к 2009 году

Максимальные объёмы забора воды осуществляются в бассейне реки Днепр (470–500 млн м³ в год), второе и третье места занимают Неман и Припять с примерно одинаковыми объёмами изъятия (около 330 м³).

Использование воды по видам экономической деятельности имеет сложную временную структуру. Так, изъятие воды в горнодобывающей промышленности увеличилось с 2010 по 2019 с 14 до 34 млн м³, в производстве пищевых продуктов, включая напитки, и табака, наоборот, снизилось с 67 до 49 млн м³, в целлюлозно-бумажном производстве и издательской деятельности масштабы использования воды испытывали значительные амплитуды повышения и понижения, чётко выраженный тренд отсутствует, а в производстве химических продуктов – остаются примерно на одном уровне (около 50 млн м³ в год). Остальные отрасли промышленности характеризуются значительно меньшими масштабами использования воды. Использование воды в производство и распределение электроэнергии, газа и воды от общего использования воды возросло с 2010 года с 40,4 до 51,0 %.

Выводы. Основными тенденциями в области антропогенного воздействия на водные ресурсы стали снижение масштабов изъятия вод как из поверхностных, так и из подземных источников, значительное сокращение потерь при транспортировке.

Список литературы

1 Охрана окружающей среды в Республике Беларусь: стат. бюлл. / редкол.: И.В. Медведова (пред.) [и др.]. – Минск, 2020. – 203 с

УДК 556.114

ПОПЛАВНАЯ К.В., ВОРОБЬЕВА Е.В.

ИЗМЕНЕНИЕ ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИХ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВОДОПРОВОДНОЙ ВОДЫ ПРИ ЕЕ ДООЧИСТКЕ БЫТОВЫМ ФИЛЬТРОМ «АКВАФОР»

*Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины,
Республика Беларусь*

Централизованная обработка воды на выходе технологического цикла позволяет обеспечить ее качество, соответствующее принятым санитарным нормам. Однако потребитель зачастую самостоятельно проводит доочистку водопроводной воды перед употреблением. Эта процедура рекомендована в случае старых систем транспортировки воды. Как правило, функцию дообработки водопроводной воды выполняют фильтры с сорбционной загрузкой, основным компонентом которого являются активированные угли. Фильтр Аквафор, по данным производителя, содержит активированный уголь и ионообменную смолу.

Цель работы – оценить изменение органолептических и физико-химических свойств водопроводной воды при доочистке питьевой воды бытовым фильтром «Аквафор».

В исследованиях отбирали пробы воды в четырех точках г.Гомеля согласно ГОСТ 31861-2012, проводили её органолептический и физико-химический анализ, затем подвергали доочистке с помощью бытового фильтра Аквафор (модель Прованс А5) и вновь подвергали исследованию. Кислотность среды измеряли на рН-метре 150М, взвешивание сухого остатка проводили на аналитических весах OHAUS RV 1502 (ARA 520, 2 класс точности), измерение оптической плотности (определение содержания железа, фтора) проводили на спектрофотометре ПЭ-5400 ВИ. Содержание ионов хлора в пробах воды проводили титриметрическим методом.

Результаты проведённых исследований представлены в таблицах 1 и 2. Как мы видим, при доочистке водопроводной воды бытовым фильтром органолептические показатели улучшились, но исходные пробы воды также имели высокие характеристики по качеству (таблица 1).

Таблица 1 – Органолептические показатели проб воды, отобранной в микрорайоне Волотова г. Гомеля до и после доочистки

| Точка отбора пробы воды | Запах, балл | Цветность, град. | Мутность, мг/дм ³ |
|-------------------------|-------------|------------------|------------------------------|
| Ул. Сосновая | 1/0 | 0/0 | 0/0 |
| Ул. Владимирова | 0/0 | 0/0 | <0,1/<0,1 |
| Ул. Б. Хмельницкого | 1/0 | 0/0 | 0/0 |
| Ул. Ефремова | 0/0 | 0/0 | 0,21/<0,10 |

Данные таблицы 2 показывают, что доочистка проб воды фильтром снизила показатели жесткости воды рН (за исключением пробы № 4), но увеличила сухой остаток проб воды.

Таблица 2 – Физико-химические показатели проб воды, отобранной в микрорайоне Волотова г. Гомеля до и после доочистки

| Точка отбора пробы воды | рН | Сухой остаток, мг/дм ³ | Жесткость общая, моль-экв./дм ³ |
|-------------------------|------------------------|-----------------------------------|--|
| Ул. Сосновая | 7,3/5,7 | 330/372 | 5,59/5,02 |
| Ул. Владимирова | 7,6/7,1 | 327/369 | 5,30/5,25 |
| Ул. Б. Хмельницкого | 7,3/7,1 | 290/296 | 4,95/3,41 |
| Ул. Ефремова | 7,2/7,5 | 286/290 | 2,78/2,61 |
| Точка отбора пробы воды | Cl, мг/дм ³ | F, мг/дм ³ | Fe, мг/дм ³ |
| Ул. Сосновая | -/- | 0,40/0,38 | <0,1/<0,1 |
| Ул. Владимирова | 13/8 | 0,27/0,25 | <0,1/<0,1 |
| Ул. Б. Хмельницкого | -/- | 0,21/0,11 | <0,1/<0,1 |
| Ул. Ефремова | 13/11 | 0,87/0,30 | <0,1/<0,1 |

Содержание ионов железа во всех пробах (как в контрольных, так и после очистки) осталось неизменным, что связано с минимальным количеством данных ионов в исследуемых пробах, находящимся на пороге чувствительности метода. Наличие ионов хлора было установлено только в пробах воды, отобранных по улицам Владимирова и Ефремова. После доочистки отмечено снижение содержания хлорид-ионов в воде на 15–35 %. Также при доочистке воды отмечено снижение концентрации фторид-ионов (в некоторых пробах (до 34 %), что является негативным фактором, т. к. поступление этого микроэлемента необходимо для здоровья человека.

Выводы. На основании проведенных исследований можно сделать заключение о том, что доочистка воды бытовым фильтром изменяет органолептические и физико-химические характеристики питьевой воды, повышая ее качество и улучшая нормативные показатели. Проводимое исследование позволило установить сходную тенденцию к снижению кислотности воды, жесткости, к снижению содержания хлорид- и фторид-ионов.

УДК 378.01(045)

РОЖКО С.Н., АХМАДИЕВА Ю.И.

ПРОБЛЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ ПЕСКОВОЙ ПУЛЬПЫ С ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ СТОЧНЫХ ВОД

ГПО «Белводоканал», г. Минск, Республика Беларусь

Наряду с осадком сточных вод, хранящимся на очистных сооружениях и оказывающим негативное воздействие на окружающую среду, еще одним отходом является песок из песколовков, или песковая пульпа (далее – пескопульпа). В общем случае песок представляет собой рыхлую осадочную горную породу, состоящую в основном из кварцевых минералов, и является сырьем, обычно используемым во многих областях экономики, в первую очередь в строительстве.

Большое количество песка приносится водой на коммунальные очистные сооружения сточных вод в периоды пиковых расходов (в результате самоочистки сточных коллекторов), когда скорость горизонтального потока воды наиболее высока и, следовательно, увеличивается количество песка, переходящего в суспензию.

Основной целью удаления песка на начальном этапе механической очистки сточных вод является извлечение из исходной воды гравия, песка, а также волокон и относительно мелких минеральных частиц с тем, чтобы предотвратить формирование отложений в каналах и трубопроводах, защитить насосы и иное оборудование от абразивного воздействия.

В составе классической технологической схемы очистных сооружений сточных вод Республики Беларусь, построенных и введенных в эксплуатацию в 70–80-х годах XX века, наибольшее распространение получили горизонтальные песколовки, осадок из которых периодически отводится на песковые площадки для дальнейшего хранения. Зачастую при отсутствии стадии обработки пескопульпы, из-за высокого содержания в ней органических включений, песковые площадки очистных сооружений являются одним из основных источников эмиссии неприятного запаха.

В соответствии с Классификатором отходов, образующихся в Республике Беларусь, песок из песколовки классифицируется как отход с кодом 8430500 и относится к IV классу опасности [1]. Это ограничивает некоторые области его применения, но не полностью препятствует дальнейшему его использованию.

Необходимо понимать, что отходы после соответствующей обработки могут стать сырьем, а очистные сооружения сточных вод – источником такого вторичного сырья.

Песок является сырьем, применяемым в различных отраслях экономики. Основными направлениями его использования являются: строительные работы, благоустройство территорий, ландшафтный дизайн, сельское хозяйство, производство (железобетонных изделий, тротуарной плитки, кирпича, искусственного камня, стекла и т. д.), абразивные работы (пескоструйная обработка твердых поверхностей).

Выбор направления использования песка определяется его свойствами и характеристиками: фракция, влажность, насыпная плотность, содержание органических веществ и т. д. В соответствии с Информационно-техническим справочником по наилучшим доступным технологиям (ИТС №10-2015 от 01.07.2016 г.) «Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов» песколовки в зависимости от конструктивных особенностей подразделяются на следующие виды: горизонтальные; с круговым движением воды; аэрируемые; тангенциальные (вихревые).

Учитывая конструктивные особенности песколовки и опыт их применения на различных объектах очистных сооружений сточных вод, можно сделать выводы об эффективности их применения, а также предположить характеристики полученной пескопульпы.

Для обезвоживания и подсушки пескопульпы без изменения состава сухого вещества применяются песковые площадки и бункеры. Для повышения качественных характеристик песка, удаляемого в технологии очистки сточных вод, в том числе снижения содержания в нем органических загрязнений, а также вирусов и бактерий, используются аппараты отмывки и обезвоживания песка [2].

Наряду с затратами на эксплуатацию дополнительного оборудования для обработки пескопульпы имеет место и ряд значительных преимуществ: снижение объема песка, предотвращение гниения органики при его складировании на песковых площадках, снижение затрат по его транспортировке.

Известна практика Курьяновских очистных сооружений (г. Москва) по подготовке песка к использованию как строительного материала. В этом случае пескопульпа обрабатывается на виброгрохотах, дегельминтизируется и обеззараживается пропариванием [2].

Показателен также опыт очистных сооружений города Тыхы (Польша), где в ходе модернизации технологической линии по переработке пескопульпы в 2015 году было запущено новое оборудование для сепарации, промывки и обезвоживания песка. Применение новой технологии позволило получить песок, пригодный для внесения в почву в соответствии с действующим законодательством, что было подтверждено результатами лабораторных исследований [3].

В результате проведенных мероприятий песок, удаляемый в процессе очистки сточных вод из отходов (код 190802), превратился в сырье для использования в земляных и строительных работах. Расчетная годовая потребность в песке для данных видов работ уменьшилась на 25 %, что позволило сократить расходы на его приобретение, а значит, помимо экологического эффекта, получить также и экономию финансовых средств организации [3].

В настоящее время возможность размещения осадков сточных вод, в том числе и песка из песколовков, на объектах хранения в Республике Беларусь практически исчерпана. Существующая нормативная правовая база и сложившаяся практика обращения с осадками сточных вод, как одним из видов отходов, не позволяет в полной мере использовать их потенциал как вторичного сырья, что делает данную тему чрезвычайно актуальной для научных исследований и разработок.

Выводы. Учитывая действующее законодательство, отсутствие правовых актов по нормированию загрязняющих веществ в песке (пескопульпе), практика использования песка с очистных сооружений как вторичного сырья в Республике Беларусь практически отсутствует. Однако проведение на местах дополнительных исследований и разработка соответствующих технических условий на собственное использование предоставляют возможность получения дополнительных источников вторичного сырья, а вместе с ним и сокращают негативное воздействие на окружающую среду.

Список литературы

1 Общегосударственный классификатор Республики Беларусь. Классификатор отходов, образующихся в Республике Беларусь. Утв. и введ. постановлением М-ва природных ресурсов и охраны окр. среды от 9 сентября 2019 г. N 3-Т.

2 ИТС 10-2019. Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов / Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. – Москва: Бюро НДТ, 2019. – 417 с.

3 Piasek z piaskowników – od odpadu do surowca : [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://sozosfera.pl/scieki/piasek-z-piaskownikow-od-odpadu-do-surowca>. – Дата доступа : 11.03.2021.

АНАЛИЗ ЖЕСТКОСТИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Актуальность данной темы заключается в том, чтобы улучшить и поддерживать нормальное состояние организма с помощью чистой питьевой воды и ее правильного употребления.

Целью данной работы является экспериментальное определение качества воды в городе Гомеле, анализ полученных данных и выявление наиболее качественной пробы.

В основе эксперимента лежит метод титриметрического анализа, который включал в себя 5 этапов:

- 1) взятие и растворение навески;
- 2) приготовление растворов титрантов и установление их точной концентрации (стандартизация);
- 3) создание условий для протекания реакции (температура, рН, ионная сила, концентрация реагирующих веществ, введение катализатора и др.);
- 4) титрование;
- 5) расчет результатов анализа по закону эквивалентов с требуемой точностью.

Данный метод выбирался исходя из следующих соображений:

- быстроты выполнения (обычно несколько минут);
- простоты исполнения опыта (всего одна операция) и оборудования (бюретка);
- точности, равной 0,5 %;
- возможность использования реакций всех 4 типов, протекающих в растворах, поэтому метод применяется чаще, чем гравиметрический;
- низкая стоимость;
- универсальности (метод пригоден для анализа органических и неорганических веществ, водных и неводных растворов).

Титриметрический метод анализа обладает достаточной чувствительностью: при объеме пробы 100 мл можно определить в ней 10^{-3} г вещества (10^{-4} моль/л) (таблица 1).

По результатам титрования трилоном Б и соляной кислотой были получены следующие результаты (таблица 2).

Также были получены результаты эксперимента по устранению жесткости воды (таблица 3). Для избавления от временной жёсткости достаточно просто вскипятить воду. Чтобы определить, насколько этот метод эффективен, мы снова провели титрование соляной кислотой кипяченой воды.

Таблица 1 – Результаты титрования соляной кислотой

| Испытуемая вода | № опыта | $V_{(H_2O)}$, мл | V_{HCl} , мл | $V_{cp(HCl)}$, мл | Временная жесткость воды |
|---|---------|-------------------|----------------|--------------------|--------------------------|
| Вода из фильтра BritaMaxtra | 1 | 100 | 4,1 | 4,1 | 4,1 |
| | 2 | | 4 | | |
| | 3 | | 4,1 | | |
| Вода родниковая | 1 | | 7,4 | 7,4 | 7,4 |
| | 2 | | 7,5 | | |
| | 3 | | 7,4 | | |

Таблица 2 – Результаты титрования трилоном Б

| Испытуемая вода | № опыта | V_{H_2O} , мл | Объем раствора трилона Б, V_2 , мл | $V_{cp(HCl)}$, мл | Общая жесткость воды |
|---|---------|-----------------|--------------------------------------|--------------------|----------------------|
| Вода из фильтра BritaMaxtra | 1 | 100 | 4,5 | 4,4 | 4,4 |
| | 2 | | 4,4 | | |
| | 3 | | 4,4 | | |
| Вода родниковая | 1 | | 9,8 | 9,8 | 9,8 |
| | 2 | | 9,8 | | |
| | 3 | | 9,8 | | |

Таблица 3 – Результаты титрования соляной кислотой

| Испытуемая вода | № опыта | V_{H_2O} , мл | V_{HCl} , мл | $V_{cp(HCl)}$, мл | Временная жесткость воды |
|-----------------|---------|-----------------|----------------|--------------------|--------------------------|
| Вода из фильтра | 1 | 100 | 3,1 | 3,1 | 3,1 |
| | 2 | | 3,2 | | |
| | 3 | | 3 | | |

В результате проделанной работы можно сделать следующие выводы о воде в городе Гомеле:

- по полученным данным, мягче всех представленных образцов вода, прошедшая через фильтр. Она прошла все испытания и соответствует нормам. А вот вода родниковая, напротив. Она оказалась самой жесткой и мало пригодной для употребления;

- в питьевой воде города Гомеля преобладает карбонатная жесткость;

- опытным путем установили, что кипячением можно уменьшить временную жесткость воды на 1.

Знание жесткости воды необходимо для более долгосрочного использования водонагревательных приборов, котлов, стиральных машин и что самое важное для поддержания собственного здоровья.

Постоянное употребление чистой воды поможет сохранить и преумножить свое здоровье и здоровье своих родных и близких.

УДК 628.3

ЩЕПОЧКИНА Ю.А.

ТРЕБОВАНИЯ К ВОДЕ ДЛЯ ЗАТВОРЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ ВЯЖУЩИХ ВЕЩЕСТВ

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет», Российская Федерация, julia2004ivanovo@yandex.ru

Свойства бетонов или строительных растворов на основе минеральных вяжущих веществ (портландцемента, шлаковых цементов, глиноземистого цемента и др.) во многом определяются не только качеством вяжущего, но и качеством воды, используемой для его затворения.

Для затворения минеральных вяжущих веществ рекомендуется использовать питьевую воду, стандарты качества которой определяют в соответствии с микробиологическими, химическими и индикаторными параметрами. Нормируют бактериологический состав воды по общему числу бактерий (не более 100 в 1 мл неразбавленной очищенной воды) и по числу кишечных палочек (не более одной в 300 мл воды). Учитывают содержание 13 токсичных химических веществ: Be^{2+} , Mo^{6+} , As^{3+} , As^{5+} , NO_2 , Pb^{2+} , Al^{3+} , Se^{4+} , Sr^{2+} , F^- , U , Ba , $Sr-90$, Ra , а также хлориды, сульфаты, железо, марганец, цинк, гексаметафосфат, триполифосфат, соли общей жесткости. Принимают во внимание органолептические показатели: запах, цвет, привкус, мутность [1, 2].

Вода должна быть чистая, проточная, не содержать примесей, препятствующих нормальному твердению вяжущего – кислот, сульфатов, жиров, растительных масел, сахара. Не пригодны к использованию застойные, болотные, а также сточные воды, которые могут содержать нефтепродукты, фосфаты, хлориды, сульфаты, нитраты, нитриты, аммиак и ионы аммония, железо, хром, медь и другие вещества [3]. Такая вода препятствует процессам схватывания вяжущего и разрушает образующийся цементный камень. Не пригодна вода, загрязненная вредными примесями, имеющая рН менее 4 и содержащая более 0,27 % сульфатов (в пересчете на SO_3) [4].

В некоторых случаях возникает вопрос о необходимости использования для затворения минеральных вяжущих веществ морской воды. При этом надо учитывать следующее.

Морская вода значительно отличается от питьевой, что связано с растворенными в ней примесями. Известно не менее 49 химических элементов, содержащихся в морской воде. Соленость воды зависит от географических условий, но можно все же сказать, что в среднем она составляет примерно 35 кг растворенного вещества на каждые 1000 кг воды. Самые распространенные вещества, содержащиеся в морской воде в ионизированном состоянии – хлориды натрия (NaCl) и калия (KCl), а также сульфат магния (MgSO₄).

Под влиянием ряда факторов соленость морской воды отличается на разных широтах. В районах, где впадающие в океан реки приносят сравнительно чистую пресную воду, в частности, в полярных областях, морская вода быстро разбавляется и ее соленость может понижаться до 3,3 %. В тропических широтах, где рек меньше, а испарение велико, соленость возрастает до 3,7 %. При испарении морской воды в естественных условиях последовательно образуются следующие минералы: кальцит CaCO₃; магнезит MgCO₃; доломит MgCO₃ · CaCO₃; нексвегонит MgCO₃ · 3 H₂O; гипс CaSO₄ · 2 H₂O; ангидрит CaSO₄; глауберит Na₂SO₄ · CaSO₄; тенардит Na₂SO₄; мирабилит Na₂SO₄ · 10 H₂O; астраханит Na₂SO₄ · MgSO₄ · 4 H₂O; галит NaCl; сильвин KCl; карналлит KCl · MgCl₂ · 6 H₂O; эпсомит MgSO₄ · 7 H₂O; гексагидрит MgSO₄ · 6 H₂O; каинит KCl · MgSO₄ · 3 H₂O; бишофит MgCl₂ · 6 H₂O [5].

Морскую и другую воду, имеющую минеральные соли, можно использовать для затворения минеральных вяжущих веществ, при условии, что общее количество солей в ней не превышает 2 %. Следует учитывать, что плотность морской воды в некоторых случаях может значительно отличаться от плотности питьевой воды и достигать 1200 кг/м³.

При использовании для затворения минеральных вяжущих веществ подземных вод необходимо принимать во внимание их состав. Подземные воды могут быть мягкие (содержат мало растворенных солей и газов); жесткие (с повышенным содержанием растворенных солей); минеральные (содержат растворенные в них соли в количестве не менее 1 г в 1 кг воды или газы), в том числе киселки, щелочные «киселки», сульфатные, горькие, соленые, серные, иодо-бромные, железистые, радиоактивные воды [6]. Естественно, что некоторые из таких вод непригодны для затворения, так как растворенные в них вещества будут приводить к нарушению процесса схватывания минеральных вяжущих веществ.

Пригодность воды для затворения минеральных вяжущих веществ, в частности, цементов, устанавливают химическим анализом и сравнительными испытаниями прочности бетонных образцов, изготовленных на данной и на питьевой воде и испытанных в возрасте 28 сут. при хранении в нормаль-

ных условиях. Вода считается пригодной, если приготовленные на ней образцы характеризуются прочностью, не меньшей, чем образцы, приготовленные на питьевой воде [4].

Список литературы

1 **Елин, Н.Н.** Методы очистки природных вод / Н.Н. Елин, Е.И. Крупнов. – Иваново: ИГАСА, 2004. – 95 с.

2 **Гертман, Л.Н.** Нормирование допустимых сбросов особо опасных химических веществ в составе сточных вод / Л.Н. Гертман // Актуальные научно-технические и экологические проблемы сохранения среды обитания. – Брест, 2013. – С. 28–31.

3 Аналитический контроль сточных вод на предприятиях железнодорожного транспорта / И.П. Журова [и др.] // Проблемы безопасности на транспорте. – Гомель, 2010. – С. 267–268.

4 **Воробьев, В.А.** Строительные материалы / В.А. Воробьев, А.Г. Комар. – М.: Стройиздат, 1976. – 476 с.

УДК 628.1'1(476.4)

ШУБЕРТ А.Ю.

ОЦЕНКА СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И КАНАЛИЗАЦИИ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ МОГИЛЕВСКОЙ ОБЛАСТИ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Актуальность. Средний износ сетей водоснабжения составлял от 35,6 до 99,8 %, сетей канализации – от 35 до 95 %. Кроме того, немало объектов не работает из-за ненадлежащего технического состояния. Советом Министров Республики Беларусь от 28 января 2021 г. № 50 утверждена Государственная программа «Комфортное жилье и благоприятная среда». Одним из ее разделов является программа «Чистая вода», в рамках которой поставлена задача до 2025 года обеспечить 100 % населения качественным водоснабжением.

Цель работы: дать оценку системам водоснабжения и канализации населенных пунктов Кадино и Романовичи, разработать рекомендации по улучшению качества обслуживания населения, предложить варианты реконструкции систем.

Основные результаты. В Беларуси более 60 % населения проживает в больших городах, поселках городского типа и селах, которые можно отнести к малым населенным пунктам. Одной из основных причин низкого качества питьевой воды в малых населенных пунктах является стихийное развитие систем водоснабжения. В результате этого образовалась система трубопроводов, к которой присоединены одиночные скважины, расположенные в различных точках населенного пункта. Анализ таких систем ряда городов Беларуси показал,

что экономически и технологически более целесообразно завершить строительство децентрализованных водозаборов путем строительства нескольких групповых или локальных станций обезжелезивания.

Программа «Чистая вода» работает с 2016 года, однако решение такого рода задач требует не только больших вложений, но и носит долговременный характер. Пункты программы требуют понимания и принятия грамотных решений, способных обеспечить качественное водоснабжение не только городскому, но и сельскому населению.

В ходе проведенного анализа работы систем водоснабжения и канализации населенных пунктов Кадино и Романовичи установлено, что большая часть сетей эксплуатируется с 1972 года. Более 50 % всех сетей достигли 100%-го износа. Локальная замена трубопровода на месте прорыва не дает радикальных изменений. Строительство станции обезжелезивания в агрогородке Кадино позволило довести показатели качества воды, подаваемой населению, до нормативных значений (0,3 мг/л). Станция обезжелезивания не охватывает все скважины. Водоснабжение ОАО «Фирма «Кадино» осуществляется без предварительного обезжелезивания, и вода имеет повышенные значения показателей: мутность – 3,42–16,99 мг/дм³, железо общее – 2,32–3,58 мг/дм³ и марганец – 0,15–0,22 мг/дм³.

За пределами населенного пункта Кадино расположен животноводческий комплекс, водоснабжение которого осуществляется из сети населенного пункта, проходящей стадию очистки на станции обезжелезивания. Ввиду отсутствия приборов учета расхода воды, объем водопотребления определяется по нормативным данным и составляет 4000 м³/мес. Фактическое водопотребление существенно превышает расчетные данные (около 6000 м³/мес.), что приводит к большим неучтенным потерям.

Система канализации населенного пункта Кадино полураздельная, включающая производственную сеть канализации от ОАО «Фирма «Кадино» и хозяйственно-бытовую сеть от населенного пункта. После смешения сточные воды транспортируются на городские очистные сооружения без предварительной очистки. В сеть производственной канализации предусматривается сброс промывных вод фильтров обезжелезивания.

Водоснабжение ОАО «Агрокомбинат «Приднепровский» и агрогородка Романовичи осуществляется двумя скважинами (еще две нуждаются в тампонаже). Вода, подаваемая насосами, поступает на станцию обезжелезивания, после чего перекачивается на водонапорную башню и далее в сеть потребителю. В данный момент станция обезжелезивания не эксплуатируется из-за технических неисправностей.

Сточные воды населенного пункта и ОАО «Агрокомбинат «Приднепровский» сбрасываются в городскую канализацию. При вводе в эксплуатацию убойного цеха нагрузка по загрязняющим веществам на городские очистные сооружения существенно возрастет.

Выводы. В результате оценки систем водоснабжения и канализации населенных пунктов Кадино и Романовичи разработаны следующие рекомендации:

1 Исходя из анализа изношенности сетей водоснабжения и канализации необходимо произвести замену устаревшего трубопровода.

2 С целью уменьшения эксплуатационных затрат и рационального использования водных ресурсов необходимо произвести отключение животного-водческого комплекса от сети водоснабжения населенного пункта. Для удовлетворения потребностей в воде рекомендовано устройство отдельной скважины. Для обеспечения требуемого напора целесообразно предусмотреть строительство водонапорной башни.

3 После уменьшения нагрузки на станцию обезжелезивания подключить ОАО «Фирма «Кадино» к качественному водоснабжению, предварительно заменив изношенный трубопровод.

4 В связи с отсутствием предварительной очистки сточных вод от животноводческого комплекса и ОАО «Агрокомбинат «Приднепровский» необходимо предусмотреть снижение содержания загрязняющих веществ до показателей, удовлетворяющих условию сброса в хозяйственно-бытовую канализацию, строительством локальных очистных сооружений.

5 В целях уменьшения воздействия на окружающую среду и рационального использования водных ресурсов необходимо проанализировать возможность повторного использования очищенных сточных вод для технических нужд предприятий.

Список литературы

1 БЕЛТА // Регионы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https:// www.belta.by/regions/view/objekty-vodosnabzhenija-v-mgilevskoj-oblasti-ekspluatirujutsja-neeftivno-kgk-307013-2018](https://www.belta.by/regions/view/objekty-vodosnabzhenija-v-mgilevskoj-oblasti-ekspluatirujutsja-neeftivno-kgk-307013-2018). – Дата доступа : 15.02.2021.

УДК 338.26

КОЛДАЕВА С.Н., МИРОНОВ П.А.

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОТЕНЦИАЛА ТЕПЛОВЫХ ВЭР

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Актуальность. Ключевой проблемой мировой энергетики в настоящее время и на ближайшую перспективу является проблема экологии и энергосбережения. В этом отношении в комплексе всевозможных энергосберегающих мероприятий важное место занимает использование вторичных энерго-

ресурсов (ВЭР). На основании проведенного анализа был выбран способ утилизации ВЭР при помощи абсорбционных чиллеров, которые могут работать как на охлаждение, так и на нагрев помещений.

На сегодняшний день существуют следующие типы чиллеров: абсорбционные, чиллеры с водяным охлаждением конденсатора, чиллеры с воздушным охлаждением конденсатора.

Абсорбционный тип – очень перспективная область развития холодильной техники, получающая всё более широкое применение ввиду ярко выраженной современной тенденции к электросбережению. Дело в том, что для абсорбционных холодильных машин основным источником энергии является не электрический ток, а бросовое тепло, неизбежно возникающее на заводах, предприятиях и т. п. и безвозвратно выбрасываемое в атмосферу, будь то горячий воздух, охлаждаемая воздухом горячая вода и др.

Утилизация вторичных энергоресурсов довольно затратное мероприятие, на осуществление которого требуется выделять большое количество финансовых средств.

Выброс того же самого отработанного масла или мазута в окружающую среду грозит серьезными проблемами со стороны государства.

Вторая проблема – электроэнергия. Использование тепловой установки, работающей на электроэнергии, является неэффективным способом обогрева помещения. По этой причине абсорбционный чиллер будет идеальным решением сразу нескольких проблем.

Холодильные установки абсорбционного типа являются надежными и долговечными, обеспечивая минимальные энергопотери при хладопроизводительности от 300 кВт до 5,3 МВт, а теплопроизводительности – от 300 кВт до 4,4 МВт.

На рынке представлено большое количество тепловых насосов. Это чиллеры центробежного типа, представленные мировыми брендами: York, Carrier, Daikin и Trane. В глобальном масштабе европейский рынок центробежных холодильных машин не слишком велик, его доля в структуре мирового потребления устройств этого типа – всего 10 %. В 2014 г. объем европейского рынка снизился на 10,5 %, составив 154,7 млн дол. США. Основными потребителями центробежных чиллеров в Европе являются Великобритания, Германия и Швейцария. Центробежные чиллеры часто используются в системах кондиционирования крупных объектов, таких как офисные здания и производственные цехи, где крайне важна энергетическая эффективность установленного оборудования, позволяющая сократить расходы на эксплуатацию и уменьшить вред, наносимый окружающей среде. Вот почему многие производители сегодня стараются предложить заказчикам энергоэффективные модели. Среди способов повышения энергоэффективности – сокращение механических потерь на преодоление силы трения за счет использования магнит-

ной № 2/2016 15 подвески ротора или подшипников, смазываемых хладагентом, применение мощных электродвигателей постоянного тока и высокопроизводительных рабочих колес. Появление доступных по цене компактных систем магнитной подвески способствовало разработке и выходу на рынок безмасляных чиллеров центробежного типа. Раньше магнитная подвеска применялась только в моделях с водяным охлаждением, однако теперь эта технология используется и в воздухоохлаждаемых центробежных чиллерах. Холодильные машины могут работать на современных хладагентах – гидрофторолефинах (ГФО) и использоваться в системах модульной компоновки. Недостаток центробежных чиллеров с магнитной подвеской – их высокая стоимость.

Винтовые чиллеры. Основные регионы – потребители винтовых чиллеров – Китай, Европа, США и Юго-Восточная Азия. Холодильные машины этого типа используются не только в кондиционировании воздуха, но и в холодильных системах, а также тепловых насосах. Производственные мощности этих трех компаний находятся в Китае. Винтовые компрессоры производятся также в Европе, на Тайване, в Японии и США.

Спиральные чиллеры. На рынке спиральных чиллеров конкурируют множество компаний. Помимо мировых лидеров чиллеры этого типа выпускают небольшие производители в Китае, странах Юго-Восточной Азии и Европы. Продажи модульных тепловых насосов на базе спиральных чиллеров в Китае и Японии весьма высоки, в то время как в странах Юго-Восточной Азии оборудование этого типа пока не получило существенного распространения. Тем не менее компактность, простота транспортировки и монтажа модульных конструкций, а также продолжающееся снижение их стоимости позволяют рассчитывать на рост популярности таких устройств и в этом регионе.

Поршневые чиллеры. В системах кондиционирования поршневые чиллеры уже не используются так широко, как раньше. Сегодня их основная область применения – холодильная. Одно из преимуществ устройств поршневого типа – возможность работы с различными хладагентами, в том числе и с диоксидом углерода, отличающимся высоким рабочим давлением. Тепловые насосы на базе поршневых чиллеров модульного типа, помимо перечисленных преимуществ, отличаются компактностью, удобством транспортировки и простотой монтажа.

Но у всех вышеперечисленных чиллеров есть один существенный минус: они работают за счет использования электроэнергии, в то время как абсорбционный чиллер практически автономен. Поэтому был сделан выбор именно этой установки.

Цель работы. Изучить холодильные установки абсорбционного типа и разработать проект по их внедрению на предприятия Гомельской области с целью экономии энергоресурсов.

Анализ полученных результатов. Изучив рынок чиллеров и, в частности, абсорбционные чиллеры, можно сделать следующие выводы:

– во-первых, это способностью устройством использовать различные источники энергии, такие как природный газ, мазут, тепло воды или грунта, солнечное излучение, а также бросовое тепло, выделяющееся в процессе производства;

– во-вторых, устройство не зависит от электроэнергии, что существенно экономит финансовые средства предприятия;

– в-третьих, утилизируются вторичные энергетические ресурсы, которые при выбросе в окружающую среду наносят вред.

Заключение. Холодильные установки абсорбционного типа являются перспективным направлением в промышленной отрасли, что обеспечит в дальнейшем высокие энергоэффективные показатели предприятий страны.

Список литературы

1 **Антипов, А.В.** Пути повышения энергоэффективности чиллеров / А.В. Антипов // Мясные технологии. – 2012. – № 2 (110). – С. 45–49.

2 **Крайнев, А.А.** Оптимизация режимов работы холодильной установки с аккумулятором естественного холода с использованием метода термoeкономического анализа / А.А. Крайнев, С.А. Сериков // Вестник Международной академии холода. – 2018. – № 1. – С. 55–58.

УДК 621.311.243:574

ЖЕЛЕЗНЯКОВ П.А.

ОЦЕНКА ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ С ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ТОЧКИ ЗРЕНИЯ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Актуальность тематики. В настоящее время промышленно освоенными в мире являются несколько технологий фотовольтаики. Это монокристаллические кремниевые, поликристаллические кремниевые и тонкопленочные. До недавнего времени выбор между освоением той или иной технологии осуществлялся преимущественно по двум параметрам – стоимость и эффективность (коэффициент полезного действия или коэффициент преобразования энергии). Однако с ростом производственных мощностей по всему миру все большую значимость при выборе той или иной технологии солнечной энергетики должны приобретать экологические аспекты, такие как выбросы загрязняющих веществ производственными объектами в воздух, воду и почву, потребление редкоземельных металлов, воды, энергии и т. д. [1].

Цель работы. Оценить жизненный цикл солнечных электростанций с точки зрения эффективности современных технологий фотовольтаики по воздействию на окружающую среду.

Основные результаты. Жизненный цикл фотовольтаики начинается с добычи сырья и заканчивается утилизацией или переработкой компонентов фотоэлектрических систем и их восстановлением.

Основные негативные эффекты фотовольтаика проявляет на этапе производства и утилизации и в меньшей степени — на этапе эксплуатации. Вопрос о негативных воздействиях при утилизации и переработке солнечных панелей пока мало изучен, так как большинство из инсталлированных в последние десятилетия в мире солнечных систем еще находятся в эксплуатации. В настоящее время только 30 % всех производителей фотоэлектрических панелей принимают отработанные модули на переработку.

Мировой опыт эксплуатации солнечных электростанций показывает, что продолжительность их жизненного цикла может быть разной. Как правило, для солнечных электростанций, по данным Международного энергетического агентства (МЭА), она составляет в среднем 30 лет.

Наибольший процент отходов – около 90 % – составляет стекло. Меньшую долю составляет переработка кабелей и полупроводников из ценных металлов, которые обмотаны со всех сторон пластиком, поэтому их переработка является более затратной [2].

На сегодняшний день ни один из документов, касающихся утилизации отходов производства электрического и электронного оборудования не регулирует деятельность в производстве фотоэлектрических систем. Поэтому наряду с законодательными актами необходимо дополнительное расширение индустрии по утилизации отработанных элементов и оборудования СЭС, применение новейших технологий и методологических подходов в области обращения с отходами. Реализация технологий утилизации также будет связана с дополнительными выбросами загрязняющих веществ в атмосферу.

Выводы. За период эксплуатации солнечных электростанций больших проблем с загрязнениями окружающей среды не возникает. Однако серьезным и пока до конца не решенным вопросом является утилизация элементов СЭС и самих солнечных модулей после снятия с эксплуатации.

Список литературы

1 Малюгина, А.А. О жизненном цикле солнечных электростанций / А.А. Малюгина // Вестник ЮУрГУ. Сер. «Энергетика». – 2017. – Т. 17, № 1. – С. 88–91.

2 Ратнер, С.В. К вопросу о разработке стратегии развития солнечной энергетики в России с учетом экологических эффектов / С.В. Ратнер, В.В. Иосифов // Экономический анализ: теория и практика. – 2017. – Т. 16, № 8. – С. 1522–1540.

МУСАЕВА С.Т.

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОЧИСТКЕ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель
sevdamuraeva0@gmail.com*

В настоящее время все большее внимание в Республике Беларусь уделяется проблемам загрязнения окружающей среды. Одним из решений является снижение воздействия вредных факторов на поверхностные воды. Наиболее распространенными загрязнителями поверхностных вод являются нефтепродукты, которые попадают с территории предприятий различного вида отраслей. Также нефтезагрязнения могут оказывать негативное влияние и на подземные воды. С поверхности земли при непосредственной инфильтрации сточных вод нефтепродукты могут поступать в водоносный слой подземных вод, ухудшая их состав и физические свойства.

В настоящее время ведутся активные научные исследования, направленные на совершенствование существующих технологий очистки сточных вод от нефтепродуктов.

Выбор метода очистки нефтесодержащих сточных вод зависит от многих факторов:

- количества стоков различных видов, их расходов, возможности и экономической целесообразности извлечения примесей;
- требований к качеству очищенной воды при её использовании для повторного и оборотного водоснабжения или при сбросе в водоём;
- мощности водоёма, наличия локальных или городских очистных сооружений.

На сегодняшний день одним из наиболее распространенных способов очистки сточных вод от нефтепродуктов является фильтрование. Он применяется для снижения концентрации мелкодисперсных нефтепродуктов в очищаемых водах. Данный способ часто используется после отстойников или после физико-химической очистки. Процесс основан на прилипанию грубодисперсных частиц нефти и нефтепродуктов к поверхности фильтрующего материала [1, 2].

При существующем разнообразии технологических приемов фильтрования и инженерного оформления этого процесса эффективность работы фильтров с одинаковыми гидродинамическими параметрами определяется взаимодействием материала фильтрующей загрузки с имеющимися нефтепродуктами. Эффективное удаление из воды нерастворенных нефтепродуктов достигается благодаря способности нефтепродуктов к адгезии на поверхности

материала загрузки фильтра, которая присутствует в разной степени на всех твердых поверхностях. Явления адгезии и смачивания лежат в основе процесса коалесценции частиц эмульгированных нефтепродуктов на поверхности фильтрующих загрузок. Частицы нефтепродуктов, оседая на поверхности загрузки фильтра, коалесцируют между собой и образуют непрерывную фазу, способную эвакуироваться из объема фильтра под действием гравитационных сил. Такая непрерывная фаза образует на поверхности гранул и в зазорах между ними сплошную пленку, которая ограничивает систему разветвленных каналов фильтра, где протекает эмульсия нефтепродукта. Этот процесс лежит в основе действия гидрофобных коалесцирующих фильтров и в определенной мере (в зависимости от физико-химических свойств эмульсии и фильтрующего материала, скорости фильтрования) влияет на процессы обычного фильтрования нефтесодержащих сточных вод [1].

В качестве фильтрующих загрузок эффективно используются различные нефтяные сорбенты, которые по прочности и химической стойкости удовлетворяют техническим требованиям для таких материалов, – вспученный вермикулит, перлит, гранулированные и волокнистые синтетические материалы. В процессе фильтрования такие материалы демонстрируют более низкую нефтеемкость слоя по сравнению с процессом сбора разливов нефтепродуктов с различных поверхностей. Однако, благодаря высокой адгезии нефтепродуктов на их поверхности, такие фильтрующие материалы по показателю нефтеемкости превосходят традиционно используемые наполнители фильтров. Например, нефтеемкость кварцевого песка в режиме фильтрации составляет 0,2–0,5 кг/кг, антрацита – 0,3–1,5 кг/кг [3]. Для нефтяных сорбентов при использовании в качестве фильтрующих материалов критическим является также параметр водопоглощения. В результате набухания гидрофильного материала будет повышаться гидродинамическое сопротивление фильтрованию и сокращаться продолжительность фильтроцикла. При сборе нефтепродуктов в режиме пропитки высокое водопоглощение снижает эффективность использования нефтяных сорбентов [3].

В настоящее время особенно перспективными считаются пористые фильтрующие загрузки, позволяющие одновременно удалять мелкодисперсные и растворенные нефтепродукты. Извлечение из воды растворенных нефтепродуктов фильтровальной загрузкой возможно, если используемый материал является сорбентом с развитой структурой пор, доступных молекулам примеси.

Для улучшения технологии очистки промышленных и поверхностных нефтесодержащих сточных вод необходимо уделить внимание поиску новых фильтрующих материалов, обладающих невысокой стоимостью, а также подающихся регенерации и утилизации.

Список литературы

1 **Роев, Г.А.** Очистные сооружения газонефтеперекачивающих станций и нефтебаз / Г.А. Роев. – М. : Недра, 1981. – 240 с.

2 **Журба, М.Г.** Очистка воды на зернистых фильтрах / М.Г. Журба. – Львов : Вища школа, 1980. – С. 134–140.

3 **Горелая О.Н.** Магнитный сорбент из отходов водоподготовки для очистки нефтесодержащих сточных вод / О.Н. Горелая, В.И. Романовский // Вестник Брест. гос. техн. у-та. Сер.: Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2020. – № 2. – С. 61–64.

УДК 644.65:628.14(476,2)

НЕВЗОРОВА А.Б., ХИМЕНКОВА Ю.В.

ОРГАНИЗАЦИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ КАНАЛИЗАЦИИ В КОТТЕДЖНОМ ПОСЕЛКЕ

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель
himenkova-julja@rambler.ru*

Актуальность тематики. Во многих странах мира доля населения, проживающего в не оснащенных системами канализации поселениях, составляет от 5 до 20 % [1]. Отсутствие коммунальных сетей и сооружений для сбора и очистки сточных вод характерно для малых населенных пунктов с числом жителей до 5 тыс. человек, а также для части территорий малоэтажного жилищного строительства больших городов.

Уровень доступа населения к водоснабжению и канализации – один из элементов, определяющих качество жизни человека. Сближение по санитарно-гигиеническим условиям уровня жизни в городе и деревне – насущная задача центральной и местной власти [2]. Чаще всего в поселках организована вывозная канализация, когда жидкие загрязнения собирают в приемники-выгребы и периодически вывозят автомобильным транспортом на поля ассенизации для обработки. Вывозная канализация не обеспечивает должного санитарного состояния территории и нецелесообразна экономически. Поэтому разработка технологии водоотведения для населенных пунктов в сельской местности с созданием и обоснованием рациональных схем очистки и утилизации стоков, в основу которых положены современные достижения систем водоотведения городских территорий с учетом особенностей коммунальной инженерии сельской местности, является актуальной и насущной задачей.

Объект исследований – обустройство центральной канализации на примере коттеджного поселка Романовичи в Гомельском районе.

Канализирование территории застройки Романовичи предусмотрено по схеме «из бассейна в бассейн» с устройством в каждом бассейне локальной

канализационной насосной станции (КНС) с резервуаром для приема сточных вод. Сбор стоков на территории третьей очереди предусматривается по четырем бассейнам канализования с отводом в канализацию второй очереди застройки. Отвод стоков с территории второй очереди организован в первую. На территории первой очереди по сети самотечной канализации сточные воды поступают в КНС, которая осуществляет перекачку стоков в бассейн канализования застройки Красный Маяк, откуда головной КНС они перекачиваются в канализационную сеть г. Гомеля [3].

Для присоединения объекта с расчетным расходом воды 3040,0 м³/сут к городским сетям канализации обязательно к выполнению следующее:

- канализацию подключить в самотечный хозфекальный канализационный коллектор Д-800 мм на ул. 1-й пер. Бабушкина-Володарского;

- произвести обследования состояния самотечного трубопровода, при необходимости произвести его реконструкцию (замену отдельных участков).

К дополнительным требованиям относится – реконструкция КНС-20 с проверкой существующих мощностей станции, замена напорных трубопроводов КНС, насосного оборудования. Подключение объекта возможно после производства работ по замене дюкера напорной канализации через р. Сож и участка напорной канализации протяженностью – 500 п. м.

Основные результаты. Общий объем хозяйственно-бытовых стоков третьей очереди застройки по данным проекта составит: максимальный суточный – 840,0 м³/сут, среднесуточный – 531,7 м³/сут.

Сбор сточных вод осуществляется по 10 бассейнам водосбора, в том числе по трем «замкнутым». В «замкнутых» бассейнах предусматриваются резервуары для приема воды с последующей ее откачкой. С территорий «открытых» бассейнов водосбора вода отводится самотеком.

Выводы. Выполнен анализ результатов обследования предшествующих КНС и городских магистралей канализации, на основе которых разработана программа мероприятий по проектированию и строительству коммунальных систем канализации в населенных пунктах, являющаяся составной частью градостроительного документа.

Список литературы

1 Watanabe, Y. Small wastewater treatment plants III Text. / Y. Watanabe // Water Science and Technology. 1997. – Vol. 35. – № 6. – P. 1–154.

2 Невзорова, А.Б. Водоснабжение и водоотведение селитебных территорий / А.Б. Невзорова, О. К. Новикова, Г. Н. Белоусова // Монография. – Гомель : БелГУТ, 2015. – 265 с.

3 Белкомунпроект. Отдел водоснабжения и водоотведения [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://bkr.by/o-kompanii/struktura/otdel-vodosnabzheniya-i-vodootvedeniya-2/>. – Дата доступа : 01.03.2021.

ДУДКО Б.В.

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ВОДОПОДГОТОВКИ

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель
sv2016belgut@gmail.com*

Актуальность тематики. Обеспечение населения страны доброкачественной питьевой водой является наиболее значимой проблемой, поскольку она непосредственно влияет на состояние здоровья человека и определяет степень экологической и эпидемиологической безопасности страны. Качественная питьевая вода не должна иметь вредных для человека веществ и должна содержать полезные минералы, необходимые для нормальной жизнедеятельности организма.

Обработка воды с целью сделать ее пригодной для питья, хозяйственных целей представляет комплекс физических, химических и биологических методов изменения ее первоначального состава.

Объект исследования. Система водоснабжения административного района города с устройством станции водоподготовки.

Источником водоснабжения являются подземные источники, поэтому на станцию водоподготовки возложены задачи обезжелезивания и обеззараживания воды.

Метод обработки воды необходимо выбрать на основе предварительного изучения состава и свойства воды источника, намеченного к использованию, и их сопоставления с требованиями потребителя. В основу выбора метода обработки воды положено сопоставление качества воды источника водоснабжения с данными СанПиН 10-124 РБ-99.

Основные результаты. На территории административного района города расположено три артезианские скважины. Водозаборное сооружение подземных вод рассчитано на подачу 4500 м³ воды в сутки. Имеется примерно 30%-й запас мощности. Средняя глубина артезианских скважин составляет 150,2 м.

Артезианская вода не соответствует санитарным правилам и нормативам только по содержанию железа. На литр приходится около 2,5 мг железа при норме 0,3 мг. Для удаления этого элемента и предназначена станция водоподготовки.

Чтобы выделить железо, находящееся в воде, его необходимо окислить. Метод упрощенной аэрации, который применяется, заключается в том, что воду льют тонкими струйками на фильтры, насыщая кислородом.

Фильтр – это «бассейн» площадью 9,4 м³, засыпанный метровым слоем песка и гранитной крошки со строго определенным размером зерна. За час через одно такое «сито» просачивается 60 м³ воды.

Через каждые 2 дня фильтрующий материал автоматически промывается строго питьевой водой под большим давлением. Просочившаяся вода поступает в резервуары чистых вод. Их всего два. Объем каждого составляет 1800 м³. При необходимости перед поступлением в резервуары вода обеззараживается дозой активного хлора 1,0 мг/л. Для обеззараживания применяются три установки «Аквахлор-100» производительностью 2,4 кг активного хлора/сутки. Затем на НС-II вода направляется в городскую сеть.

Выводы. В ходе исследования произведен выбор метода водоподготовки. В качестве обезжелезивания рекомендуется применить упрощенную аэрацию. А в качестве обеззараживания наибольшую технико-экономическую эффективность показали хлораторные установки марки «Аквахлор-100». Большинство процессов на данной станции водоподготовки рекомендуется автоматизировать.

Список литературы

1 **Меженная, О.Б.** Подготовка воды для питьевого водоснабжения : учеб.-метод. пособие / О.Б. Меженная. – Гомель : БелГУТ, 2009. – 208 с.

2 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества / Санитарные правила и нормы: СанПиН 10-124 РБ 99. – Минздрав РБ. – Минск, 2000 // Сборник санитарных правил и норм по питьевому водоснабжению. – 2000. –108 с.

УДК 502.175:502.3(476.2)

ТРОШИНА А.К., КУСЕНКОВ К.В.

ВЛИЯНИЕ ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВ НА СОСТАВ СТОЧНЫХ ВОД

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель nice.kusenkov@mail.ru

Тысячи фармацевтических фабрик ежегодно выбрасывают на мировой рынок десятки миллионов тонн лекарств. До сегодняшнего времени никто не задумывался об их окончательной судьбе. Ученые установили, что более половины лекарственных препаратов выводится из организма человека в биологически активной форме и практически не теряет своих свойств. Они в огромных количествах попадают в сточные воды, а оттуда в источники питьевой воды.

Большое количество лекарственных отходов скапливается в лечебных учреждениях. Немалый вклад вносят и потребители лекарственных средств,

при этом не осознавая опасности. Различные исследования сообщают о следах антидепрессантов, антибиотиков, наркотических веществ, противозачаточных таблеток, гормональных препаратов и многих других в природе, реках, озерах и прудах.

Инфицированность просроченных лекарств во много раз выше по сравнению с обычным бытовым мусором. Встречаются отходы, имеющие токсичный и радиационный характер.

Известно, что из 713 лекарственных средств 631 обнаружено в окружающей среде. Порядка 20 из них обнаружены в питьевой воде. Это, например, диклофенак, ибупрофен, парацетамол. Антибиотики, попадая в окружающую среду, способствуют развитию устойчивости у бактерий. Многие лекарства способны накапливаться в овощах и рыбе.

Фармацевтические отходы, попадая в водоемы, серьезно влияют на водные организмы. Они приводят к нарушению пищевой цепи и, как следствие, к гибели многих популяций.

В Беларуси исследование сточных и природных вод на предмет загрязнения фармацевтическими препаратами проводит Белорусский государственный технологический университет совместно с учреждением «Центр экологических решений» и Институтом биоорганической химии Национальной академии наук. Основной причиной загрязнения воды является то, что очистные сооружения не способны удалить все фармацевтические вещества. Даже современные методы очистки не позволяют этого сделать; в сточные воды попадает порядка 10 % отходов.

Утилизация фармацевтических отходов осуществляется различными методами, наиболее распространенными из которых являются:

- измельчение в шредерной машине, приведение в нетоварный вид с последующим захоронением на спецполигоне;
- сжигание в печах-инсинераторах при температуре не ниже 75 °С;
- стерилизация водяным паром под высоким давлением при температуре не ниже 100 °С;
- химическая дезинфекция с применением хлорсодержащих веществ.

В будущем планируется полностью сжигать все медицинские отходы, чтобы избавиться от необходимости их захоронения на полигонах.

Не решенным остается вопрос с просроченными лекарственными средствами у населения, которое не имеет возможности их правильно утилизировать. По этой причине лекарства попадают в бытовой мусор и почву. Решением данной проблемы могла бы стать установка контейнеров для недоброкачественных препаратов в специальных местах, таких как поликлиники или аптеки. Подобная практика уже существует в Европе.

Поэтому пока утилизация просроченных лекарств не налажена, рекомендуется покупать строго необходимое количество и выбрасывать упаковки в контейнеры для вторсырья.

Список литературы

- 1 Коммунальная гигиена / под ред. В.Т. Мазаева. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2005. – 304 с.
- 2 Яковлев, С.В. Водоотведение и очистка сточных вод / С.В. Яковлев, Ю.В. Воронов. – М. : МГСУ, Издательство АСВ, 2006. – 704 с.

УДК 628.1:338.5

КОВАЛЕНКО В.Н., ДЕНИСЕНКО А.М., ПЕХОТА Е.А.

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД КАК АЛЬТЕРНАТИВЫ КЛАССИЧЕСКИМ ВИДАМ ТВЁРДОГО ТОПЛИВА

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель
kovalbyu@gmail.com*

Цель данной работы заключается в экономическом анализе применения брикетов из многокомпонентного твёрдого топлива (МТТ), производимого на основе осадка сточных вод и в сравнении с наиболее популярными (классическими) твёрдыми топливными брикетами: каменным углём (УК), бурым углём (УБ), антрацитом (УА), торфобрикетом (Т) и брикетами из древесных опилок и щепы (Д).

Насущной проблемой для большинства очистных сооружений является постоянный рост и накопление осадка сточных вод, как правило, он применяется в качестве почвоулучшающих композиций или грунтов. Однако осадок сточных вод является возобновляемым вторичным продуктом и его объёмы ежегодно увеличиваются [1].

Исходя из этого, имеет место возможность снизить затраты на утилизацию и отопление очистных сооружений за счёт производства, применения и реализации брикетов из МТТ.

Рассматривая топливные брикеты, необходимо обратить внимание на их состав, т. к. непосредственно состав влияет на их теплотворную способность. Основными характеристиками брикетов являются: теплота сгорания Q , Ккал/кг; влажность W , %; массовая доля серы S , %; зольность A , %; также дополнительный параметр для экономической оценки – цена за 1 т, бел. руб.

В ходе технико-экономических расчётов было принято решение о внедрении в брикеты молотой древесной щепы со следующими долями: 50 % (М-1), 25 % (М-2), 0 % (М-3), 67 % (М-4) [2]. Для каждой из марок была определена цена реализации, и, опираясь на принятый вариант брикета, рассчитан срок окупаемости капитальных затрат.

Характеристики топливных брикетов, принятых к сопоставлению, представлены в таблице 1.

Проанализировав численные характеристики, получаем следующее: применение М-1 отвечает всем действующим нормативным стандартам; М-2 и М-3 могут быть применены в качестве топлива, но для их применения необходимо разработать технические условия с указанием всех нормативов по основным характеристикам топлива для более широкого спектра составов; М-4 по полученным результатам практически не отличается от М-1, однако для его производства необходимо значительное увеличение доли опилок и древесной щепы [2]. Исходя из затрат на производство и последующие долгосрочные издержки, наиболее оптимальной маркой будет являться М-1.

В Республике Беларусь существуют залежи различных видов углей, однако основная проблема – высокая зольность и относительно небольшие объёмы, в следствие чего импорт бурых, каменных углей и антрацита осуществляется из Украины и России.

Добыча торфа осуществляется повсеместно за счёт наличия огромных площадей, занимаемых торфяниками и торфяными болотами, простота добычи, изготовления и брикетирования позволяет быть данному ресурсу одним из наиболее популярных в использовании наравне с древесиной и брикетами из неё.

Таблица 1 – Характеристики топливных брикетов [2]

| Характеристики | Обозначение топливного брикета | | | | | | | | |
|-----------------------------|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | М-1 | М-2 | М-3 | М-4 | Д | Т | УА | УБ | УК |
| С, % | 43,4 | 40,4 | 39,4 | 40,3 | 51,0 | 58,0 | 91,5 | 82,5 | 70,5 |
| О ₂ , % | 31,1 | 12,7 | 24,6 | 34,0 | 42,5 | 33,0 | 3,0 | 9,5 | 20,0 |
| Н ₂ , % | 4,05 | 3,95 | 3,85 | 3,8 | 6,0 | 6,0 | 2,0 | 4,8 | 4,8 |
| Н ₂ , % | 1,66 | 2,38 | 2,24 | 1,77 | 0,5 | 2,5 | 1,0 | 1,5 | 1,0 |
| S, % | 0,58 | 1,17 | 0,85 | 0,57 | - | 0,5 | 1,25 | 3,75 | 4,0 |
| Влажность W, % | 3,4 | 12,8 | 12,9 | 21,0 | 7,4 | 25,3 | 10,0 | 30,2 | 7,55 |
| Зольность A, % | 21,4 | 57,2 | 62,7 | 10,4 | 0,6 | 23,0 | 6,3 | 16,7 | 8,2 |
| Массовая доля серы S, % | 0,58 | 0,50 | 0,18 | 0,60 | 0,00 | 1,53 | 0,25 | 1,10 | 2,60 |
| Теплота сгорания Q, Ккал/кг | 3986 | 3800 | 3886 | 3719 | 4500 | 3200 | 7400 | 4000 | 4500 |
| Цена за 1 т, бел.руб | 98,0 | 78,8 | 59,2 | 111,0 | 333,4 | 240,0 | 375,8 | 120,0 | 280,0 |
| Срок окупаемости, мес. | 27,04 | 33,13 | 45,29 | 23,94 | - | - | - | - | - |

Осуществляя оценку по основным критериям, можно отметить следующее: антрацит, каменный уголь и брикеты из древесины обладают более лучшими значениями показателей, чем М-1; бурый уголь лучше лишь по таким показателям, как зольность и теплота сгорания; торфобрикеты уступают абсолютно по всем параметрам другим позициям.

Оценивая представленными ценниками, стоит отметить, что высокие цены на все виды углей обосновываются сложностью добычи и издержками, вызванными потребностью в транспортировке железнодорожным транспортом на значительные расстояния; брикеты из щепок и опилок изготавливаются из отходов выделяемых при деревообработке, при этом на рынке представлено доминирующее количество брикетов из дорогой древесины, что значительно завышает цену продукта; с точки зрения авторов, при выше установленных основных характеристиках торфа цена завышена.

Производство многокомпонентных твёрдых топливных брикетов из осадка сточных вод позволит осуществлять импортозамещение и снизить общую зависимость в энергоресурсах, улучшить экологию и экспортировать брикеты из МГТ на рынок СНГ и ЕАЭС.

Список литературы

1 Коваленко, В.Н. Производство топливных брикетов на основе осадка сточных вод / В.Н. Коваленко, Р.Н. Вострова // Устойчивое развитие: региональные аспекты : сб. материалов XII Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, Брест, 23–24 апреля 2020 г. ; редкол.: М. А. Богдасаров [и др.]. – Брест : БрГУ, 2020. – С. 201–203.

2 Исследование многокомпонентного брикетированного топлива на основе осадков сточных вод городских очистных сооружений г. Гомеля и исследование теплотехнических свойств брикетов : отчёт по НИР / Белорус. гос. ун-т трансп. ; рук. А.Н. Пехота. – Гомель, 2020. – 99 с.

УДК 662.81

КОВАЛЕНКО В.Н., ДЕНИСЕНКО А.М., ПЕХОТА Е.А.

ОЦЕНКА ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТОПЛИВНЫХ БРИКЕТОВ ИЗ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель
kovalbyu@gmail.com*

Актуальность. С начала XXI в. в индустриальных и постиндустриальных странах наблюдаются тенденции к сокращению использования иссекаемых твердых видов топлива (торф, древесина, уголь, горючие сланцы). В поисках

качественной альтернативы классическим видам твёрдого топлива выполняются многочисленные научные исследования, базирующиеся на применении вторичных и возобновляемых ресурсов, получаемых от производств, сельского хозяйства и т. д.

На сегодняшний момент недооценённым возобновляемым источником топлива является осадок сточных вод (ОСВ), применение которого наиболее активно развивается в сфере почвоулучшающих композиций. В плане получения энергии на мировом рынке наблюдается незначительное количество предложений по продаже топливных брикетов из осадков сточных вод, что обуславливает возможность развития производства при незначительной конкуренции.

Актуальность применения брикетов из ОСВ основывается на том, что основной компонент возобновляем и его объём ежегодно увеличивается пропорционально росту населения и производства [1].

Целями данной работы являются: определение целесообразности применения брикетов из ОСВ; исследование проблематики организации производства и применения твёрдого топлива на основе ОСВ.

Основные результаты. Целесообразность создания производственного комплекса по изготовлению брикетов обуславливается экономическим (возможность получать прибыль за счёт продаж брикета, снизить затраты на приобретение природного газа, на транспортировку ОСВ и размещение на полигоне твёрдых бытовых отходов) и экологическим фактором (складирование ОСВ вблизи городской черты).

Необходимо учитывать, что при изменении состава брикета можно корректировать его основные характеристики: теплоту сгорания, влажность, зольность, долю серы, и конечную цену.

Кроме осадка сточных вод в состав многокомпонентного твёрдого топлива (МТТ) существует возможность добавлять различные добавки: нефтепродукты (мазут, нефтяные масла, гудрон), измельчённые продукты деревообработки (щепа, стружка, пыль), растительный мусор (трава, солома, лузга, шелуха) и т. д.

Подбор компонентов для брикетов необходимо производить на основании лабораторных экспериментов и технико-экономических расчетов, подтверждающих целесообразность принятых соотношений компонентов [2]. При расчётах и компоновке МТТ стоит обратить внимание на удалённость поставщиков от места производства, так как транспортировка компонента будет приносить прямые издержки и, как следствие, повышение цены на продукцию.

Из анализа проб и технико-экономических расчётов, при различных соотношениях компонентов в составе брикета, принято решение производить брикеты из смеси осадка сточных вод (75 %) и опилок (25 %) – «Марка 2». Себестоимость принятого состава брикета составила 65,9 бел. руб./т, срок окупаемости капитальных затрат – 33 месяца [2].

Возникающие проблемы при реализации проекта создания брикетов из МТТ можно разделить на две основных категории: проблемы производства и проблемы прямого назначения [1, 2].

Проблематика МТТ брикетов представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Проблематика МТТ брикетов

| Проблемы производства | Проблемы прямого назначения |
|---|---|
| Существенные финансовые вложения и высокие риски издержек | В большей степени влажность брикета влияет на теплотворное качество |
| Необходимы складские помещения для хранения брикетов при определённой влажности | Относительно высокая зольность, снижается за счёт добавления опилок |
| Необходимость создания относительно крупного комплекса, закупки специфических аппаратов, устройств и механизмов | Высокое содержание в топливе серы, снижается за счёт добавления опилок. В общем случае сера сильно снижает качество топлива и при горении выделяет сернистые газы SO_2 и SO_3 |
| Строгое соблюдение требований нормативной документации по охране окружающей среды | При реакции сернистых газов с водой образуется серная кислота, которая разрушает металлические элементы и конструкции печей и трубопроводов; загрязняет окружающую среду |

Выводы. В заключение хотелось бы отметить следующее:

- при должной очистке выделяемых при сжигании газов можно существенно улучшить экологию в районе и области;
- почти на всех очистных сооружениях в РБ имеются иловые площадки и как результат работы ВКХ – образование значительных объёмов ОСВ. Внедрение технологий по созданию брикетов из МТТ позволит значительно снизить затраты на экологически безопасное размещение ОСВ в окружающей среде;
- рассматриваемая продукция позволит заработать прибыль от реализации, вдобавок обеспечить новые рабочие места;
- получить за счёт вторичного сырья местные источники энергии, исключив вывоз ОСВ на полигон твердых бытовых отходов;
- технология создания ОСВ имеет невысокую себестоимость и относительно быструю окупаемость, однако в перспективе, может составить совершенную конкуренцию классическим твердым видам топлива.

Список литературы

1 Коваленко, В.Н. Производство топливных брикетов на основе осадка сточных вод / В.Н. Коваленко, Р.Н. Вострова // Устойчивое развитие: региональные аспекты : сб. материалов XII Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, Брест, 23–24 апреля 2020 г. ; редкол.: М. А. Богдасаров [и др.]. – Брест : БрГУ, 2020. – С. 201–203.

2 Исследование многокомпонентного брикетированного топлива на основе осадков сточных вод городских очистных сооружений г. Гомеля и исследование теплотехнических свойств брикетов : отчёт по НИР / Белорус. гос. ун-т трансп. ; рук. А.Н. Пехота. – Гомель, 2020. – 99 с.
УДК 628.1.033.003

ТАРАНОВА А.А., СЕВЕРИН Д.Д.

СООТНОШЕНИЕ ЦЕНЫ И КАЧЕСТВА ВОДЫ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель
dasha.severin.00@gmail.com*

Подземные воды на сегодняшний день являются основным источником питьевого водоснабжения в республике.

Величина прогнозных эксплуатационных запасов подземных вод Беларуси составляет 49,6 млн м³/сут. В республике пробурено около 36 тыс. скважин на питьевую воду, часть из них находится в плохом состоянии, исходя из этого, более трети их числа не работают.

Кроме подземных вод, в городах Минск и Гомель в питьевое водоснабжение включены поверхностные воды, однако и в этих городах ставится задача в ближайшее время перейти только на водоснабжение подземными источниками. Около трети поступающей в Минск питьевой воды приходится на поверхностные источники. Согласно оценке многих специалистов, поверхностные воды уступают по качественным свойствам подземным, однако и их качество соответствует нормативным документам [1, 2].

Цель работы – сравнить качество воды и цены на нее в Республике Беларусь.

Централизованные системы водоснабжения в Беларуси оборудованы во всех 111 городах, 97 поселках городского типа, и в части сельских населенных пунктов. Потеря воды в среднем в стране составляет 30 % из-за износа инженерной инфраструктуры водоснабжения. Примерно 60 % инфраструктуры водоснабжения нуждается в обновлении и замене, и только 50 % централизованных систем питьевого водоснабжения оборудованы всеми необходимыми установками на станциях водоподготовки до нормативного качества [3]. Пресные воды Беларуси (от 15 до 700 мг/дм³) – подземные воды, имеющие в составе преимущественно гидрокарбонат кальция, которые на участках, не испытывающих загрязнения со стороны хозяйственных объектов, в основном удовлетворяют требованиям белорусских и европейских стандартов. В республике есть довольно большие участки территории, где подземные воды по содержанию соединений железа, марганца и бора превышают допустимые значения. По-

мимо «природного загрязнения» вод железом и другими элементами в продолжении нескольких десятилетий стала более заметна тенденция роста антропогенного загрязнения. Известны случаи загрязнения подземных вод действующих водозаборов в городах Минск, Борисов, Орша, Жодино, Слоним, Гомель и др. в силу техногенного воздействия.

Самый распространённый компонент сельскохозяйственного и коммунального загрязнения подземных вод – нитраты, в наибольшей степени загрязняющие воды верхних безнапорных водоносных горизонтов. По данным проведённого опробования, в 1029 колодцах Беларуси среднее содержание нитратов составило 150,9 мг/дм³ (3,3 ПДК), а в отдельных случаях величины концентрации составляли 1000 и 2492 мг/дм³, соответственно примерно в 20 и 50 раз превышая нормы ПДК [1].

В среднем в 82 % шахтных колодцев вода содержит нитраты, содержание которых превышало нормы ПДК. Поэтому именно нитратное загрязнение является основной экологической проблемой сельского, нецентрализованного и частично централизованного водоснабжения, так как все чаще нитратное загрязнение проникает вглубь почвы и загрязняет нижележащие водоносные горизонты. Исследованиями установлено, что в подземных водах Беларуси основной элемент, превышающий нормы содержания в 2 и более раз – железо (не более 0,3 мг/л).

В связи с насущными проблемами по воде и их решениями тарифы на воду формируются на основании следующих документов:

- Указ Президента № 72 «О некоторых вопросах регулирования цен (тарифов) в РБ» от 25 февраля 2011;
- Указ Президента № 107 «Об оплате жилищно-коммунальных услуг, оказываемых населению» от 23 марта 2016.

В свою очередь, исполкомы (областные и Минский городской) во исполнение этих документов, исходя из собственных затрат, устанавливают тарифы для своей подчиненной территории и согласовывают их с Минэкономики.

Если расходовать воду в пределах этого объема, действуют льготные тарифы, государство покрывает (субсидирует) часть расходов населения. При потреблении больше нормы цена воды за куб будет уже выше. Получается, что чем больше в квартире зарегистрировано человек, тем больше кубометров можно оплатить по сниженному тарифу. При этом обязательное условие – в доме должен быть установлен счетчик воды.

Лимит на воду установлен в размере 140 литров в сутки на каждого прописанного человека и субсидируется государством согласно Постановлению Совета Министров Республики от 12 июня 2014 г. N 571 п. 36.1. За потребление сверх нормы необходимо платить по тарифам, установленным Минским исполнительным комитетом [4].

Рассмотрим в таблице 1 сравнение тарифов на водоснабжение за 2020 и 2021 г. в Республике Беларусь.

Таблица 1 – Тарифы на воду

| Наименование услуги | Тариф | | Рост |
|------------------------------------|---------|---------|---------|
| | 2020 г. | 2021 г. | +0,1594 |
| Водоснабжение, руб./м ³ | 0,8851 | 1,0445 | +15,06 |
| Теплоснабжение, руб. /Гкал | 92,25 | 107,31 | +0,1594 |

Как видим из таблицы, стоимость воды для населения в Беларуси в 2021 увеличилась по сравнению с 2020 годом на 8 %.

Выводы: даже с учетом периодического увеличения тарифов в республике стоимость воды для населения в Беларуси в 2021 году остается на приемлемом уровне по сравнению с качеством воды.

Список литературы

1 **Иванов, О.И.** Водоснабжение в системе территориального планирования / О.И. Иванов // АБС, 2020. – № 1 (38). – С. 20–30.

2 **Калинин, М.Ю.** Водные ресурсы Минской области / М. Ю. Калинин. – Минск : Белсэнс, 2006. – 159 с.

3 **Невзорова, А.Б.** Инструментальные подходы к оценке качества водных ресурсов на местном уровне / А.Б. Невзорова, О.К. Новикова // Экологический вестник Северного Кавказа. – 2020. – Т. 16. – № 3. – С. 60–63

4 Тарифы на воду в Республике Беларусь: описание и цитирование [Электронный ресурс]. – Режим доступа : // <https://myfin.by/wiki/term/tarify-na-vodu-dlya-naseleniya-belarusi>. – Дата доступа : 04.03.2021.

УДК 628.979:504.064

БАРАНОВСКАЯ П.М., ШАКУРА Е.И.

НЕГАТИВНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ СВЕТОВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА ЖИВЫЕ ОРГАНИЗМЫ И ЭКОСИСТЕМУ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель, p.baranovskaya@yandex.ru

Большая часть промышленного или городского света отражается или направляется вверх, что создаёт над городами т. н. световые купола. Это происходит из-за малоэффективной и неидеальной конструкции многих систем освещения, ведущей к переводу энергии. Эффект осветления неба усиливается распространёнными в воздухе частицами пыли и аэрозолями. Эти частицы дополнительно преломляют, отражают и рассеивают излучаемые лучи света.

Световое загрязнение (засветка) – это засвечивание неба в ночное время суток искусственными источниками освещения, лучи которых рассеиваются в нижних слоях атмосферы, препятствуя проведению астрономических наблюдений и изменяя биоритмы живых организмов. Иногда это явление называют световым смогом.

Основные источники светового загрязнения – это крупные города и промышленные предприятия. Оно сопровождается индустриализацией и встречается в первую очередь в густо заселённых регионах развитых городов и стран. В Европе больше половины населения постоянно сталкивается со световым загрязнением. Рост светового загрязнения каждый год в разных странах Европы составляет 6–12 %. В отдельных регионах борьба с засветкой ведётся на законодательном уровне.

Источник света, превышающий допустимые значения, является причиной многих типов проблем [1, 2]:

- светового вторжения;
- избыточного освещения (данные энергоаудита показывают, что примерно 30–60 % электроэнергии, которая потребляется для освещения помещений – излишняя);
- ослепления (Марио Мотта, президент Медицинского общества Массачусетса, делает выводы: «Ослепление светом представляет угрозу для здоровья людей (чаще всего пожилых), частичное ослепление (особенно при вождении), влечет за собой несчастные случаи»);
- переизбытка источников освещения (их скопления могут отвлекать внимание на дорогах, вызывать несчастные случаи, преимущественно яркие рекламные щиты, специально предназначенны для привлечения внимания).

Последствия светового смога на здоровье человека и психологию: хроническая усталость, учащение головных болей, тревога, стресс и др. Были изучены животные, которые демонстрировали, что неизбежный свет негативно воздействует на настроение. Свет ночью также имеет плохое влияние на их бдительность и состояние.

Нарушения в экосистемах: остро-негативные воздействия на физиологию флоры и фауны, что приводит в замешательство навигацию животных, корректировке конкурентных взаимодействий, изменяет отношения хищник-жертва и может причинять физиологический вред. Исследования показывают, что световое загрязнение рек и озёр мешает зоопланктону (например, дафнии) питаться водорослями, что приводит к цветению воды. Это плохо влияет на другие виды растений, озера и редуцирует качество воды. К примеру, лепидоптерологи и энтомологи проанализировали, что свет ночью мешает ночным насекомым ориентироваться (мотылькам, например). Цветы, распускающиеся ночью, зависят от опыления этих мотыльков, и, таким образом, неуместное освещение имеет влияние на них. Свет на высоких конструкциях может помешать перемещению птиц. Подобный свет может вызывать нарушения развития, к примеру, повреждение сетчатки, генетические мутации.

Последствия в астрономии: свечение неба (рассеивание световых лучей в атмосфере) уменьшает контраст между звёздами и галактиками и собственно небом, что ухудшает видимость тусклых объектов.

Загрязнение атмосферы: световое загрязнение уничтожает нитратные радикалы, препятствуя обычному ночному снижению количества атмосферного смога, получаемого из выделяемых газов от машин и заводов.

Уменьшение природной поляризации неба: ночью поляризация лунного света в небе глобально уменьшается от городского светового загрязнения, т. е. он не очень поляризован.

Следовательно, просто необходимы меры по снижению светового загрязнения. Согласно рекомендациям международной ассоциации по борьбе с засветкой [3], для сокращения вредных последствий светового загрязнения и экономии энергии требуется:

- устранять попадание света на объекты, не требующие освещения;
- включать уличное (внешнее) освещение, которое должно быть ярче, и только при необходимости (датчики движения, реле присутствия, таймеры, отключающие часть светильников после полуночи);
- минимизировать синий цвет в спектре (цветовая температура должна быть менее 3000К);
- иметь специальную конструкцию отражателя в светильниках, направляющую световой поток только вниз и др.

Список литературы

1 **Капцов, В. А.** Световое загрязнение как гигиеническая проблема / В. А. Капцов, В.Ф. Герасев, В.Н. Дейнего // Гигиена и санитария. – 2015. – № 94 (7). С. 11–15.

2 **Perry, G.** Effects of artificial night lighting on amphibians and reptiles in urban environments / G. Perry. – Urban Herpetology, 2008.

3 Рекомендации международной ассоциации по борьбе со световым загрязнением [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://darksky.org/lighting/lighting-basics>. – Дата обращения : 16.02.2021.

УДК 628.1

БАЕВА Е.С.

АНАЛИЗ НАПРАВЛЕНИЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель
baeva.kata@mail.ru*

Осадки являются неизбежным побочным продуктом очистки сточных вод. В отличие от других отходов, образования осадков избежать не удастся

и в ближайшие годы их количество, по мере повышения эффективности работы действующих очистных сооружений и строительства новых, будет возрастать.

Ежегодно в Республике Беларусь при очистке сточных вод образуется около 195 тысяч тонн осадков сточных вод по сухому веществу (ОСВ). Из них используется лишь 4–5 % от всего объема, в основном же осадки складированы и хранятся на территории очистных сооружений [1].

Основными направлениями размещения ОСВ в окружающей среде являются: использование в качестве удобрений или компонентов для приготовления компостов, применяемых в зеленом строительстве города, для укрепления откосов дорог и при рекультивации нарушенных земель; обезвоживание и сжигание; депонирование (захоронение) [2].

Одним из важных элементов комплексной схемы обращения ОСВ является энергосберегающая технология высушивания и прессования осадков с получением брикетов. В этом случае ОСВ могут рассматриваться в качестве вторичного сырьевого и энергетического ресурса, который можно подвергать дальнейшему сжиганию в котельных и ТЭЦ [3].

Утилизация ОСВ является одним из направлений по созданию альтернативного топлива. Например, переработка 1 тонны ОСВ (в расчете на сухую массу) позволит получить 500 кг условного топлива. После сжигания остается зола, которую можно использовать при производстве керамзита, цемента или добавлять в асфальтные покрытия дорог.

Однако наряду с питательными веществами в ОСВ, особенно промышленно-бытовых сточных вод, могут содержаться в токсичных количествах такие вещества, как «тяжелые металлы».

Переработка опасных отходов представляет наибольшую трудность по сравнению с хозяйственно-бытовыми осадками, так как имеют сложный химический состав. К таким отходам относятся отходы гальванического производства осадки сточных вод и гальваношламы.

В результате реагентной, электрокоагуляционной или гальвано-коагуляционной очистки сточных вод гальванического производства образуются осадки, представляющие собой смесь труднорастворимых гидроксидов, карбонатов, изредка сульфидов тяжелых металлов, соединений кальция и магния, а также железистых соединений.

В большинстве случаев предлагается использовать осадок сточных вод гальванического производства в промышленности строительных материалов при изготовлении бетонных и асфальтобетонных смесей, различной строительной керамики.

Результаты исследований на примере Борисовского завода пластмассовых изделий, содержащего гидроксида хрома, меди, цинка и свинца, показали, что при добавлении высушенного и измельченного отхода к бетонной смеси в количестве от 5 до 15 масс. % вместо песка, полученные

образцы практически идентичны по сравнению с образцом без отхода [3]. Также известно, что введение осадка сточных вод гальванических производств в количестве 2–20 масс. % при производстве грубой керамики и керамических теплоизоляционных материалов (например, керамзита) позволяет улучшить физико-механические свойства керамических изделий. Это подтверждают и проведенные экспериментальные исследования, в ходе которых были получены образцы керамического кирпича с использованием осадка сточных вод гальванических производств различных белорусских предприятий [3]. Данный вид использования осадков малоэффективен.

Более предпочтительным является применение осадков сточных вод гальванического производства для получения цветных глазурных покрытий, т. к. в этом случае возможна замена дорогостоящих пигментов на отход и, следовательно, более рациональное использование свойств тяжелых металлов, входящих в его состав.

Одним из наиболее перспективных направлений использования осадков сточных вод гальванического производства является извлечение из них тяжелых металлов, концентрация которых зачастую превышает их содержание в природных рудах. Разработаны пирометаллургический и гидрометаллургический методы получения металлов из рассматриваемых отходов.

Таким образом, применение осадков как хозяйственно-бытовых, так и гальванического производства находит положительные аспекты как в экономическом плане, так и для экологии окружающей среды, однако в Республике Беларусь это практически неразвито.

Список литературы

1 Водные ресурсы Республики Беларусь, их использование и их охрана // Издание РУП ЦИИКИВР к Республиканскому экологическому форуму в Орше. – Минск, 2003. – 30 с.

2 Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и продуктов. Санитарные правила и нормы СанПиИ 11 63 РБ98. – Минск, 1999. – 218 с.

3 **Новикова, О.К.** Технология очистки сточных вод : учеб. пособие / О.К. Новикова. – Гомель : БелГУТ, 2020. – 301 с.

УДК 657.24

ЖЕЛЕЗНЯКОВ Л.В., ЖУКОВ Ю.В.

СПОСОБЫ ПРОКЛАДКИ ТРУБОПРОВОДА И РЕКОНСТРУКЦИЯ СЕТЕЙ ВОДОСНАБЖЕНИЯ В ГОРОДЕ

Целью данной работы является выбор наиболее эффективного способа прокладки трубопровода с учетом городской застройки.

В самом начале монтажных работ следует сделать проект водопровода и произвести расчет водопотребления с учетом всех потребителей воды. Также необходимо правильно выбрать месторасположение на участке [1].

Существует несколько видов прокладки трубопровода. При выборе требуется учитывать такие факторы, как наличие очистных сооружений, зданий, старых коммуникаций, качество грунта.

Прокладка трубопроводов водоснабжения может осуществляться следующими способами [2]: траншейным; открытым; бестраншейным или ГНБ; методом прокола.

Траншейный способ прокладки. К работам необходимо приступать после выбора материала трубопровода. Траншею следует подготовить с помощью лопаты или же экскаватора. Глубина копания зависит от глубины промерзания грунта.

Прокладка трубопровода требует предварительной подготовки. Грунт на дне траншеи тщательно уплотняется и на него укладывается подушка из гравия или песка. Подушку необходимо утрамбовать на участках, где будут размещаться смотровые колодцы.

Открытая прокладка. Такая прокладка трубопровода производится по специально возведенным или уже существующим строительным объектам.

Трубопровод может быть расположен в непроходных или полупроходных каналах, а также в галереях. Надземная прокладка труб может производиться с перекрытием движения транспорта или же без его нарушения. В некоторых случаях такие работы производятся с кратковременным перекрытием.

Бестраншейный способ или горизонтально-направленное бурение. Данный способ предполагает использовать специальные бурильные установки, которые имеют функцию протяжки трубопровода. Прокладка труб водоснабжения в земле производится с помощью проходческого щита, размер которого равен высоте тоннеля.

Этот способ идеален для замены водопроводных труб. Способ хорош тем, что одновременно происходит разрушение старого трубопровода и прокладка нового.

Преимуществом бестраншейного способа является возможность производства монтажных работ без нарушения целостности построек, дорожных покрытий и ландшафта. Но главное работы занимают меньшее количество времени по сравнению с траншейным способом.

Основным недостатком бестраншейного способа является его высокая стоимость и необходимость устройства котлована.

Метод прокола. Этот метод основывается на проталкивании направляющих под давлением, которое создается специальной установкой и может регулироваться. Постепенно создаются отверстия, которые расширяются с помощью дополнительных насадок до требуемого диаметра. Около места прокола грунт уплотняется. Трубы водоснабжения прокладываются по такой технологии без выемки грунта.

Реконструкция. Ведущей задачей при организации и реконструкции является составление баланса водоснабжения с учетом технологических особенностей всех потребителей хозяйственно-бытовых расходов и расходов на пожаротушение и иногда промышленных зданий. Это важный этап работ, который требует особого подхода. Допущение ошибки на любом этапе реконструкции приведёт к существенным капитальным вложениям.

Немаловажную часть при восстановлении водопроводных сетей играет количество потребителей, подсоединенных к водоводу, находящему на реконструкции, и их категория по степени надежности водоснабжения, плотность застройки и скопление инженерных сетей и сооружений, а также географическое расположение. Эти факторы главным образом воздействуют на выбор материалов для реконструкции трубопроводов, способа проделывания работ и последовательность их выполнения.

Водопровод реконструируется с помощью специальных машин, оборудованных устройствами и приспособлениями, по виду выполняемых работ.

В самом начале работ производится отключение участка водопровода, затем он подвергается тщательной очистке от нарастающих внутри труб с помощью скребков, щеток, продувкой и пескоструйной очистки с последующим удалением извлекаемых загрязнений из внутренней части трубопровода.

Работы осуществляются при температуре не ниже 5 °С, если реконструкция введётся с использованием синтетических материалов. Хранение оборудования выполняется в отапливаемом помещении.

Чтобы обеспечить долговременную эксплуатацию сетей водоснабжения, общепринятым является использование прочностного ресурса труб.

Если у водопроводов наблюдается сильный износ или они имеют необходимость в увеличении их пропускной способности, то следует производить реконструкцию бестраншейными технологиями. На основе готовых типовых проектов производства работ по реконструкции на старых водопроводных сетях разрабатываются специальные технологические схемы ремонта.

После завершения реконструкции проводятся испытания сетей, по завершению которых обновлённый участок подключается к уже работающей системе водоснабжения.

Список литературы

1 **Сборщиков, С.Б.** Ремонт и реконструкция наружных сетей водоснабжения и водопроводения / С.Б. Сборщиков, А.Г. Попков // Сантехника. – 2018. – № 1 – С. 10–19.

2 Способы прокладки трубопроводов – открытый и закрытый, правила выполнения работ [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://trubaspec.com/montazh-i-remont/sposoby-prokladki-truboprovodov-otkrytyy-i-zakrytyy-pravila-vypolneniya-rabot.html>. – Дата доступа : 17.02.2021.

УДК 614.7

МИХАЛЬЧЕНКО А.А.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ ОТХОДОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПНЕВМОТРАСПОРТА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Актуальность. Уровень использования коммунально-бытовых отходов в среднем в 2020 году в Беларуси вырос до 22,6 %. Важным элементом сбора отходов является его транспортировка к месту сортировки и использования. Несвоевременный сбор ТБО приводит к переполнению накопительных емкостей для отходов и воздействия на них природно-климатических факторов (осадки, солнечные лучи и т. д.). Все эти факторы оказывают вредное влияние в целом на среду обитания человека и экологическое состояние территории населенных пунктов и предприятий [1, 2].

Цель работы. Изучить мировой опыт развития транспортировки отходов с применением пневмотранспорта и разработать проект программы развития пневматического трубопроводного транспорта в городе Гомеле.

Анализ полученных результатов. Технология вакуумной транспортировки отходов появилась ещё в середине прошлого века и используется в транспортировке различных, в первую очередь сыпучих материалов. Ее применение обосновано для промышленных зон и населенных пунктов с высокой и средней плотностью заселения, так как вакуумная система является закрытой системой трубопроводов без возможности несанкционированного проникновения. При проектировании и строительстве данной системы, которую можно прокладывать вдоль существующих трубопроводных и иных транспортных коммуникаций, их подземное расположение не вызывает проблем с прокладкой даже в сложных грунтовых условиях.

Благодаря постоянно поддерживаемому отрицательному давлению в системе не возникают утечки жидкой фазы отходов. Высокая скорость (от 3,5 до 5 м/с) транспортируемой смеси «твердые частицы–воздух–жидкость» в трубах предотвращает образование отложений. Техническое внедрение данной технологии в масштабах Республики Беларусь несложно реализовать, учитывая возможность применения пластиковых трубопроводов, производимых белорусскими предприятиями, а вакуумные установки можно применить известных производителей фирм Roediger, Airvac, ISEKI, которые

имеют множество филиалов по всему миру, или аналогичные российских производителей.

Такие системы доставки отходов к местам сортировки и переработки являются наиболее рациональными и экономически оправданными при сравнении существующей структуры сбора и транспортировки отходов и основных принципов работы пневматических системы трубопроводного транспорта отходов. Основные принципы работы системы отхоотведения, например, в среде населенного пункта, представляют собой следующую технологическую схему работы, представленную в следующем виде: на поверхности в местах сбора отходов устанавливаются приемные контейнеры, возвышающиеся над уровнем земли на высоте около 1 метра. Для правильности сбора отходов приемная часть маркируется специальными общепринятыми яркими расцветками с дополнительным размещением надписей и символов в соответствии с системой селективного сбора, при этом они читаемы для различных категорий граждан.

В пункте сбора имеются 4 люка, каждый из которых отведён под определённый вид отходов: биоотходов, бумаги, картона и смешанных отходов. В них рассортированные жителями коммунальные отходы опускаются в мешках объёмом не более 30 литров. Опыт эксплуатации показывает, что наилучшее качество достигается при заполнении мешков на 2/3. Под данными контейнерами располагается сеть подземных трубопроводов, оборудованная автоматическими клапанами, с автоматизированной системой открытия. С определённым алгоритмом работы, учитывающим время, степень наполнения и необходимость транспортировки тех или иных видов отходов на площадку сбора, происходит открытие клапанов, посредством чего мусор попадает в основной каналный трубопровод, по которому и транспортируются отходы к местам сбора мусора. Отходы доставляются к местам их сбора и дальнейшей сортировки при помощи создания разряжения воздушного потока в трубопроводной магистрали за счет работающей вакуумной установки [3, 4].

Заключение. Применение пневмотранспорта позволит сократить почти в 2 раза расстояние транспортировки отходов по сравнению с вывозом отходов автотранспортом. Также это позволит снизить транспортную загрузку дорог общего пользования и обеспечить безопасность дорожного движения. Работа вакуумной установки обеспечивается электроэнергией, использование которой сегодня является приоритетной задачей.

Список литературы

- 1 Бельдеева, Л.Н. Экологически безопасное обращение с отходами / Л. Н. Бельдеева, Ю. С. Лазуткина, Л. Ф. Комарова. – Барнаул : Азбука, 2006. – 179 с.
- 2 Дабаева, М.Д. Эколого-безопасная утилизация отходов : [монография] / М. Д. Дабаева, И. И. Федоров, А. И. Куликов ; Бурят. гос. с.-х. академия. – Улан-Удэ : Изд-во БГСХА, 2001. – 94 с.

3 Пульповая переработка пищевых отходов / А.М. Гонопольский [и др.]. – М. : Издательство Перо, 2016. – 126 с.

4 **Соколов, Э.М.** Утилизация отходов производства и потребления : учеб. пособие / Э. М. Соколов [и др.]. – Ярославль : ЯГТУ, 2006. – 388 с.

УДК 551.4 (476.13)

МИНЧЕНКО Е.Д., НАГОРНАЯ Д.А.

ВОДООБЕСПЕЧЕНИЕ В РАЗНЫХ СТРАНАХ МИРА. ПРОБЛЕМЫ И ИХ РЕШЕНИЯ

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель
minchenko.eliza@gmail.com*

Проблема водоснабжения является одной из важнейших гигиенических проблем нашего времени. По данным Комитета ООН по окружающей среде (ЮНЕП), около одной трети населения мира проживает в странах, страдающих от дефицита пресной воды, а менее чем через 25 лет в странах с дефицитом пресной воды будет жить две трети человечества. По оценке Института мировых ресурсов в последние годы самыми необеспеченными ресурсами пресной воды являются 13 государств мира, располагающими ресурсами питьевой воды менее 1 тыс. м³/год на душу населения [1].

Цель работы – проанализировать проблемы водоснабжения и водоотведения в странах Южно-Африканской Республики, Республики Беларусь, Египта и Израиля.

Рассмотрим в качестве сравнения примеры водоснабженности для некоторых стран: Египта (30 м³), Израиля (150 м³), Южно-Африканской Республики (982 м³) и Беларуси.

В Египте питьевая вода в стране стоит в два раза дороже технической. Одной из проблем является восстановление низкой стоимости за счет тарифов на воду, которые являются одними из самых низких в мире. Эта ситуация усугубилась за счет увеличения заработной платы без повышения тарифов после арабской весны. Еще одной проблемой является плохая эксплуатация объектов по водоснабжению и очистке сточных вод, а также ограниченной ответственности правительства и прозрачности [1]. Очистные сооружения не поддерживаются должным образом и в следствие этого неэффективны при удалении паразитов, вирусов и других паразитических микроорганизмов [1].

До того, как государство начало предпринимать меры по строительству сооружений, обеспечивающих подачу и отвод воды, жители имели доступ

только к трем источникам воды: водопроводной воды от бытовых соединений или общественных стояков; неглубоким скважинам с ручными насосами и каналом воды.

На данный момент стоимость строительства новых сооружений по очистке воды составило 320 млн долларов. В рамках реконструкции будет увеличена производительность очистных сооружений с нынешних 1,2 до 1,6 млн м³/сут, что даст возможность обслуживать 6 млн человек. На сооружениях планируется внедрить технологии, обеспечивающие очистку сточных вод до уровня, позволяющего повторно использовать очищенный сток.

Израиль по праву считается одной из передовых стран, эффективно распоряжающихся своими водными ресурсами, где не пропадает ни одна капля воды. Основной проблемой в Израиле является нехватка воды, так как она берется только из природных источников – это озеро Кинерет, небольшие речушки и ручьи на Голанских высотах, прибрежный бассейн и подземные воды Негева. Однако воды из этих источников катастрофически не хватает на все нужды [2].

Израильские ученые и технологи нашли способ решения этой проблемы. Это извлечение воды из воздуха. Методикой заинтересовались военные подразделения ООН и службы противодействия чрезвычайным ситуациям. Особенно этот способ хорош для добычи питьевой воды в засушливых регионах Азии и Африки.

В Южно-Африканской республике процесс очистки воды проходит следующие этапы обработки: барабанная сетка, ультрафильтрация и дезинфекция хлором. Для обеспечения воды питьевого качества этих этапов обработки воды недостаточно. В 2015 году общее количество людей в Южной Африке, не имеющих доступа к «улучшенному» водоснабжению, составило 3,64 млн человек. 93 % населения имели доступ к улучшенному источнику воды в том году. 55 % очистных сооружений, особенно небольших, не соответствуют стандартам очистки сточных вод, а некоторые даже не измеряют качество сточных вод. Британская компания *Wwater* ввела в строй новые станции очистки, что даст возможность очищать до 40 % всех сточных вод, образующихся в этом районе [1].

На сооружениях будут внедрены все стадии очистки, включая УФ-обеззараживание и третичную обработку стоков, что позволит использовать очищенный сток для орошения сельскохозяйственных культур.

Республика Беларусь – один из немногих регионов, обеспечивающихся артезианской водой из подземных источников. Однако значительная часть водозаборных сооружений, обеспечивающих водоснабжение, располагается на застроенной, густонаселенной селитебной территории либо в зонах влияния различных промышленных или сельскохозяйственных производств. В

таких условиях существует реальная опасность ухудшения качества воды подземных источников. Сейчас в городах и городских поселках функционируют

станции обезжелезивания питьевой воды, что дает полную уверенность в том, что вода будет полностью очищена и доведена до питьевого качества [3].

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что проблемы с водоснабжением и водоотведением есть во всех странах мира. Для решения этого вопроса необходимо возводить сооружения, обеспечивающие полную очистку воды до значений, соответствующих нормативным требованиям. А также предпринимать меры по охране водных ресурсов, в том числе по экономии воды на производстве и быту; разработке новых технологий по очистке сточных вод; прекращению сброса неочищенных сточных вод в водные объекты; созданию водоохраных зон, прилегающих к акватории и др.

Список литературы

1 Аль Сабунчи, А.А. Проблемы водоснабжения развивающихся стран Азии и Африки [Электронный ресурс] / А.А. Аль Сабунчи. – 3НиСО. – 2011. – № 7. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-vodosnabzheniya-razvivayuschihsya-stran-azii-i-afriki>. – Дата доступа : 03.03.2021.

2 Невзорова, А.Б. Решение проблемы водопотребления в разных странах с учётом природно-климатических условий (на примере Республики Беларусь и Израиля) / А.Б. Невзорова, Е.О. Железко, В. Хасин // Новые достижения в области водоснабжения, водоотведения, гидравлики и охраны водных ресурсов: материалы Междунар. научно-практ. конф.; ПГУПС, 23 апреля 2013 г. – Санкт-Петербург : ОМ-Пресс, 2013. – С.11–13.

3 Невзорова, А.Б. Обследование коммунальной системы водоснабжения в мостовском районе гродненской области. / А.Б. Невзорова, О.К. Новикова. – Труды БГТУ. Сер. 2: Химические технологии, биотехнология, геоэкология. – 2020. – № 2 (235). – С. 189–198.

УДК 628.4

МИНЧЕНКО Е.Д.

АНАЭРОБНОЕ СБРАЖИВАНИЕ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД. ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель
minchenko.eliza@gmail.com*

Актуальность тематики. Анаэробное сбраживание является одним из наиболее экономичных и эффективных методов обработки осадка, в процессе которого происходит не только очистка, а также выработка тепловой и электрической энергии.

Цель работы – рассмотреть принцип работы анаэробного сбраживания на очистных сооружениях города Слонима и выявить преимущества использования данного метода.

Анаэробное сбраживание – это процесс разложения органической части осадка до простых соединений, протекаемый в метантенках, в результате чего происходит образование биогаза [1]. Биогаз – смесь газов, основными компонентами которого являются метан (CH_4) – 55–70 % и углекислый газ (CO_2) – 24–43 %. Энергия, находящаяся в 1 м³ биогаза, равна энергии 0,6 м³ природного горючего газа, 0,74 л нефти, 0,48 л бензина [2].

В конце февраля 2020 года на Слонимском водоканале введена в эксплуатацию новая биогазовая установка мощностью 272 кВт.

Анаэробный распад органических веществ на очистных сооружениях проходит в три стадии:

1 Переход высокомолекулярных органических веществ под воздействием экстрацеллюлярных ферментов в субстрат, потребляемый микроорганизмами.

2 Кислое сбраживание органических веществ с образованием низкомолекулярных кислот, двуокиси углерода, аммиака, сероводорода и воды.

3 Метановое брожение органических веществ с образованием аммиака, метана, свободного азота, сероводорода и воды.

Технология выработки биогаза начинается с его производства из первичного осадка и избыточного активного ила, который образуется при очистке сточных вод города Слонима.

Путем дальнейшего его сжигания в установленных газопоршневых агрегатах производится тепловая и электрическая электроэнергия, необходимая для нужд предприятия.

Для уплотнения сырого осадка и избыточного активного ила на очистной станции установлены два механических ленточных уплотнителя. Один уплотнитель предусмотрен для уплотнения сырого осадка, второй – для уплотнения избыточного активного ила.

Уплотненный ил из механических уплотнителей поступает в резервуар объемом 5 м³, который установлен в здании механического обезвоживания осадка, там же расположена станция дозирования полимера и измельчитель, затем осадок винтовыми насосами подается в резервуар для перемешивания осадка.

Резервуар представляет собой емкость прямоугольной формы объемом 112 м³, изготовленный из железобетона, в котором установлена мешалка и приборы для измерения уровня осадка. В резервуаре смесь уплотненного сырого осадка и уплотненного избыточного ила гомогенизируется в однородную массу для подачи на процесс анаэробного сбраживания в метантенки.

На очистных сооружениях установлены два метантенка объемом 1150 м³ каждый, которые изготовлены из эмалированных стальных листов. Для обеспечения необходимого процесса сбраживания осадок постоянно перемешивается и поддерживается мезофильный режим (35 °С).

Продолжительность сбраживания осадка составляет 20–25 дней, а период времени для опорожнения метантенка составляет не более 7 дней.

Удаление сброженного ила из метантенков производится самотеком в резервуар сброженного осадка.

Биогаз из метантенков по трубопроводу направляется на очистку. Там он проходит следующие сооружения: шламоуловитель, где из биогаза удаляются крупные частицы и задерживается конденсат, далее в компрессоры для повышения давления (газодувки), в устройства для очистки биогаза, газодер для временного хранения (накопления) перед его использованием, газовый фильтр и подается в когенераторы.

Когенераторы производят электроэнергию и теплоэнергию из биогаза, а полученное тепло используется для подогрева осадка в метантенках, для подогрева десульфуризатора, а также используется для обогрева зданий.

На очистных сооружениях города Слонима производство биогаза составляет 845,3 тыс м³/год, что обеспечивает годовую экономию невозобновляемых источников энергии по производству биогаза [2]. Природный газ составляет 507,2 тыс м³, нефть – 625,5 тыс л, бензин – 405,7 тыс л и дизельное топливо находится в пределах 549,4 тыс л – 550 тыс л [2].

Годовая выработка электроэнергии – 2 010 тыс. кВт*ч [2]. Это составляет 70 % от энергопотребления очистных сооружений водоканала за год и позволяет полностью обеспечить уличным освещением город, в несколько раз превышающий по размерам г. Слоним.

Годовая выработка тепловой энергии – 1 814 Гкал [2].

Уменьшение количества выбросов парниковых газов в атмосферу на 246,6 т/год [2].

Биогазовые комплексы, обеспечивающие стабилизацию осадков сточных вод, функционируют в Слониме, Бресте, Барановичах и Минске.

В результате введение анаэробной стабилизации в процесс обработки осадка позволяет уменьшить количество выбросов вредных веществ в атмосферу, снизить затраты на поставку энергоресурсов, таких как газ, электроэнергия, а также снизить затраты на невозобновляемые источники энергии (природный газ, бензин, дизельное топливо).

Список литературы

1 Новикова О.К. Технология очистки сточных вод : учеб. пособие / О.К. Новикова. – Гомель : БелГУТ, 2020. – 302.

2 Слонимский водоканал [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.slonim-vodokanal.by/index.php/ru/mezhdunarodnoe-sotrudnichestvo/>. – Дата доступа : 12.02.2021.

3 Обработка осадка сточных вод: полезный опыт и практические советы. Издатель и авторское право 2012: Проект по городскому сокращению эвтрофикации (Project on Urban Reduction of Eutrophication, PURE) через Комиссию по окружающей среде Союза балтийских городов, Vanha Suurtori 7, 20500 Turku, Finland (Финляндия). – 125 с.

УДК 628.16.087

КАСЬЯНОВ Р.В.

СИСТЕМА ВОДОСНАБЖЕНИЯ АГРОГОРОДКА СО СТАНЦИЕЙ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель
roma.kasyanov.1999@mail.ru*

Актуальность тематики. В Беларуси более 60 % населения проживает в небольших городах, поселках городского типа и селах, которые можно отнести к малым населенным пунктам. Проблема развития водоснабжения тесно связана с решением главных задач: повышение уровня жизни людей и создание здоровых условий труда и отдыха [1].

В большинстве разведанных и эксплуатируемых месторождений качество воды не соответствует требованиям, предъявляемым к воде питьевого назначения по содержанию железа, концентрация которого достигает 5–6 и более мг/л. На ряде водозаборов имеется превышение допустимых концентраций марганца, азотистых соединений и др. Станциями обезжелезивания оборудовано около 50 % централизованных водозаборов, а в сельской местности не более 1–2 % [2, 3].

Объект исследований – система водоснабжения агрогородка со станцией обезжелезивания.

Одним из важнейших факторов, обеспечивающих выполнение комплексной программы развития агрогородка и способствующих сближению культурно бытовых условий жизни, является создание системы гарантированного водоснабжения. В общем случае в задачи систем водоснабжения входят: забор воды из природного источника, улучшение её качества в соответствии с необходимыми требованиями, транспортирование на территорию объекта, и подача ко всем заданным точкам отбора.

Основным требованием к работе систем водообеспечения является выполнение ими заданных функций и достижение при этом высоких показателей надёжности и экономичности, характеризующейся наименьшими затратами средств на сооружение системы и ее эксплуатацию [4].

Основные результаты. Агророгодок расположен на юго-востоке Республики Беларусь в зоне умеренно-континентального климата к северу от города Гомеля. Среднегодовая температура воздуха составляет 6,1 °С. Рельеф Гомеля и его окрестностей определяется особенностями обширной равнины. Здесь собраны все присущие ей морфологические элементы: холмисто-увалистая и низменная заболоченная равнина.

Население агрогородка – 2200 человек. Водоснабжение является одним из важнейших видов благоустройства и санитарно-технического оборудования агрогородка. Спрос на воду удовлетворяют с помощью местной, групповой и централизованной систем водоснабжения.

Тип и схему размещения водозаборных сооружений выбирают с учетом геологических, гидрологических и других природных особенностей района, а также условий взаимодействия водозаборных сооружений.

Участки для размещения водозаборных сооружений находятся в благоприятных в санитарном отношении условиях, исключающих возможность загрязнения используемых подземных вод бытовыми и сточными водами от ферм по производству КРС и другими вредными компонентами; не подвергаться размыву, оползням и другим деформациям, которые могут нарушить целостность проектируемых сооружений; имеют вокруг свободную территорию для организации зоны санитарной охраны.

При выборе эксплуатационного водоносного горизонта следует одновременно учитывать не только степень его изоляции, но и пространственную структуру потока подземных вод [5]. Целесообразно использовать для централизованного водоснабжения не грунтовые воды, а нижне-, средне- и верхне-палеогеновый водоносный горизонт. Источником водоснабжения является водозабор «Лесно» из трёх артезианских скважин. Каждая скважина имеет среднюю глубину порядка 70 метров. Объёмы воды, подаваемой из этих скважин около 480 м³/сут. Каждая скважина автоматизирована и управляется дистанционно.

Основными причинами плохого качества питьевой воды остаются неудовлетворительное санитарно-техническое состояние и низкий уровень текущей эксплуатации водопроводов. В воде централизованного водоснабжения агрогородков повсеместно отмечается повышенный уровень содержания железа. Поэтому вода из артезианских скважин поступает на станцию обезжелезивания и, пройдя технологическую очистку, в резервуары чистой воды. Водоводы проложены из полиэтиленовых труб. Соединение

труб осуществляется методом сварки, глубина укладки учитывает глубину промерзания грунтов, отметки и особенности рельефа по трассе. Водоводы подключаются к трубопроводу по улицам агрогородка. Общая длина сетей составляет 9,5 км диаметром 110 мм.

Доведение качества воды до нормативных показателей предусмотрено на двух фильтрах обезжелезивания методом упрощенной аэрации с последующей фильтрацией. В качестве фильтрующей загрузки используется смесь кварцевого песка и гранитного отсева от производства кубовидного щебня, крупностью 0,7–1,6 обоих материалов.

Предусмотрена установка резервуара чистой воды объёмом 500 м³.

С целью сокращения использования очищенной подземной воды на собственные нужды (промывку фильтров) находится сооружение по обороту промывной воды «СПИВ».

Вода после фильтров перед поступлением в резервуар обеззараживается. Обеззараживание воды происходит гипохлоритом натрия, приготовленного путём электролиза из раствора поваренной соли в электролизерах.

Насосная станция II подъёма по надёжности подачи воды относится к I категории. В насосной станции установлены три насоса II подъёма, подающие воду потребителю. Анализ отобранных на скважине проб происходит в лабораторном корпусе.

Выводы. В последние годы существенно активизировались работы по обследованию, строительству новых и реконструкции существующих систем водоснабжения со станций обезжелезивания [6]. Строительство объектов инфраструктуры агрогородков должно проводиться с учетом санитарного состояния и природных условий данных местности: глубины залегания грунтовых вод, характера подстилающих пород, наличия источников загрязнения и др. Накопленный значительный опыт разработки инновационных и энергосберегающих технологий по обезжелезиванию воды и их конструктивного оформления должен применяться эффективно для различного состава подземных вод и сложившихся систем водоснабжения. Необходимо более активно внедрять эти решения, позволяющие для подавляющего большинства случаев решить проблему качества питьевой воды любых населенных пунктов.

Список литературы

1 Водная стратегия Республики Беларусь на период до 2020 года. – Минск: БелНИЦ «Экология», 2011. – 77 с.

2 Романовский, В. И. Анализ загрязнений источников питьевого водоснабжения в Республике Беларусь / В. И. Романовский // Вестн. Брест. Гос. Техн. у-та. Сер.: Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2014. – № 2. – С. 65–67.

3 Волчек, А.А. Проблемы водопотребления в Беларуси / А.А. Волчек, Т.Е. Зубрицкая // Вестник Брестского госуд. техн. ун-та. Сер.: Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2016. – № 2. – С. 7–10.

4 Гуринович, А.Д. Системы питьевого водоснабжения с водозаборными скважинами: планирование, проектирование, строительство и эксплуатация / А.Д. Гуринович. – Минск : УП «Технопринт», 2004. – 244 с.

5 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Строительные нормы проектирования: ТКП 45-4.01-320-2018. Введ. 16.03.2018. Минск : М-во арх. и стр-ва, 2018. – 73 с.

6 Невзорова, А.Б. Обследование коммунальной системы водоснабжения в Мостовском районе Гродненской области / А.Б. Невзорова, О.К. Новикова // Труды БГТУ. Серия 2: Химические технологии, биотехнология, геоэкология. – 2020. – № 2. (235). – С.189–196.

УДК 628.381.1

ПАВЛОВСКАЯ К.С.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОДЫ

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель
kseniapavlovskaa908@gmail.com*

Актуальность тематики. Вода – главный источник жизни на нашей планете. Даже в современном мире вода продолжает играть одну из самых важных ролей в жизни каждого человека.

Ежедневно выпивается значительное количество воды, при этом многие часто даже не задумываются о том, что обеззараживание воды и ее качество – актуальная задача, от качественного решения которой зависит безопасность всего человечества. Тяжелые металлы, многие химические соединения и болезнетворные бактерии способны вызвать необратимые изменения в человеческом организме [1].

В настоящее время обеззараживанию воды уделяется серьезное внимание. Современные методы обеззараживания питьевой воды способны эффективно очистить ее от бактерий, грибков, вирусов. Они также позволяют улучшить органолептические свойства воды, удалить посторонние привкусы, цветность.

Цель работы. Провести анализ и выбрать наиболее современные и эффективные методы обеззараживания воды.

Основные результаты.

Химические методы обеззараживания питьевой воды основаны на добавлении в воду реагентов-окислителей, которые уничтожают вредные бактерии [1–3].

Наибольшей эффективностью обладают хлор, озон, гипохлорит натрия, диоксид хлора. Для достижения высокого качества необходимо правильно рассчитать дозу реагента. Малое количество вещества может не дать эф-

фекта, или даже наоборот способствовать увеличению числа бактерий. Реагент необходимо вводить с избытком, что позволит уничтожить как имеющиеся микроорганизмы, так и бактерии, попавшие в воду после обеззараживания.

Хлорирование. Очистка воды хлорированием является одним из самых популярных способов очищения воды.

Хлорсодержащие вещества активно используют для очистки питьевой воды, воды в бассейнах, дезинфекции помещений.

Озонирование. Озон, как и хлор, является сильным окислителем. Проникая сквозь оболочки микроорганизмов, он разрушает стенки клеток и убивает их. Озон эффективно обеззараживает, обесцвечивает и дезодорирует воду. Способен окислять железо и марганец. Обладая высоким антисептическим действием, озон разрушает вредные микроорганизмы в сотни раз быстрее, чем другие реагенты. В отличие от хлора, уничтожает практически все известные виды микроорганизмов. Промышленная установка для проведения обеззараживания воды приведена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Установка для проведения обеззараживания воды

Олигодинамия. Олигодинамия – обеззараживание воды посредством воздействия благородных металлов. Наиболее изучено применение золота, серебра и меди.

Самым же популярным металлом в целях уничтожения вредных микроорганизмов является серебро. Его свойства раскрыли еще в древности. В емкость с водой помещали ложку или монетку из серебра и давали такой воде отстояться. Утверждение, что такой метод эффективен, довольно спорное.

Выводы. В настоящее время известны достаточно много методов очистки и обеззараживания воды. Однако не все методы являются эффективными.

В связи с этим поиск и внедрение наиболее рационального способа обеззараживания воды актуальны и социально значимы. Наиболее традиционным

по-прежнему остаётся метод хлорирования, который не является полностью экологически безопасным.

Список литературы

1 Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений : в 3 т. Т. 2 : Очистка и кондиционирование природных вод / Науч.-метод. руководство ; под общ. ред. М. Г. Журбы. – Вологда – Москва : ВоГТУ, 2001. – 324 с.

2 Химия и микробиология воды : учеб. пособие / Е.Ф. Кудина, О.А. Ермолович, Ю.М. Плескачевский ; под ред. Ю.М. Плескачевского, А.С. Неверова. – Гомель : БелГУТ, 2010. – 335 с.

3 **Буря, А.И.** Вода – свойства, проблемы и методы очистки : [монография] / А. И. Буря, Е.Ф. Кудина. – Днепропетровск : Пороги, 2006. – 520 с.
УДК 551.4(476.13)

СЕРЕДА Н.П.

ОЧИСТКА ВОДЫ ОТ РАДИОАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель
kolya.sereda.2015@mail.ru*

Актуальность тематики. Проникновение радиоактивных изотопов в поверхностные воды представляет собой значительную опасность. Во многих странах радиоактивные отходы, переработанные до установленных санитарно-гигиенических допустимых уровней активности, сбрасывают непосредственно в реки, используемые как источники питьевой воды. Однако иногда радиоактивные отходы сбрасывают в реки без предварительной обработки. Захоронение радиоактивных отходов (сброс радиоактивных отходов в почву, погружение контейнеров в моря и океаны, закачка радиоактивно-загрязненных вод в шахты и пр.) не всегда может надежно гарантировать безопасность радиоактивных изотопов в месте захоронения. Взаимодействие с окружающей средой может привести к широкой миграции радиоактивных элементов в подземные, а из них – в поверхностные воды [1].

Цель работы. Обнаружить самые безопасные и эффективные методы обеззараживания воды.

Основные результаты. Радиоактивные изотопы могут присутствовать в воде во многих формах (растворы, коллоиды, грубые дисперсии), причем количественные соотношения различных форм каждого изотопа зависят от ряда причин. Некоторая доля радиоактивности связана с водорослями и другими гидробионтами, а также образованием комплексных органо-минеральных соединений [3].

Практически никакими доступными методами нельзя ускорить или замедлить распад радиоактивных веществ в воде. Поэтому в известной мере дезактивировать воду можно только двумя способами:

1) выдерживанием ее перед подачей потребителю в течение определенного промежутка времени (10–20 периодов полураспада);

2) удалением из нее взвешенных или растворенных радиоактивных веществ.

Первый способ применяется лишь в редких случаях, когда вода загрязнена только короткоживущими изотопами.

Удаление из воды радиоактивных изотопов наиболее эффективно может быть осуществлено следующими способами: отстаиванием, коагулированием, химическим осаждением, фильтрованием, сорбцией, ионным обменом, дистилляцией, электродиализом и другими методами, а также их сочетанием [2]. Выбор наиболее рациональной технологии дезактивации воды в каждом конкретном случае зависит от состава, химических свойств и концентрации радиоактивных изотопов, от формы нахождения их в воде, количества дезактивируемой воды, необходимой степени дезактивации и других требований.

После дезактивации получают очищенную воду и радиоактивные отходы (осадки, промывные воды и др.), которые в свою очередь подлежат обезвреживанию. Поскольку наиболее реальным путем обезвреживания отходов является захоронение, предпочтительны и те методы дезактивации воды, при которых меньше объем отходов.

При рассмотрении методов дезактивации воды особый интерес представляет дезактивационная эффективность обычно применяемых на водопроводах методов и технологических схем очистки воды.

При отстаивании осаждаются радиоактивные вещества, находящиеся в воде во взвешенном состоянии. Если длительность отстаивания равна 10–20 периодам полураспада содержащихся в воде короткоживущих изотопов, то при этом часто достигается необходимая степень дезактивации воды. Однако в подавляющем большинстве случаев отстаивание используется не в качестве самостоятельного метода дезактивации воды, а в комплексе с коагулированием, химическим осаждением и другими методами.

Проводимое на очистных станциях водопроводов коагулирование с целью осветления и обесцвечивания воды дает значительный дезактивирующий эффект в отношении тех изотопов, которые находятся в воде в коллоидном состоянии, в виде взвесей или сорбированы на природных грубодисперсных примесях, обуславливающих мутность воды. Если же радиоактивные изотопы находятся в воде в растворенном состоянии, то эффективность коагулирования менее действенна. Иллюстрацией могут служить дан-

ные, показавшие, что при коагуляции воды удаляется от 97 до 100 % радиоактивных изотопов, ассоциированных со взвешенными частицами, и лишь от 2 до 58 % растворенных в ней [1, 2].

Сравнительные исследования показали, что одни изотопы лучше удаляются при коагулировании воды алюминиевыми, а другие – железными коагулянтами, вследствие чего с целью лучшей дезактивации иногда рационально применяют смешанный коагулянт.

Для повышения эффективности процесса коагуляции целесообразно:

1) опытным путем подобрать для воды с данным составом радиоактивных изотопов наиболее активный коагулянт, смесь их или флокулянты;

2) применять повышенные против обычной дозы коагулянтов;

3) в ряде случаев подщелачивать воду (известью, содой), поскольку повышение pH (до 9,0–11,0) улучшает осаждение многих радиоактивных изотопов, в том числе и смеси продуктов ядерного деления;

4) добавлять к воде различные сорбенты (глины, порошкообразный активированный уголь, порошок пемзы и т. п.) и другие вещества, связывающие и осаждающие изотопы.

Выводы. На основании вышеизложенного следует, что обычно применяемые методы очистки на коммунальных речных водопроводах могут лишь частично дезактивировать воду. Поэтому обычные очистные сооружения водопроводов в случае загрязнения радиоактивными отходами должны быть дополнены специальными установками для проведения наиболее эффективной глубокой дезактивации воды.

Список литературы

1 Сборник Международных Конвенций в области охраны окружающей среды. – Львов : Экоправо, 1999.

2 Химия и микробиология воды : учеб. пособие / Е.Ф. Кудина, О.А. Ермолович, Ю.М. Плескачевский ; под ред. Ю.М. Плескачевского, А.С. Неверова. – Гомель : БелГУТ, 2010. – 335 с.

3 **Kudina, E.F.** Nanostructured Organosilicate Composites: Production, Properties, Application / E.F. Kudina, G.G. Pechersky // Resin Composites: Properties, Production and Application / Editor Deborah B. Song. – New York : Nova Science Publishers, 2011. – Ch. 3. – P. 101–128.

УДК 628.54

ДАНИЛОВ Н.И.

ОЧИСТКА ПОВЕРХНОСТНЫХ СТОЧНЫХ ВОД С ПЛОЩАДОК ПРЕДПРИЯТИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Качественный состав поверхностных сточных вод с территорий промышленных предприятий имеет, как правило, более сложный состав, чем с селитебной территории, и определяется характером основных технологических процессов. Состав и концентрация состава в дождевых и талых сточных водах зависят от ряда факторов: от периода формирования; от вида поверхности водосбора; санитарно-технического состояния и режима уборки территории; промежуточных и готовых продуктов; отходов производства и др.

Взвешенные вещества, аммонийный азот и тяжелые металлы являются основными загрязнениями в составе поверхностных сточных вод с территорий промышленных предприятий.

В результате тщательных исследований поверхностных сточных вод с территорий предприятий сельского машиностроения были получены следующие концентрации загрязняющих веществ: БПК₅ – 48,9 мг/дм³, взвешенные вещества – 137,4 мг/дм³, нефтепродукты – 4 мг/дм³, азот аммонийный – 1,6 мг/дм³, фосфаты – 0,33 мг/дм³, железо общее – 2,9 мг/дм³, цинк – 0,27 мг/дм³, никель – 0,023 мг/дм³ [1].

Системы очистки поверхностных сточных вод в предприятиях машиностроения должны включать в себя следующие технологические этапы [2]:

- механическая очистка методами фильтрации через ручные и автоматизированные решетки, барабанные процеживатели;
- разделение сточных вод на загрязненные и условно чистые части;
- очистку от тяжелых минеральных примесей в проточных песколовках различного типа;
- выделение основной массы органических и минеральных загрязнений методами отстаивания, флотации;
- доочистку от остаточных механических примесей с сорбированными на них нефтепродуктами и органическими веществами методом механической фильтрации на зернистых грузках;
- сорбционную доочистку от остаточных растворенных нефтепродуктов и других органических веществ;
- обеззараживание очищенных поверхностных сточных вод.

В настоящее время наиболее распространены схемы очистки поверхностных сточных вод, включающие аккумуляцию, отстаивание и фильтрацию. Для интенсификации очистки в данных методах обычно используются наиболее известные и дешевые реагенты (сернистый алюминий и полиакриламид).

Сточные воды после очистки до концентрации механических примесей 10–30 мг/л и масел 5–20 мг/л целесообразно возвращать на технологические нужды тех производств, где они были получены, а также использовать для пополнения систем оборотного водоснабжения и для полива территории. После возврата на подпитку очищенная вода проходит стабилизационную обработку. Очистка и дальнейшая обработка сточных вод может быть осуществлена с выбором варианта применения напорной флотации. Для улавливания крупных механических примесей и песка применяются также напорные и безнапорные гидроциклоны. Для отстаивания сточных вод могут применяться горизонтальные и вертикальные отстойники, нефтеловушки с длительностью отстаивания не менее 2 часов. Для доочистки воды возможно использовать встроенные в отстойники фильтры с загрузкой синтетическими волокнистыми материалами. Кроме того, применяются каркасно-засыпные фильтры, а также фильтры с загрузкой из пенополиуретана, регенерируемой механическим отжимом.

Список литературы

1 Новикова, О. К. Снижение объемов поверхностных сточных вод с площадок промышленных предприятий путем устройства «зеленых кровель» / О. К. Новикова // Экологический вестник Северного Кавказа. – 2019. – Т. 15. – № 3. – С. 70–73.

2 Рекомендации по расчёту систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты. – М. : НИИ ВОДГЕО, 2014. – 88 с.

УДК 644.65: 628.16 (476.6)

ПАПКОВ А.В.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель
parkov999@mail.ru*

Актуальность тематики. Производства, связанные с химической и электрохимической обработкой металлов, являются одними из наиболее вредных для окружающей среды. Особенно опасными являются тяжелые металлы, под действием которых у человека могут возникать тяжелые заболевания нервной системы, кровеносных сосудов, сердца, печени. Кроме того, тяжелые металлы обладают мутагенным действием. Таким образом, попадание неочищенных или плохо очищенных сточных вод и других отходов,

содержащих тяжелые металлы, в природную среду приводит к большому экологическому ущербу [1]. Поэтому вопросы эффективной очистки сточных вод в процессах обработки металлов в настоящее время весьма актуальны.

Металлообрабатывающие заводы цветной металлургии потребляют большое количество воды для различных технологических процессов.

Очистка сточных вод базируется на физико-химических и биологических процессах. Необходимость значительных капитальных затрат на строительство очистных установок, экономическая эффективность которых в ряде случаев проявляется только при рассмотрении экологических задач в региональном или народно-хозяйственном масштабах, затрудняет расширение их использования.

Сдерживается внедрение современных установок также и дефицитом некоторых видов оборудования, материалов и химикатов. Поэтому главными задачами являются разработка новых и совершенствование существующих способов очистки, позволяющих снизить капитальные затраты на очистку воды, организация замкнутых систем водоснабжения промывных предприятий и широкое внедрение автоматизации и механизации, которые обеспечат уменьшение эксплуатационных расходов.

Глубокая очистка сточных вод не только позволит улучшить экологию окружающей среды, но и явится источником получения ряда ценных металлов. В настоящее время для очистки сточных вод используют различные методы: реагенты, ионообменный, электрохимический, термический и др. [2]. Применяемые методы очистки могут быть подразделены на: регенеративные, связанные с регенерацией примесей (параллельно с очисткой воды) и деструктивные, обуславливающие только очистку воды (с разрушением примесей).

Основные результаты.

Реагентный метод. Наибольшее распространение в практике очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов (ИТМ) получил реагентный метод. Этот метод включает в себя процессы нейтрализации, окислительно-восстановительные реакции, осаждение и обезвоживание образующегося осадка и позволяет довольно полно удалять из стоков ИТМ [2].

При этом методе ионы тяжелых металлов переводятся, как правило, в гидроксиды путем повышения рН усредненных стоков до рН их гидратообразования с последующим осаждением, фильтрацией. В необходимых случаях до достижения рН очищенных стоков регламентируемого для сброса.

Недостатки данного метода:

- высокая стоимость реагентов при их большом расходе;
- повторное загрязнение очищенных вод, что исключает ее возврат в цикл оборотного водопользования;
- утрата ценных веществ и затруднение их переработки;
- образование большого количества осадков.

Хотя исходный состав металлосодержащих стоков не играет существенной роли для качества их очистки реагентным методом, все же требуется доочистка на электродиализаторах или ионообменных фильтрах [3] перед сбросом в водоемы хозяйственно-бытового назначения

Ионный обмен.

При использовании метода ионного обмена получаемое качество очистки позволяет использовать очищенные воды от тяжелых металлов в оборотном цикле водопользования. Метод предполагает обмен между ионами в растворе и ионами на поверхности твердой фазы - ионита. В качестве ионитов чаще всего используют синтетические ионообменные смолы.

С помощью ионного обмена производится глубокая очистка загрязненных стоков от ионов тяжелых металлов: Zn, Cu, Cr, Ni, Pb, Hg, Cd и цианидов.

Основным недостатком метода ионного обмена является вторичное загрязнение сточных вод после восстановления, когда возникает необходимость их обезвреживания.

Наночистка. При наночистке используются мембраны с отверстиями в несколько нм. Для таких мембран используют пористые материалы: ароматические полиамиды, ацетат целлюлозы, керамику.

Способ очистки металлосодержащих сточных вод на наночисточных мембранах заключается в движении воды вдоль мембранной поверхности и смывании загрязнений. Такие мембраны имеют сниженную селективность и большую проницаемость.

Наночистка дает хороший результат на заключительном этапе очистки стоков от загрязнений ионами тяжелых металлов.

Очистка стоков от ртути. В загрязненных стоках ртуть находится в металлической форме, а также в виде оксидов, сульфатов, сульфидов, нитратов, цианидов, тиоцианатов, цианатов. Стоки, которые содержат ионы ртути, являются наиболее токсичными [1].

Металлическую форму ртути очищают из загрязненных стоков методом отстаивания или фильтрования. Взвешенные частицы осаждают хлором или гипохлоритом натрия до хлорида ртути, затем восстанавливают. Далее следуют процессы осаждения с помощью сульфида Na с образованием сульфида Hg и последующей коагуляцией хлоридом Fe.

Соединения ртути из стоков можно извлечь несколькими способами:

- осадить сульфидом железа или его смесью с сульфатом бария;
- восстановить до металлической формы;
- использовать реагентный или сорбционный метод или метод ионного обмена.

Очистка стоков от цинка, меди, никеля, свинца, кадмия. Для извлечения из загрязненных стоков ионов цинка (Zn), меди (Cu), никеля (Ni), свинца

(Pb), кадмия (Cd) наиболее рациональным методом является реагентный. Реагенты переводят растворимые соединения в нерастворимые осадки. Для этого используют оксид кальция, гидроксид натрия, соду и едкий натр [1].

Загрязненные воды, которые содержат соли цинка, обрабатывают гидроксидом натрия. При этом необходимо контролировать величину рН.

Соли меди образуют гидроксид Cu или гидроксикарбонат Cu , но так как гидроксикарбонат слабо растворим, то наиболее правильно осаждают медь в виде основного карбоната. Для этих целей используют известь третьего сорта.

Очистка загрязненных стоков от кадмия осуществляется добавлением диоксида S или сульфитов и металла в виде порошка (Fe или Zn). Металлы способствуют восстановлению сульфитов до труднорастворимых сульфидов.

Для осаждения никеля также подходит известь третьего сорта.

Удаление свинца из загрязненных стоков происходит с превращением его в карбонат свинца с помощью известняка, мела, мрамора. Как правило, эти минералы являются загрузкой фильтров [1].

Использование Na_2S позволяет добиться высоких результатов очистки.

Очистка стоков от мышьяка. Для очистки мышьяка из загрязненных стоков следует учитывать форму металла и его концентрацию, кислотность раствора, компоненты и некоторые другие показатели раствора. Чаще всего вещество переводят в малорастворимое соединение и осаждают. Получаются арсенаты и арсениты металлов, сульфиды и триоксид мышьяка.

В сильноокислом растворе используют известковое молоко, сульфид натрия, сероводород. Мышьяк As (V) легко связывается и более способен к осаждению, чем As (III). Поэтому перед очисткой из стоков мышьяка As (V) необходимо его перевести в форму As (III). Для этого используют хлорную известь, гипохлоритную пульпу, пероксид водорода, азотную кислоту, озон, пиролюзит [2].

Очистка стоков от хрома (VI). Удаление из загрязненных стоков хрома (VI) происходит в два этапа:

- 1 – восстановление хрома (VI) до хрома (III);
- 2 – осаждение хрома (III) в виде гидроксида.

Реагентами выступают натрия сульфит, натрия гидросульфит, натрия тиосульфат. Восстановление осуществляется в кислой среде. Если в качестве восстановителя применить сульфат железа, то подкисление стоков не требуется.

Очистка стоков от железа. Для удаления железа из загрязненных стоков используют аэрацию, реагентные методы, электродиализ, адсорбцию и обратный осмос.

Во время воздействия кислородом воздуха железо окисляется и переходит из Fe (II) в Fe (III), которое затем отделяется после осаждения. Для перевода железа в форму трехвалентного используют также хлор, хлорную известь, перманганат калия, озон, известь, соду.

Выводы. Таким образом, учитывая высокую токсичность и небезопасность тяжелых металлов, они подлежат обязательному удалению из воды. Для удаления тяжелых металлов необходимо использовать адресный процесс, наиболее эффективный для данного типа металла.

Список литературы

1 Химия и микробиология воды : учеб. пособие / Е.Ф. Кудина, О.А. Ермолович, Ю.М. Плескачевский; под ред. Ю.М. Плескачевского, А.С. Неверова. – Гомель : БелГУТ, 2010. – 335 с.

2 **Буря, А.И.** Вода – свойства, проблемы и методы очистки : [монография] / А.И. Буря, Е.Ф. Кудина. – Днепрпетровск : Пороги, 2006. – 520 с.

3 **Кудина, Е.Ф.** Перспективы применения волоконистых материалов для очистки природных и сточных вод / Е.Ф. Кудина, Л.С. Пинчук // ВодаMagazine. – 2008. – № 2 (6). – С. 20–24.

УДК 628.49

УРИЦКАЯ А.В., БОНДАРЕНКО Е.С.

ОТХОДЫ ПРОИЗВОДСТВА – ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В СФЕРЕ ЖКХ

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель
urickaaalina1@gmail.com*

Актуальность тематики. Отходы и продукты их разложения оказывают вредное воздействие на окружающую среду. Поэтому целесообразно и экономически выгодно использовать их в качестве вторичного сырья.

Цель работы – обобщить существующие способы использования вторичного сырья в сфере ЖКХ.

Основные результаты. Проблема отходов не только экономическая, но и экологическая. Экономическая проблема заключается в том, что в отходы вложена значительная часть (до 70 %) затрат живого и овеществленного труда, а также энергии. Экологическая проблема – это загрязнение окружающей среды и нарушение безопасности жизнедеятельности человека.

Особое место в логистике вторичных материальных ресурсов занимает рециклинг в сфере жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ). Специфика заключается в том, что основную массу отходов (до 80 %) составляют пищевые отходы, а также связанные с этим использованные упаковки – пластиковые емкости и пакеты, бумага и картон. К этому следует добавить всякого рода мусор при уборке общедомового хозяйства и территорий [1].

Сберечь «легкие» планеты – леса можно путем повторного использования старой бумаги: газет, журналов и упаковочных материалов. В 1991 г. в Дании был принят закон, обязывающий компании и предприятия страны сортировать бумажные отходы. Датская компания «Stora Dalum A/S» теперь использует бумажные отходы и ежегодно выпускает продукции почти 120 тыс. т.

В настоящее время во всем мире повторно используется лишь небольшая доля ежегодно выпускаемых миллионов тонн изделий из пластмасс (таблица 1).

Таблица 1 – Переработка пластика в разных странах

| Страна | Вторичное использование |
|----------|---|
| Британия | Перерабатывают 50 тыс. т (10 %) всей произведенной в стране полиэтиленовой пленки и примерно 25 тыс. т (7 %) ежегодного объема производства полипропилена |
| США | Количество перерабатываемых изделий из пластика возросло с 103 тыс. т до 406 тыс. т. Создаются многочисленные пункты по сбору и переработке пластмасс |

Окончание таблицы 1

| Страна | Вторичное использование |
|----------------|--|
| Япония | Объем продукции из вторично переработанного сырья достиг почти 4,9 млн т |
| Великобритания | Проводит ряд общеевропейских директив, в частности о рециклировании 70 % пищевых емкостей (бутылки, пакеты, стаканы) |
| Китай | Был создан завод по утилизации мягких пластмассовых бутылок. Предприятия, производящие различные упаковки и тару, обязаны принимать для утилизации до 50 % своей продукции |

Отходы, которые могут разлагаться в земле, воде или на воздухе, называют биodeградебельными. При проведении Олимпийских игр в Австралии только в г. Сиднее ежедневно образовывалось более 660 т бытовых отходов, причем 76 % этих отходов подвергалось рециклингу. Такой успех по переработке отходов частично объясняется использованием биodeградебельных пластиков для упаковки продуктов питания.

Стеклопосуда используется повторно двумя способами: либо сбор и прямое повторное использование, либо отправка на заводы по производству стеклнной тары. В Великобритании для повторного использования организован сбор молочных бутылок у населения. Швеция, Голландия, Австрия и Бельгия повторно используют около 55 % стеклнной тары.

В Беларуси предложен способ получения наноструктурированных сорбционных материалов для удаления нефтепродуктов из водных сред, используя отходы водоподготовки [3].

Использование осадков станции обезжелезивания в технологических процессах очистки производственных сточных вод, загрязненных нефтепродуктами, является перспективным направлением с практической точки зрения в рамках ресурсо- и энергосберегающей политики.

Получение магнитных нефтяных сорбентов возможно без применения дорогостоящих технологий с одновременным использованием отходов станций обезжелезивания, что позволит сократить негативное антропогенное влияние на окружающую среду и получить экономический эффект как минимум за счет снижения себестоимости продукции [2].

Вывод. Использование вторичных материальных ресурсов решает двудединую задачу: экологическую (снижает загрязнение окружающей среды) и экономическую.

Список литературы

1 Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://minpriroda.gov.by/ru/news-ru/view/primenenie-novyx-texnologij-i-sovershenstvovanie-sistemy-sbora-i-pererabotki-vtorichnogo-syrgja-3460/>. – Дата доступа : 11.02.2021.

2 **Горелая, О.Н.** Магнитный сорбент из отходов водоподготовки для очистки нефтесодержащих сточных вод / О.Н. Горелая, В.И. Романовский // Вестник Брестского государственного технического университета. Сер. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2020. – № 2. – С. 61–64.

3 **Горелая О.Н.** Сорбент для очистки нефтесодержащих сточных вод на основе отходов станций обезжелезивания / О.Н. Горелая, В.И. Романовский // Водоснабжение и санитарная техника. – 2020. – № 10. – С. 48–54.

УДК 629.3.02-83

ДАСЬКО А.Д.

ЭЛЕКТРОМОБИЛИ. ПОЛЬЗА ИЛИ ВРЕД ДЛЯ ЭКОЛОГИИ?

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель
sevdamusaeva0@gmail.com*

На фоне экологических проблем в развитых странах возрос спрос на покупку электромобилей. Дело в том, что электродвигатели обеспечивают «чистый выхлоп». Но вот их непосредственное «питание» в зависимости от региона использования может происходить за счёт энергии, генерируемой на вовсе не экологичных электростанциях. Тем не менее «Европейское агентство по окружающей среде» провело исследование: используя энергию, полученную из топливной электростанции, электродвигатель будет расходовать только две трети той энергии, которая потребовалась бы бензиновому авто, чтобы преодолеть одинаковое с ним расстояние.

Сами по себе электродвигатели образуют «чистый выхлоп», ничего не сжигая, не образуя парниковых газов. В этом отношении им «проигрывают» даже самые экологичные и новейшие машины на гибридных двигателях. Но выхлопные газы не единственный побочный продукт эксплуатации автотранспорта. Так, исследователи университета Эдинбурга заключили, что эксплуатация электромобилей приводит к выбросам значительного количества вредных микрочастиц. Это происходит в процессе движения автомашины, причём их образуется больше, нежели при использовании ДВС. Источниками образования микрочастиц являются: 1) тормозная система; 2) покрышки, разрушающиеся в процессе использования; 3) масса транспортного средства; 4) дорожное покрытие под влиянием массы автомашины.

Представители университета Хартфордшира провели эксперимент. В тоннеле, через который ежедневно проходит более 50 тысяч автомашин были установлены детекторы твёрдых микрочастиц. Они выявили, что одна автомашина за день оставляла до 50 микрограмм микрочастиц твёрдого характера разной природы. Треть из них была образована посредством двигателей. Существенная их доля приходилась на частицы дорожного покрытия, резину и пыль от тормозной системы. Эти микрочастицы выступают наиболее опасным типом выбросов. Выхлопные газы оказывают негативное воздействие на здоровье в долгосрочной перспективе, по мере накопления, но названные твёрдые частицы делают это гораздо быстрее, непосредственно вызывая различные заболевания, в числе которых патологии сердца и дыхательных путей. Известно, что электрокары в среднем тяжелее классического авто практически на четверть. (Для сравнения два сопоставимых авто «Tesla Model S» и «BMW 7-Series» имеют массу 2,1 и 1,7 тонны соответственно.)

В подтверждение этого факта говорит и то, что владельцы электрокаров вынуждены относительно чаще обращаться в автомастерские с целью замены резиновых покрышек из-за их износа. Сравнительно повышенная масса электрокаров связана с тяжёлыми аккумуляторами, которые намеренно устанавливаются производителями с целью увеличения дальности хода машины без подзарядки. Даже самые «лёгкие» агрегаты на электродвигателях имеют внушительный вес. Отсюда прямо вытекает проблема ускоренного износа шин, тормозной системы и дорожного покрытия, и как следствие – повышается образование вредных твёрдых микрочастиц.

Экологичность электрокаров следует рассматривать с точки зрения и потребляемой энергии. Если в отдельно взятых странах мира экологичность электромобилей может быть относительной, то существуют и такие, в которых их экологическая ценность близится к абсолютному показателю. Наиболее показательный пример – Норвегия. В этой стране значительную долю

всей энергетики занимают гидроэлектростанции и возобновляемые источники. Эксплуатация подобных транспортных средств в этой стране может осуществляться буквально с нулевыми выхлопами.

Чтобы извлекать максимальную пользу от электрических авто, важно чтобы само производство электроэнергии не вредило экологии. Вероятно поэтому корпорация «Tesla Motors» активно стремится интегрировать и продвигать солнечную энергетику и собственными усилиями производит солнечные батареи.

Изготовление одного топливного авто формирует ~5,6 т CO₂ выбросов, а электрического авто – ~8,8 т CO₂. Выбросы во время их производства компенсируются отсутствием таковых на этапе эксплуатации. Иначе говоря, после того как электрический автомобиль сойдёт с конвейера, он всё равно будет на порядок менее вреден, даже при условии питания энергией угольной электростанции, нежели постоянно заправляемый бензином или дизельным топливом автомобиль.

Само же производство аккумуляторных батарей (АКБ) для электромобилей сопряжено с выбросами вредных веществ. Приблизительно половина всех выбросов при производстве приходится непосредственно на изготовление АКБ. Кроме того, для их изготовления крайне требуется кобальт. Сегодня производители работают над изменением технологии изготовления АКБ. Вероятно, в ближайшем десятилетии будут найдены технологические решения для отказа от кобальта, а также для существенного снижения среднего веса АКБ.

Отдельного внимания заслуживает утилизация отработанных аккумуляторов. В их составе содержатся химические компоненты, которые нельзя просто вывезти на мусорный полигон – в таком случае ущерб для экологии будет весьма значительным.

К счастью, уже на данном этапе развития электромобильной отрасли АКБ не несут в себе угрозы для окружающей среды, поскольку вариаций для их эффективной утилизации, переработки и вторичного использования достаточно. К примеру, в Японии их используют для питания уличного освещения. Во Франции они питают лифты, а в Германии их применяют для быстрых зарядных станций.

Потребители смело могут возлагать надежды на производителей электрокаров. Следует ожидать, что их средняя масса будет снижаться, аккумуляторы становиться менее тяжелыми и габаритными, а для автомобильных шин, дорожного покрытия и тормозных систем отыщут новые, более безопасные материалы, что решит проблему избыточного образования твёрдых микрочастиц. А так электрокары уже сегодня дружественнее для экологии, нежели любые виды дизельного и бензинового транспорта.

КРИНЕЦ О.Д.

НОВЫЕ СОВРЕМЕННЫЕ КОАГУЛЯНТЫ В ТЕХНОЛОГИИ ВОДООЧИСТКИ

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель
olegrinec@gmail.com*

Промышленное развитие индустриальных стран определило приоритетные направления, одной из главных задач которых является снижение воздействия технологических процессов на окружающую среду. Многие страны (США, Япония, страны Западной и Восточной Европы) [1] ежегодно устанавливают все более жесткие требования к качеству воды и постоянно находятся в поисках менее токсичных веществ, используемых для очистки. Поэтому разработка новых технологических процессов, в том числе и разработка новых коагулянтов, является одной из наиболее актуальных проблем водоочистки.

За последние годы значительно увеличилось разнообразие примесей в природных водах. При этом отмечаются значительные сезонные колебания их состава и цветности. Эти факторы и является основой для разработки новых коагулянтов. Как известно, коагулянты – вещества (химические реагенты), способные вызывать или ускорять процесс объединения мелких взвешенных частиц в группировки (агрегаты) вследствие их сцепления при соударениях.

Традиционные природные коагулянты – глины, алюмосиликаты – состоят в основном из солей металлов алюминия, железа и др. Именно соли металлов и обладают коагулирующими (связывающими) свойствами. Первыми опытами коагулирования можно считать попытки очистки воды солевыми растворами хлорида натрия, но одновалентный Na обладает очень малой степенью коагуляции. Двухвалентные металлы обладают степенью коагуляции в 30 раз большей, чем одновалентные, а трехвалентный Al – обладает степенью коагуляции в 1000 раз большей, чем одновалентный Na [2].

В настоящее время фактически все страны имеют свои технологии получения коагулянтов на основе оксидов и гидроксидов алюминия и железа. Одними из наиболее актуальных коагулянтов в этом аспекте является оксихлорид алюминия (полиалюминийгидрохлорид) и хлорированный железный купорос. Основные возможные коагулянты алюминия, используемые в современном мире, представлены в таблице 1 [4].

Одним из коагулянтов нового поколения является алюможелезный коагулянт ($Al_2O_3 \cdot 0,28FeCl_3 \cdot 25H_2O$), приготавливаемый на основе сульфата алюминия. Наиболее популярным методом приготовления является смешение растворов сульфата алюминия и хлорного железа. Недостатком

этого способа является трудность подбора и поддержания определенных пропорций, применение и хранение реагентов в виде кислых растворов.

Таблица 1 – Алюмосодержащие коагулянты

| Коагулянт | Формула | Содержание, % по массе | |
|------------------------------|---|--------------------------------|------------------------|
| | | Al ₂ O ₃ | нерастворимых примесей |
| Сульфат алюминия неочищенный | Al ₂ (SO ₄) ₃ ×18H ₂ O | > 9 | – |
| Сульфат алюминия очищенный | Al ₂ (SO ₄) ₃ ×18H ₂ O | > 13,5 | < 1 |
| | Al ₂ (SO ₄) ₃ ×14H ₂ O | 17-19 | – |
| | Al ₂ (SO ₄) ₃ ×12H ₂ O | 28,5 | 3,1 |
| Оксихлорид алюминия | Al ₂ (OH) ₅ Cl×6H ₂ O | 40-44 | – |
| Алюминат натрия | NaAlO ₂ | 45-55 | 6-8 |
| Полиоксихлорид алюминия | Al _n (OH) _m Cl _{3n-m} | 30±3 | – |

Основные коагулянты железа, представленные в мире представлены в таблице 2 [4].

Также в наше время появляются и новые металлы, из которых изготавливаются растворы коагулянтов: титан, цирконий и другие металлы, способные к гидролизу (применяются для ускорения процесса коагуляции). Главные цели всех производителей – снижение токсичности коагулянтов, экономичность и скорость протекания реакций [1, 5]. На сегодняшний день отмечается высокая заинтересованность в изготовлении коагулянтов при помощи повторного использования ресурсов и отходов различных производств, для меньшего вреда экологии и большей экономии средств.

Таблица 2 – Железосодержащие коагулянты

| Коагулянт | Формула | Содержание, % по массе | |
|---------------------------------------|--|--------------------------------|------------------------|
| | | Fe ₂ O ₃ | нерастворимых примесей |
| Хлорид железа | FeCl ₃ ×6H ₂ O | > 9 | – |
| Сульфат железа(II) (Железный купорос) | FeSO ₄ ×7H ₂ O | > 47 | < 1 |
| Сульфат железа(III) | Fe(SO ₄) ₃ ×2H ₂ O | 68–76 | < 1 |
| Хлорированный железный купорос | Fe ₂ (SO ₄) ₃ +FeCl ₃ | 69–8 | < 37 |

В заключение стоит отметить, что для Беларуси более предпочтительно было бы использовать полимерные коагулянты на основе не токсичных

металлов (желательно из переработанных материалов), не смотря на возможное увеличение затрат, но при этом снижая токсичность коагулянта, увеличивая скорость протекания процесса коагуляции и соответствуя мировым экологическим требованиям.

Список литературы

1 **Горелая О.Н.** Сорбент для очистки нефтесодержащих сточных вод на основе отходов станций обезжелезивания / О.Н. Горелая, В.И. Романовский // Водоснабжение и санитарная техника. – 2020.– № 10. – С. 48–54.

2 **Алексеев, Л.С.** / Контроль качества воды / Л.С. Алексеев.– М. : ИНФРА-М, 2007. – 154с.

3 **Фрог, Б.Н.** Водоподготовка / Б.Н. Фрог. – М. : МГУ, 2001. – 680 с.

4 **Шевченко, Т.В.** Прикладная и коллоидная химия: коагуляция и коагулянты / Т.В. Шевченко. – Кемерово : Изд-во Кемеровского технол. ин-та пищ. пром-ти, 2007. – 144 с.

5 **Романовский, В. И.** Магнитные сорбенты для удаления нефтепродуктов из водных сред / В.И. Романовский, О.Н. Горелая, А.А. Хорт // Актуальные вопросы и перспективы развития транспортного и строительного комплексов : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. : в 2 ч. Ч. 1. – Гомель. : БелГУТ, 2018. – С. 215–216. УДК 628.316.12

КРИНЕЦ О.Д., КНЫРЕВИЧ В.В.

ВОПРОСЫ ПО ЦИФРОВИЗАЦИИ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ. СИСТЕМЫ «УМНЫЙ ГОРОД» И «РАЗУМНАЯ ВОДА»

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель
olekrinec@gmail.com*

Цифровизация Водоканала максимально актуальна на сегодняшний день и всё ещё развивается, поэтому наша цель такова: рассказать о существующих цифровых системах в области водоснабжения и канализации населенных пунктов и предприятий, обсуждение задач по цифровизации и информационно-техническому обеспечению водоснабжения.

«Умный город» – это система информационных и коммуникативных технологий IT и интернета вещей, созданная человеком, которая делает облегчение управления внутренними городскими процессами, а также создаёт комфортные и безопасные условия жизни. Идея «Цифровой водоканал» является основным составляющим «умного города», а также включает в себя цифровизацию и автоматизацию всех процессов.

В ноябре 2019 года представители Беларуси и строительной компании ОАЭ **Emaar Properties** вели переговоры по разработке государственной

программы «умного города» в Минске. Главной целью переговоров было создание цифровой, высокотехнологичной зоны в столице, которая будет способствовать в развитии экономики, IT сферы и будущего развития города.

Преимуществами «умного города» являются:

1) улучшение работы транспортной системы (нет опозданий, пробок, минимизация происшествий на дороге, экономия расхода топлива и полная экологичность транспортных средств передвижения);

2) энергоэффективность и экономия потребляемых ресурсов;

3) облегчение процессов (сбор информации со счетчиков без вмешательства человека, оплата коммунальных счетов онлайн и т.д.);

4) повышение безопасности (система будет оснащена распознаванием лиц, что приведёт к поимке нарушителя);

5) принятии решений совместно с местными властями и участие граждан в городской жизни;

6) повышение уровня жизни («умные дома», беспилотное управление автомобилями, автоматическое управление процессами в доме и офисе одним нажатием кнопки на смартфоне).

Цифровизация систем водоснабжения. Как уже оговаривалось ранее, «Цифровой водоканал» является одной из составляющих «умного города», и функциями, которые она будет выполнять, являются:

– контроль за показателями и анализ проб воды с помощью цифровых технологий (источник водоснабжения, водоподготовка, распределительная сеть);

– формирование предложений (рисунок 1), которые связаны с отклонениями и принятием мер по их устранению;

– автоматизация качества показателей воды по индикаторным показателям проб;

– увеличение длительности жизни населения в результате автоматизации контроля качества воды.

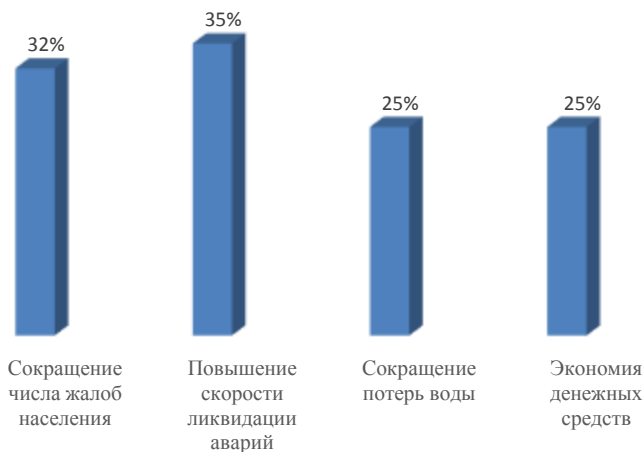


Рисунок 1 – Эффективность цифровизации на Водоканале

Для удаленного контроля и снятия показаний используются приборы учёта, целью которых является:

- 1) общий учет всех энергоресурсов и различных аналитических отчетов;
- 2) прогнозирование и мониторинг состояния оборудования предприятия;
- 3) мониторинг всех потерь в режиме реального времени на экранах.

Существует несколько способов дистанционной передачи показаний в схеме автоматизации системы водоснабжения:

1. *Установка отдельного модема.* Все данные передаются импульсным методом в модем, который передаёт информацию по сети. В этом случае модем считывает показания одновременно с нескольких счётчиков. Но после установки модема необходимо провести калибровку, данные будут передаваться по сети два раза в сутки.

2. *Счётчики с уже встроенным модемом,* которые устанавливаются как стандартные модели на трубы. Установленный модем позволяет обойтись без дополнительного оборудования и приборов. В остальном счётчик работает по аналогичной схеме с внешним модемом, передавая данные через интернет (рисунок 2).

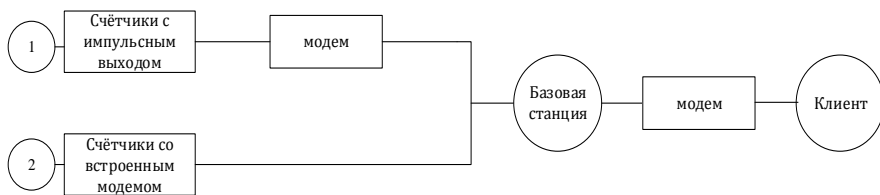


Рисунок 2 – Алгоритм дистанционной передачи показаний

По нашему мнению, за «умными городами», в том числе и за цифровизацией водоканала будущее, так как все эти процессы ускоряют темп работы и экономят затраты. А развитие «умных городов» не остановить, так как они развиваются параллельно с развитием ИТ-отрасли, и с ростом населения городов.

Список литературы

- 1 Цифровизация водоканала [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://watermg.com/napravleniya/cifrovizaciya-vodokanala>. – Дата доступа : 11.02.2021
- 2 Vodanews [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://vodanews.info/wp-content/uploads/2018/06/NDT_6_30_zfr-2.pdf. – Дата доступа : 11.02.2021

УДК: 628.316.13

УРИЦКАЯ А.В.

СЕМЬ АРГУМЕНТОВ, ПОЧЕМУ REVIT – ЭТО ИДЕАЛЬНАЯ ПРОГРАММА ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель
urickaaalina1@gmail.com*

Актуальность тематики. В современном мире развития строительного рынка перед многими проектными организациями встает проблема собственного роста, которая связана с необходимостью соответствовать возрастанию объемов работ. Как известно, ничто не стоит на месте, особенно строительство. С каждым годом проектные решения требуют новых подходов и нестандартных решений [1].

Цель работы – обобщить преимущества работы в Revit при проектировании строительных объектов и инженерных систем.

Основные результаты. Autodesk Revit – полнофункциональная САПР, которая предоставляет возможности архитектурного проектирования, проектирования инженерных систем, строительных конструкций, и, конечно, 3D

моделирования строительства. Этой программе свойственна высокая точность выполнения проектов. Базируется на технологии информационного моделирования зданий (BIM). Система BIM предоставляет доступ для совместной работы специалистов различных дисциплин, а также заметно сокращает количество ошибок. Создает строительные конструкции и инженерные системы любой сложности. На основе проектируемых моделей специалисты вырабатывают эффективную технологию строительства, выполняют расчет и по максимуму определяют требуемое количество материалов.

Линейка продуктов на платформе Revit – это инновационное решение Autodesk, позволяющее существенно сократить время проектирования с максимально детальной проработкой проекта от эскиза до рабочей документации, и одновременно уменьшить количество ошибок. Исходя из собственного опыта, приведу семь аргументов, почему Revit – это идеальная программа для проектирования.

1 *Готовые конструкции.* Все строительные конструкции уже находятся в программе. Миссия проектировщика – подобрать требуемую конструкцию или перенастроить имеющуюся под данный проект.

2 *Библиотека семейств.* Тысячи производителей создают семейства своей продукции и размещают их на специализированных ресурсах. Библиотеки расширяются очень быстро, так как это выгодно и производителям, и проектировщикам, и заказчикам.

3 *Строишь модель – получаешь чертежи.* Revit работает по принципу BIM (информационное моделирование зданий). Суть принципа: вы собираете 3D-модель из готовых конструкций и получаете автоматически все нужные чертежи (планы, разрезы, узлы, 3D-виды). Конструкции включают в себя информацию о материале, из которого они состоят, стоимость этого материала, объем, площади и т.д., поэтому ведомости и спецификации также формируются весьма быстро и имеют динамическую двухстороннюю связь с моделью.

4 *Динамическая связь.* 3D-модель, все чертежи, полученные на ее основе, и спецификации, связаны между собой. При преобразовании любой из конструкций в модели все чертежи и спецификации изменяются автоматически. Это особенно ценно, когда приходится вносить исправления в проект на последних этапах проектирования.

5 *Связка с 3ds Max.* Revit и 3ds Max – это продукты компании Autodesk, с отличной совместимостью. Очень легко можно направлять модель из Revit в 3ds Max для создания фотореалистичной визуализации. Есть возможность настроить связь, для того чтобы изменение модели в Revit автоматически передавались в 3ds Max.

6 *Совместная работа* – это метод проектирования, разрешающий нескольким участникам группы синхронно работать над одной и той же моделью проекта. Большинство проектов выполняются группами архитекторов, каждый из которых отвечает за конкретно свою часть работы. Участники проекта имеют совместный доступ к модели из хранилища. Проекты Revit

могут подразделяться на рабочие наборы, соответствующие таким средам. Разрешается включать функцию совместной работы для создания модели из хранилища, чтобы участники проектной группы могли одновременно вносить изменения в локальную копию модели из хранилища.

7 Шаблон. Основное достоинство Revit – это возможность закрепления всех своих настроек и наработок в файле шаблона. В Revit очень просто создать безупречную среду для проектирования. С настроенным «Шаблоном» проектировщику остается собрать 3D-модель из готовых конструкций (рисунок 1), а все чертежи и спецификации расформируются на нужные листы, и рабочая документация сформируется с минимальным участием пользователя.

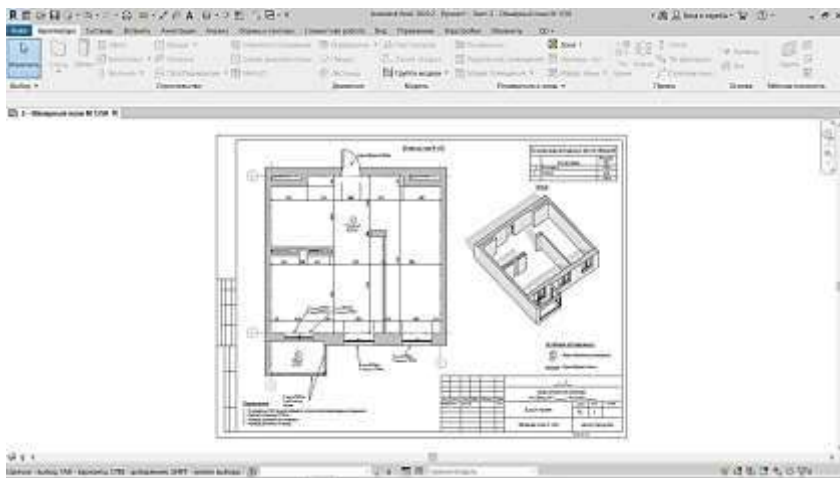


Рисунок 1 – Пример 3D-модели квартиры из готовых шаблонов конструкций

Вывод. Вопрос о пригодности комплекса Autodesk Revit на данный момент считается самым актуальным. Он старается собрать в себя самые легкодоступные функции из других программ, в которых все мы привыкли работать до этого. Недостаток специалистов негативно сказывается на темпе развития, улучшения и внедрения программы во все проектные организации. В Revit проектировать максимально удобно, и он охватывает все сферы строительства, начиная от экономики и заканчивая самим проектированием.

Список литературы

- 1 Невзорова, А.Б. Основные принципы информационного моделирования зданий / А.Б. Невзорова, М.С. Афонченко. – Гомель : БелГУТ, 2017. – 107 с.
- 2 Школа проектирования в AutoCad [Электронный ресурс]. – Режим доступа : r.autocad-specialist.ru/10-arguments. – Дата доступа : 12.02.2021.

УРИЦКАЯ А.В.

ОБРАБОТКА ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД НА ПРИМЕРЕ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ БАЛТИЙСКОГО РЕГИОНА

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель
urickaaalina1@gmail.com*

Актуальность тематики. При эффективной очистке городских сточных вод образуется большое количество осадка и возникают трудности, связанные с его устойчивым управлением.

Цель работы – анализ существующих технических решений обработки и утилизации осадков в разных странах.

Основные результаты. В странах региона Балтийского моря существует множество различных путей обращения с осадком. Между странами имеются различия в количестве и типе методов обработки осадков сточных вод.

При уплотнении содержание сухого вещества в осадке увеличивается за счет снижения содержания влаги [2].

На каждых очистных сооружениях применяются собственные технические решения для уплотнения осадка. В Польше сырой осадок уплотняется в гравитационном уплотнителе и достигает содержания сухого вещества в осадке от 4 до 6 %. А избыточный ил уплотняется механическим способом до 6 % по сухому веществу. На некоторых небольших очистных сооружениях уплотнители не используются. Например, в Любеке (Германия) осадок подается в метантенк без использования гравитационных уплотнителей [1]. Избыточный ил уплотняется механически с помощью ленточных уплотнителей примерно до 5,5 % по сухому веществу. В Юрмале (Латвия) и Кохтла-Ярве (Эстония) весь осадок классифицируется как избыточный ил и уплотняется механическим способом до содержания сухого вещества соответственно 4–7 % и 6 %. Для уплотнения применяются вспомогательные флокулянты (как правило, полимеры) [2].

Сбраживание широко используется на средних и крупных очистных сооружениях в регионе Балтийского моря.

Анаэробный процесс сбраживания может протекать как при мезофильных (около 35–40 °С), так и при термофильных (53–57 °С) температурах [2]. Из-за высокого потребления электроэнергии, термофильное сбраживание может эффективно использоваться лишь в теплых регионах. Страны Балтийского региона осуществляют сбраживание при мезофильных условиях (таблица 1) [1].

Анаэробное сбраживание позволяет использовать энергетический потенциал осадков сточных вод.

Наиболее популярными методами обезвоживания на городских очистных сооружениях являются центрифуги и ленточные фильтр-прессы. В регионе Балтийского моря (Финляндии, Эстонии и Швеции) используются шнековые прессы (таблица 2).

Таблица 1 – Сбраживание осадка в разных странах

| Страна | Период сбраживания, дни | Температура, °С | Содержание твердой фазы, % |
|-----------------------|-------------------------|-----------------|----------------------------|
| Польша (Гданьск) | 28 | 37 | 3,1 |
| Латвия (Рига) | 14–20 | 37 | 3 |
| Германия (Любек) | 18 | 37–39 | 2,5 |
| Финляндия (Хельсинки) | 13 | 35,5 | 2,7 |

Ученые активно работают над разработкой систем обезвоживания осадка без использования флокулянта. Это особенно актуально в Германии. К сожалению, получаемый эффект обезвоживания по-прежнему недостаточно высок.

В качестве альтернативы механического обезвоживания осадка на очистных сооружениях малого и среднего размера в южной части региона Балтийского моря (Германия, Дания, Швеция) используется технология биоплата (обезвоживание на камышовых площадках). Конечный продукт может быть использован для озеленения и благоустройства территорий, а также в сельском хозяйстве [1].

Таблица 2 – Сравнение результатов обезвоживания осадков в странах Балтийского региона

| Страна (город) | Метод обезвоживания | Содержание сухого вещества в кеке, % | Потребление полимеров, г/кг сухого вещества |
|-----------------------|-----------------------|--------------------------------------|---|
| Польша (Гданьск) | Центрифуги | 19,7 | 11,4 |
| Латвия (Юрмала) | Центрифуги | 18 | 5,4 |
| Германия(Любек) | Камерный фильтр-пресс | 37 | 500 |
| Эстония (Кохтла-Ярве) | Центрифуги | 22 | 8 |

В странах региона Балтийского моря применяются различные методы обеззараживания. Наиболее распространено компостирование, обработка известью и пастеризация. В Финляндии и Эстонии используется компостирование, а в Германии – известь.

До недавнего времени осадок сточных вод вывозили на свалки, хранили в илонакопителях, в жарком климате сушили на солнце, сбрасывали в океан.

В последние годы повторно используют компостированный или сброженный осадок в сельском хозяйстве в качестве удобрения и для благоустройства территорий, а также использования соединений фосфора и (или) азота осадка в качестве дополнительного удобрения [1].

Вывод. Анализируя эффективную практику и проблемы в сфере обработки осадков городских сточных вод в регионе Балтийского моря, предприятия водопроводно-канализационного хозяйства могут принять более экономические и результативные решения в вопросах управления осадком.

Список литературы

1 Обработка осадка сточных вод: полезный опыт и практические советы. Издатель и авторское право 2012: Проект по городскому сокращению эвтрофикации (Project on Urban Reduction of Eutrophication, PURE) через Комиссию по окружающей среде Союза балтийских городов, Vanha Suurtori 7, 20500 Turku, Finland (Финляндия). – 125 с.

2 **Новикова, О.К.** Технология очистки сточных вод : учеб. пособие / О.К. Новикова. – Гомель : БелГУТ, 2020. – 302 с.

УДК 628.14:725.193

БАЕВА Е.С., ВАСИЛЕНКО Я.Ю.

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ СНИЖЕНИЯ УРОВНЯ ГРУНТОВЫХ ВОД НА УЧАСТКЕ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель,

Геология заданной местности является предварительным этапом до начала проектирования водопровода и канализации, строительства зданий. Первоначально определяют местоположение грунтовых вод и возможность их применения для водоснабжения объектов.

По полученным данным составляется гидрогеологическая характеристика определенного участка, при помощи которой решаются вопросы об использовании грунтовой воды для хозяйственно-питьевых или технических нужд.

Целью работы является анализ проблем высокого уровня грунтовых вод в населенном пункте и поиск путей их разрешения. Без информации о грунтовых водах, их составе, уровне залегания и иных свойствах нельзя планировать возведение долговременных зданий и сооружений, обустройство водоемов, организацию водоснабжения и канализации.

Грунтовые воды – это безнапорный водоносный горизонт. Частное строительство идет на земельных участках, где грунтовые воды близко к поверхности земли, что влечет постоянные сезонные изменения и колебания. Также

это может привести к повышению влажности в самом доме, заболачиванию, коррозионному износу труб водоснабжения и водоотведения.

При интенсивном дожде или во время оттепели уровень становится значительно выше, а во время засухи, наоборот, понижается.

Самый распространенный метод в борьбе с этой проблемой – дренаж участка с высоким уровнем грунтовых вод. Дренаживание предполагает систему отвода лишней воды с участка при помощи установки труб, траншей, скважин и других подобных устройств. Дренажная система может быть открытой, закрытой или засыпной.

Наиболее легкий и доступный метод – это открытый или поверхностный дренаж, который предполагает размещение на территории открытых канавок с наклоном без применения труб. По этим уклонам вода попадает в общую сточную канаву. Такая схема требует регулярной чистки и ухода, но нарушает эстетичность садового участка. Преимуществом этой схемы является то, что она очень простая и наименее затратная.

Закрытый или глубинный дренаж – безопасная и эстетичная система, когда трубы укладывают в землю. Эти трубы выводят лишнюю воду в дренажный колодец. Чаще всего используют схему «ёлочка», которая представляет собой боковые траншеи, собирающие в одну, ведущую к колодцу-водосборной траншее.

Следующая схема – засыпной дренаж, который используется только на маленьких участках, так как обладает малой пропускной способностью и быстро засоряется. В этом случае по всему периметру площади выкапывают траншеи под уклоном и без труб, которые наполняют щебнем или кирпичом, а сверху кладут гравий. Засыпной дренаж требует применения дополнительной фильтрации и постоянной чистки.

Еще один из методов борьбы с водой – водопонижение с созданием искусственного водоема. В первую очередь, как правило, создается котлован, затем покрывают дно различными пленками, чтобы добиться максимально чистой воды в нем. Пруд должен функционировать на понижение уровня грунтовых вод посредством просачивания внутрь водоема воды, при этом пленка этому будет препятствовать. Достаточно будет обустроить монтажную подушку из щебня или гравия, а сверху обложить камнями. Однако, вода в искусственном водоеме будет прозрачной и отойдет от подвалов, выгребных и смоторных ям.

Таким образом, проблемы уровня грунтовых вод встречаются повсеместно. Соответственно, в данной статье приведены некоторые способы по решению этой проблемы, такие как применение дренажных труб и создание искусственного озера в самой низкой точке участка.

Список литературы

1 Поиск грунтовых вод на участке [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://geocompani.ru/poleznoe/stati/poisk-gruntovyh-vod-na-uchastke/>. – Дата доступа : 13.02.2021.

2 Fermer.blog: Сельское хозяйство [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://fermer.blog/bok/blagoustroystvo/iskusstvennye-vodoemy/prudy/vidy-prudov/15943-prud-iz-gruntovyh-vod.html>. – Дата доступа : 13.02.2021.

3 Марисруб: блог о строительстве домов из бревна [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://blog.marisrub.ru/parcel/osushenie-uchastka/>. – Дата доступа : 13.02.2021.

УДК 628.1.03

ФИЛАТОВА И.И., БОНДАРЕНКО Е.С.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЦЕННОСТЬ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ИЗ ПОВЕРХНОСТНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Актуальность тематики. В наше время есть большое разнообразие технологий очистки воды. В Республике Беларусь в основном используются несовершенствованные установки для очистки в отличие от западных стран. Поэтому необходимо внедрять новые технологии, а также забор воды осуществлять не только из подземных источников, но и из поверхностных, так как запасы артезианских вод с каждым годом истощаются.

Цель работы – провести оценку технологий очистки вод из поверхностных и подземных источников Беларуси и Швеции.

Основные результаты. Качество воды напрямую влияет на здоровье человека, поэтому при устройстве станции водоподготовки самой первой и важной задачей является выбор оптимального источника водоснабжения. Для водоснабжения Республики Беларусь в основном используются подземные источники в отличие от Швеции, в которой используются как поверхностные, так и подземные источники.

В данной статье рассматривается сравнение качества очистки воды города Минска и города Стокгольм, так как эти два города примерно равны по численности населения, а также немаловажную роль играет то, что Стокгольм, по мнению Европейской комиссии, получил звание «Зеленая столица» благодаря своим достижениям в области экологии и коммунальных услуг.

Минск – единственный регион в Республике Беларусь, в котором потребителям подают воду не только из подземных источников, но и из поверхностного [1].

Предприятием, занимающимся водоснабжением города, является «Минскводоканал», в подчинении которого 17 водозаборов артезианских источников и один водозабор из поверхностного источника [3].

Вода из артезианских источников является достаточно чистой и пригодной для хозяйственно-питьевых нужд без дополнительной очистки и обработки хлором. Однако есть некоторые водоносные горизонты, в которых присутствует повышенное содержание железа и марганца. Для очистки этих элементов используется станция обезжелезивания, в которой вода подвергается аэрации и фильтрованию, что способствует снижению концентраций железа и марганца до требуемых нормативных показателей.

В качестве поверхностного источника используется водохранилище «Крылово». Вода поступает на станцию очистки по трем гравитационным водоводам диаметром 1400 мм. Для очистки применяются следующие технологии:

- 1) хлорирование – обеззараживание воды хлором;
- 2) коагулирование – процесс применяется для ускорения процесса осаждения в отстойниках и более полного извлечения частиц при фильтрации (укрупнение, слипание загрязнений, формирование хлопьев). Для автоматизации процесса внедрена современная автоматизированная система управления технологическим процессом [1].

Водоснабжением Стокгольма занимаются две компании – «Стокгольм Ваттен» (Stockholm Vatten) и «Норрваттен» (Norgvatten). Первой принадлежат две станции водоподготовки – Норсборг и Ловё, второй – станция водоподготовки Гёрвельн. Главным источником водоснабжения города является озеро Меларен. В целом качество воды в озере можно назвать достаточно хорошим. Однако в воде всё же имеются биогенные вещества, такие как азот и фосфор [2].

Процесс очистки воды достаточно схож между двумя городами, однако на станциях Стокгольма на этапе обеззараживания отходят от метода хлорирования и внедряют систему УФ-обеззараживания.

На станции Норсборг была внедрена автоматизированная система DUS III, предназначенная для сбора и обработки данных и управления процессом водоподготовки. DUS III – клиент-серверная система под управлением Windows. В систему интегрировано более 25 тыс. различных файлов, включая архивы данных, списки, рисунки CAD, рабочие схемы и инструкции, описание процессов обработки воды и проч. Преимуществом данной системы является графический вывод практически всей необходимой операторам информации. Все основные стадии процесса очистки воды, введение реагентов и режим подачи питьевой воды потребителям отображаются на сенсорных панелях в режиме реального времени [4].

На станции Ловё применяется установка Wedeco K 4500 для полномасштабного УФ-обеззараживания воды. Эта установка состоит из двух секций, каждая из которых оснащена 108 лампами низкого давления и 6 сенсорами.

В целом качество воды на выходе полностью соответствует нормативам, что обусловлено значительным снижением числа гетеротрофных бактерий.

Аналогичная УФ-установка эксплуатируется на станции водоподготовки Гёрвельн, которая также использует воду из северо-восточной части озера Меларен [2].

Выводы. Рассмотрев методы очистки города Стокгольм, можно сделать вывод, что в стране полностью перешли на установки УФ-обеззараживания, а также внедрили новые компьютерные программы и системы. Такие технологии могут быть адаптированы и в Республике Беларусь, для улучшения хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Список литературы

1 **Невзорова, А.Б.** Водоснабжение и водоотведение селитебных территорий [монография] / А.Б. Невзорова, О. К. Новикова, Г. Н. Белоусова. – Гомель : БелГУТ, 2015. – 265 с.

2 Организация питьевого водоснабжения в Стокгольме [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://water-magazine.ru/novosti/za-rubezhom/24124-organizatsiya-vodosnabzheniya-v-stokgol-me-chast-pervaya.html>. – Дата доступа: 26.02.2021.

3 Водоснабжение. Минксводоканал [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://minsk-vodokanal.by/about/activities/water-supply/html>. – Дата доступа: 26.02.2021.

УДК:626.81

ДАНИЛОВ Н.И., ВАЗЮРА Е.С.

СРАВНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПОДЗЕМНЫХ И ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель
vazuraegor@gmail.com*

Подземные воды не требуют обесцвечивания и осветления, характеризуются постоянством температуры, санитарной надежностью, небольшим содержанием органических веществ и значительным количеством минеральных солей. Между глубиной залегания подземных вод и степенью их минерализации наблюдается прямая зависимость. В случае гидравлической связи подземных вод с поверхностными подземные могут отличаться повышенной окисляемостью [1].

Химический состав подземных вод отличается разнообразием. Определяется он в основном условиями, при которых они сформировались, которые, в свою очередь, зависят от взаимодействия с атмосферой и земной поверхностью. Развитию растительности и жизнедеятельности водных организмов в подземных водах препятствуют слабое протекание биологических процессов, отсутствие света и свободного растворенного кислорода. Но при этом создаются благоприятные условия развития анаэробных процессов.

Подземные воды зачастую характеризуются значительной жесткостью, повышенным содержанием железа, марганца, фтора, растворенных газов (H_2S , CO_2).

Поверхностные воды. Реки, водохранилища, озера и моря используются в качестве поверхностных источников. Для рек характерны сезонные колебания расхода и качества воды. Характер питания рек определяет состав примесей речных вод. Различают поверхностное и подземное питание. Дожди, снег, ледники и т.п. обеспечивают подземное питание, грунтовые воды – подземное [1].

Характерная особенность качества речной воды – относительно большая мутность, высокое содержание органических веществ и бактерий, зачастую значительная цветность. Обычно речная вода обладает относительно малым содержанием и, в частности, небольшой жесткостью.

Одним из основных факторов хозяйственной деятельности человека, влияющих на состояние источников воды как в качественном, так и в количественном отношении является смыв с сельскохозяйственных угодий химических удобрений и сброс в водоемы недостаточно очищенных сточных вод и вод тепловых и атомных электростанций. Как следствие, развиваются макрофиты и планктон, вызывающие зарастание водоемов, повышение цветности воды, возникновение привкусов и запахов, что ухудшает состояние источников воды.

Воды водохранилищ и озер отличаются относительно малым содержанием взвешенных веществ, значительной цветностью, большой окисляемостью, наличием планктона в летнее время. Озерная вода имеет весьма различную степень минерализации.

Взаимосвязь поверхностных и подземных вод. Подземные воды тесно связаны с атмосферой и поверхностными водными источниками, а потому являются одним из важных элементов в общем водном балансе отдельных районов, областей и всей страны в целом [2].

Взаимосвязь поверхностных и подземных вод – процесс водообмена между поверхностью суши и водовмещающими породами в естественных и нарушенных условиях. Направление и интенсивность процесса являются ос-

новными характеристиками этого звена в общем круговороте воды. Взаимосвязь поверхностных и подземных вод и интенсивность этого процесса зависят от большого числа природных и антропогенных факторов. Основными из них являются фильтрационные сопротивления поверхностных водотоков, степень вскрытия руслом водоносного пласта, фильтрационные свойства и строение водовмещающих пород, градиенты давления, определяющие движение водных потоков в пористой среде, сработка напорных водоносных горизонтов и др. Крупный подземный водоотбор ведет к перераспределению давления в эксплуатируемых водоносных горизонтах, что способно кардинальным образом изменить схему водообмена между поверхностными и подземными водами в условиях хорошей гидравлической связи между ними. Может происходить инверсия градиентов давления, в результате которой восходящие потоки сменяются нисходящими, и поверхностные воды с урбанизированных территорий начинают проникать в напорные водоносные горизонты, которые в ненарушенных условиях находились в режиме разгрузки подземного стока. На урбанизированных территориях в результате интенсивного подземного водоотбора понижение давления в водоносных горизонтах (образование депрессионных воронок) часто приобретает региональный характер, в результате чего значительно расширяется зона активного водообмена между поверхностными и подземными водами [3].

Таким образом, на территориях с интенсивной хозяйственной деятельностью, как правило, взаимосвязь поверхностных и подземных вод возрастает по мере сработки напорных водоносных горизонтов. Наиболее отрицательные последствия нарушения естественного режима подземного стока вызывает миграция ингредиентов загрязнения с поверхностными водами, поступающими в водоносные комплексы.

Список литературы

1 Михайлов, В.Н. Гидрология : учеб. для вузов / В. Н. Михайлов, С. А. Добролюбов. – М. ; Берлин : Директ-Медиа, 2017 – 752 с.

2 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества / Санитарные правила и нормы: СанПиН 10-124 РБ 99. – Минздрав РБ.– Минск, 2000 // Сборник санитарных правил и норм по питьевому водоснабжению. – 2000. С.3-108.

3 Государственный водный кадастр. Водные ресурсы, их использование и качество вод (за 2001–2015 гг.). – Минск : Минприроды Республики Беларусь, Минздрав Республики Беларусь, 2016.
УДК 62-03

ХОИ Т. С.

ТЕХНОЛОГИЯ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ОСАДКОВ ГЕОТУБ (*GEOTUBE*)

Актуальность тематики Взаимосвязь «вода–здоровье человека» – один из главных приоритетов природоохранной деятельности. Снижение уровня загрязнений водных экосистем и ликвидация их источников признается Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) главной стратегической задачей охраны здоровья населения в целом. В этой связи требуется разработка новых технологий по очистке сточных вод, переработке и утилизации осадков, образующихся при их очистке [1].

Целью работы является исследование перспективного направления методики обработки осадка с применением системы Геотуб (*Geotube*).

Основные результаты. Осадок, образующийся в процессе очистки хозяйственно-бытовых или производственных сточных вод, представляет собой полидисперсную водную суспензию. Данный осадок необходимо уплотнять, обезвоживать для снижения его объема, обеззараживания, устранения запаха, подготовки к утилизации, уменьшения затрат на транспортировку осадка в места складирования, переработки или захоронения [2].

Для технологических процессов обработки и утилизации осадка и его вывоза необходимо, чтобы влажность осадка была не более 75–80 %. Такую влажность возможно обеспечить механическими методами с использованием обезвоживающего оборудования либо с использованием геотуб.

Геотубы (*Geotube*) – это объемные цилиндрические системы (контейнеры), изготовленные из долговечного, высокопрочного, кислотостойкого тканого геотекстиля (пропилена, полиэстерового текстиля, полиэтилена). Данная технология была разработана голландской компанией *TenCate Geosynthetics* для гидротехнического строительства. Она позволяла за кратчайшие сроки воздвигать сооружения для береговой защиты и обвалования для искусственно намывных территорий.

Технология применяется для обезвоживания различных осадков, образующихся при расчистке водоёмов, отстойников промышленных предприятий, хвостохранилищ, иловых карт. В основном это объекты, на которых работы можно проводить сезонно, в тёплое время года, или в климатических зонах, где низкие температуры воздуха (ниже 0 °С) непродолжительны.

Технология *Geotube* имеет ряд бесспорных достоинств:

- резкое сокращение площадей промышленной площадки по сравнению с использованием карт налива. Возможность многослойной укладки контейнеров *Geotube* в высоконагружаемую залежь позволяет минимизировать затраты на дренажную площадку и разместить высокопроизводительный технологический комплекс в стеснённых условиях;

- промплощадка для производства работ быстро возводится и ликвидируется;

– производительность обезвоживающего комплекса напрямую зависит от производительности средств гидромеханизации, подающих осадок на обезвоживание;

– невосприимчивость процесса к абразивному износу и размеру включений (мусора) в подаваемой пульпе;

– возможность обезвоживания по месту последующего захоронения с формированием залежи из обезвоженного материала, устойчивой к ветровой и водной эрозии.

Размер контейнеров *Geotube* (геотубов) определяется, исходя из требуемых объемов обезвоживания и размеров территории, отведённой под площадку. Периметр рукава контейнера – от 10,0 до 27,4 м, а допустимая длина – от 15 до 60 м с шагом 5 м. Подсоединение подающего пульпопровода к контейнеру *Geotube* (геотубу) осуществляется через специальные рукава (*Filing Funnel* или *GeoPort*), прикреплённые к своду контейнера, как правило, с интервалом 15 м [3].

Сущность метода заключается в статическом обезвоживании, т. е. фильтрации жидкой фазы осадка через стенки геотуб – контейнеров из полимерной фильтрующей ткани, которые расположены на специально подготовленной дренажной площадке. Перед подачей в геотубы осадок обрабатывается специальными добавками: полимерным флокулянтom – для повышения эффективности фильтрации; стабилизатором – для подавления процесса гниения органической части; дезинфектантом – для подавления запаха и микрофлоры осадка; специальным реагентом – для связывания солей тяжёлых металлов.

Выводы. Обработка осадков в последние годы выдвигается в число наиболее трудных, дорогостоящих и наименее разработанных проблем в области очистки сточных вод. Целью обработки осадков является получение конечного продукта, свойства которого обеспечивают возможность его утилизации, использования в качестве товарного продукта и минимизации ущерба, наносимого окружающей среде. Выбор рациональной технологии обработки осадков зависит от объема, физико-химических свойств осадков, стоимостных и других показателей.

Технология *Geotube* может быть успешно реализована при реконструкции очистных сооружений, что позволит значительно снизить финансовые затраты, время проведения работ, использование каких-либо сложных механизмов. Использование таких систем не нарушает экологию и поддерживает природный баланс.

Список литературы

1 Совершенствование технологии обработки осадков сточных вод крупных городов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.bsut.by/images/MainMenuFiles/NauchnyeIssledovaniya/Konferencii/informacionnye_soobscheniya/2021/vs2021.pdf. – Дата доступа : 09.03.2021.

2 **Новикова, О. К.** Технология очистки сточных вод : учеб. пособие / О. К. Новикова. – Гомель : БелГУТ, 2020. – 302 с.

3 Методика определения основных технологических параметров сооружений систем водоснабжения и водоотведения, очистки сточных вод и обработки осадка : [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://archiv.nop.ru/upload/iblock/2f4/pdf>. – Дата доступа : 09.03.2021.

УДК 551.4 (476.13)

НОВИЦКИЙ Д.А.

ОСОБЕННОСТИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ ФАБРИКИ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ФАРФОРА

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель
denisnovitsky28@mail.ru*

Актуальность тематики. Вода на промышленных предприятиях необходима на хозяйственно-питьевые нужды, на пожаротушение, а также для проведения технологических процессов [1].

Количество и качество технической воды, необходимое каждому предприятию, определяется масштабом и характером его технологических процессов. В свою очередь, эффективность работы любого промышленного предприятия во многом зависит от организации снабжения его водой требуемых параметров. Соответствующими свойствами используемой воды и ее расходами, а также сооружением эффективных систем водоснабжения в значительной степени определяется качество и себестоимость выпускаемой продукции [1]. Также существуют полученные статистикой удельные нормы расхода воды на единицу продукции. Большой расход воды, а следовательно, и ее сброс – это показатель несовершенства технологий и схем водного хозяйства предприятия.

Подача неподготовленной воды приводит к появлению брака, перерасходу топлива и электроэнергии, снижению производительности технологического оборудования и аварийному выходу из строя их элементов. Для обеспечения надежного и качественного снабжения предприятия водой создается специальная система водоснабжения.

Объект исследований – система водоснабжения и водоотведения фабрики по производству фарфора в г. Добруш.

Важным условием создания эффективной системы водопотребления на предприятии является создание единой системы, в которой поэтапно происходит подача воды в цеха и к оборудованию, её отведение и очистка перед повторным применением. Выпускаемая продукция и объемы ее производства во многом определяют суммарное водопотребление на предприятии

по производству фарфора. В значительной степени на это влияют тип используемого оборудования и схема технологического процесса.

Основные результаты. Существующая система водоснабжения предприятия предусмотрена для обеспечения водой хозяйственно-бытовых, производственных и противопожарных нужд. Водоснабжение предприятия осуществляется от собственного водозабора, куда входят две артезианские скважины глубиной 240 метров с дебетом 65 м³/час и станция второго подъема с тремя насосами производительностью по 200 м³/час и двумя накопительными емкостями по 500 м³ каждый [3]. Предприятие использует схему с повторным использованием воды. Такая схема водоснабжения была подобрана не случайно, а исходя из его характеристик. Так как 70–85 % технической воды в технологических аппаратах просто нагревается вода после охлаждения может использоваться повторно. Такая схема позволяет не только удешевить всю систему водоснабжение, но и сократить количество забираемой природной воды и сбрасываемых стоков. Водоотведение хозяйственно-бытовых стоков с территории предприятия и жилого микрорайона осуществляется двумя КНС на заводские очистные сооружения.

Для разрушения коллоидных систем наилучшие результаты показывает применение коагулянта полиоксихлорида алюминия. По сравнению с действием других коагулянтов на основе алюминия, процесс образования хлопьев идет при небольшом расходе реагента, рН сточной воды остается в пределах нейтральных значений. Для увеличения скорости осаждения образовавшихся хлопьев вводится флокулянт. Укрупненные агрегаты загрязняющих частиц в течение 20–30 минут, осаждаются на дно реактора смешения. Образовавшийся осадок идет на дальнейшее обезвоживание на шнековом фильтр-прессе, а осветленная вода поступает на доочистку в электрофлотационной установке. В осветленном растворе остается порядка 5% загрязняющих компонентов в виде легкой взвеси. В процессе электрофлотации остатки взвешенных веществ флокусируются в пенный слой и удаляются скребками в шламоприемник и далее поступают на обезвоживание. А очищенная вода должного качества отводится в городской коллектор или может быть использована для технических нужд предприятия.

Выводы. Анализ особенностей системы водоснабжения и водоотведения предприятия по производству фарфора показал, что схема водопотребления существенно влияет на технологический процесс. Показано, что качество сточных вод, сбрасываемых в городской коллектор, соответствует нормам и требованиям благодаря правильно подобранном физико-химическом методе очистки коллоидных систем.

Список литературы

- 1 **Новикова, О.К.** Водоснабжение промышленных предприятий / О.К. Новикова, А.М. Ратникова. – Гомель : БелГУТ, 2014. – 230 с.

2 Очистка сточных вод завода строительного фарфора [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://eco-potential.ru/articles/ochistka_stochnykh_vod_zavoda_stroitel'nogo_farfora/. – Дата доступа : 02.03.2021.

3 Характеристика предприятия ЗАО «Добрушский фарфоровый завод». – ДФЗ, 2019.

УДК 502.51

МИНЬКОВ П.С., КОМАРОВА Е.В.

ОСОБЕННОСТИ ВОДОПОДГОТОВКИ ДЛЯ КОТЕЛЬНОЙ ТЭЦ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Светлогорская ТЭЦ – тепловая электростанция в Гомельской области Беларуси, основана в 1958 году. Находится в восточной части города. Входит в состав РУП «Гомельэнерго». ТЭЦ является источником тепловой энергии в системе централизованного теплоснабжения, теплофикационная вода от которой поступает в отопительный период в жилые дома и предприятия.

Принцип работы станций ТЭЦ следующий. Одновременно в топку поступает окислитель и топливо. Тепло, которое в процессе образуется, превращает воду в пар, после чего подает в паровую турбину. Сильный поток пара запускает процесс вращения, который запускает генератор, в результате чего происходит преобразование механической энергии в электрическую. Пар возвращается в конденсатор и превращается в воду. Далее насос перекачивает и вода освобождается от газов, подогревается от пара и поступает в котел. Водоподготовка на ТЭС бывает тепловой и электрической. Возможно использование отдельной системы или совмещенной [1].

Основное назначение котловой воды – производство высококачественного пара, который позволяет котлу передавать тепло по всему объекту. Планы очистки воды в первую очередь направлены на удаление химических примесей, которые способствуют ухудшению работы и износу оборудования. Возможность контроля качества питательной воды и проведение регулярной обработки обеспечит оптимальные условия для долгосрочного использования котла, что может привести к повышению эффективности работы и снижению затрат на ремонт.

Качество воды имеет первостепенное значение для правильной и безопасной работы котла. Неправильно обработанная система питательной воды может привести к образованию накипи внутри котла, предохранительного оборудования и вспомогательных трубопроводов. Такие условия могут привести к термической усталости, снижению эффективности котла и, в конечном итоге, к выходу котла из строя в тяжелых случаях. Разрушительный характер неочищенной питательной воды нарушает процесс производства пара, что увеличивает общие эксплуатационные расходы. Кроме того, вы сокращаете

срок службы оборудования, что опять же приводит к увеличению капитальных затрат.

Очистка воды обычно начинается с осадочных фильтров для удаления взвешенных твердых частиц и смягчителей воды для удаления катионов кальция, магния и других металлов. Эти химические вещества вызывают «жесткую воду» и способствуют накоплению накипи в котле и связанных с ним трубопроводах и фитингах.

Следующим шагом является предварительный нагрев (метод механической деаэрации) – для удаления растворенного кислорода из воды – происходит либо в баке, либо в деаэраторе с использованием дополнительного пара.

Наконец, большинство котельных добавляют в питательную воду все необходимые химические вещества для удаления оставшегося кислорода, а также для надлежащего кондиционирования воды и даже кондиционирования металла оборудования, трубопроводов и арматуры, если это необходимо. Рекомендуется брать ежедневные пробы воды для определения её качества и при необходимости вносить соответствующие поправки в очистку.

При очистке системы котла могут возникнуть проблемы. При подаче воды нужно обращать внимание на следующие признаки:

- жесткость воды. Основным элементом, её определяющим, являются кальций, магний, железо, кремний и алюминий. Эти минералы приводят к образованию чрезвычайно твердых отложений на внутренней поверхности котла при нагревании воды;

- растворенные в питательной воде кислород и углекислый газ может приводить к напряжению в системе подогрева питательной воды и растрескиванию оборудования. Удаление вредных газов происходит с использованием высококачественных поглотителей кислорода или деаэраторов;

- шлам образуется из взвешенных в воде материалов, которые оседают на горячих трубах котла или других поверхностях. Этот осадок, образованный водой, снижает тепловую эффективность и может привести к выходу из строя труб, ограничению циркуляции и снижению надежности котельной системы.

В настоящее время применяется блочно-модульная система водоподготовки для котельных в виде мобильного комплекса для обработки поступающей воды для котельных и ТЭЦ. Комплекс собирается из различных модулей в зависимости от потребностей [2].

Элементы системы водоочистки представляют собой различные фильтры, направленные на удаление специфических примесей, а также модули для разных целей:

- фильтр обратного осмоса представляет собой мембрану, через которую пропускается вода, очищенная от механических частиц;

- фильтр умягчения для котельных состоит из ионосодержащих элементов, которые снижают концентрацию солей магния и кальция. Этот фильтр

является обязательным, так как он значительно снижает количество накипи, осадков и налета;

- фильтр обезжелезивания – химически воздействует на молекулы железа в воде, они выпадают в осадок и удаляются из системы;

- модуль дозирования реагентов – позволяет точно выставлять необходимое количество химических реагентов и отвечает за равномерное распространение в воде;

- модуль химической подготовки, отвечающий за защиту разлитых элементов от воздействия коррозии и образования налета на внутренних поверхностях котла.

Качественно подобранная система очистки и подготовки воды увеличивает срок службы оборудования, улучшает качество очистки и подготовки воды с меньшими затратами на ремонт оборудования.

Список литературы

1 **Чиж, В. А.** Водоподготовка и водно-химические режимы ТЭС и АЭС : учеб. пособие / В. А. Чиж, Н. Б. Карницкий, А. В. Нерезько. – Минск : Выш. шк., 2010.

2 **Сарапулова, Г.И.** Анализ системы водопотребления, водно-химического режима и водоотведения на ТЭЦ / Г.И. Сарапулова, Н.И. Логунова. – Вестник Иркутского гос. техн. ун-та. – 2012. – № 11 (70). – С. 170–176.

Научно-практическое издание

**ВОДОСНАБЖЕНИЕ, ХИМИЯ
И ПРИКЛАДНАЯ ЭКОЛОГИЯ**

Материалы Международной
научно-практической конференции

Издается в авторской редакции

Технический редактор *В. Н. Кучерова*
Корректор *Т. Л. Федькова*

Подписано в печать 26.09.2021 г. Формат 60x84¹/₁₆.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать на ризографе.
Усл. печ. л. 9,3. Уч.-изд. л. 9,81. Тираж 10 экз.
Зак. № 2367. Изд. № 59.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Белорусский государственный университет транспорта.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий
№ 1/361 от 13.06.2014.
№ 2/104 от 01.04.2014.
№ 3/1583 от 14.11.2017.
Ул. Кирова, 34, 246653, Гомель