

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

ВОДОСНАБЖЕНИЕ, ХИМИЯ И ПРИКЛАДНАЯ ЭКОЛОГИЯ

Материалы Международной
научно-практической конференции
(Гомель, 22 марта 2022 г.)

Гомель 2022

УДК 628:543.3
ББК 38.761
В62

Редакционная коллегия:

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

Рецензенты:

д-р техн. наук, доцент *А.А. Бойко* (ГГТУ им. П.О. Сухого),
канд. биол. наук, доцент *Т.А. Тимофеева* (ГГУ им. Ф. Скорины)

Водоснабжение, химия и прикладная экология : материалы Между-
В62 нар. науч.-практ. конф. (Гомель, 22 марта, 2022 г.) / М-во трансп. и комму-
никаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ,
2022. – 153 с.

ISBN 978-985-554-980-3

Представлены материалы докладов по развитию систем водоснабжения из подземных источников. Рассматриваются процессы водоподготовки с использованием инновационных технологий по обезжелезиванию и обеззараживанию питьевой воды, поднимаются вопросы рационального использования водных ресурсов, очистки сточных вод и цифровизации водоканалов.

Для широкого круга читателей.

УДК 628:543.3
ББК 38.761

ISBN 978-985-554-980-3

© Оформление. БелГУТ, 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОСОБЕННОСТИ ОСВЕТЛЕНИЯ И ОБЕСЦВЕЧИВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД С НИЗКИМИ ТЕМПЕРАТУРАМИ В ЗИМНЕЕ ВРЕМЯ <i>В.Н. АНУФРИЕВ¹, Г.А. ВОЛКОВА²</i>	7
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ г. СОЛИГОРСКА <i>Е.Д. АНТОНОВА</i>	9
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ г. БОБРУЙСКА <i>О.К. НОВИКОВА, Е.С. БАЕВА</i>	12
ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ВОДООТВЕДЕНИЯ СТОЧНЫХ ВОД КАФЕ <i>Г.Н. БЕЛОУСОВА, Е.С. ВАЗЮРА</i>	14
ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОБЪЕКТА СОЦИАЛЬНО-БЫТОВОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ (ПРАЧЕЧНОЙ) ЖИЛОГО КОМПЛЕКСА <i>Г.Н. БЕЛОУСОВА, М.В. ТУЧА</i>	16
ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ ПРИ ПРОКЛАДКЕ ТРУБОПРОВОДОВ <i>Г.Н. БЕЛОУСОВА, Л.В. ЖЕЛЕЗНЯКОВ, Ю.В. ЖУКОВ</i>	20
ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОБЪЕКТА СОЦИАЛЬНО-БЫТОВОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ АВТОМОБИЛЬНОЙ МОЙКИ <i>Г.Н. БЕЛОУСОВА, Н.И. ДАНИЛОВ</i>	24
ВОДОСНАБЖЕНИЕ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ С ВСТРОЕННОЙ ИНФРАСТРУКТУРОЙ <i>Е.С. БОНДАРЕНКО</i>	27
РАЗРАБОТКА ПЛАНОВ ПРОМЫВКИ СЕТИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ <i>К.А. БОНДАРЕНКО, А.В. ПАПКОВ</i>	30
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ АКУСТИКИ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ <i>Е.С. ВАЗЮРА</i>	32
МЕРОПРИЯТИЯ ПО СНИЖЕНИЮ ПОТЕРЬ В СИСТЕМЕ ВОДОСНАБЖЕНИЯ <i>Р.Н. ВОСТРОВА, Е.А. ПЕХОТА</i>	35
УПРАВЛЕНИЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕМ В г. ОЛЬШТЫНЕ <i>П. ГАИЛИТИС</i>	39
ВЛИЯНИЕ ДОЗЫ ВОССТАНОВИТЕЛЯ НА ЗНАЧЕНИЯ ПОЛНОЙ СТАТИЧЕСКОЙ ОБМЕННОЙ ЕМКОСТИ СОРБЕНТОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДНЫХ СРЕД ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ <i>О.Н. ГОРЕЛАЯ</i>	41
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ г. РЕЧИЦЫ <i>А.А. ГРИБ</i>	43
МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ВОДЫ НА ОСНОВЕ КЛАССИФИКАЦИИ ПРИМЕСЕЙ ПО ФАЗОВО-ДИСПЕРСНОМУ СОСТОЯНИЮ <i>С.В. ДЕМКОВ</i>	46
ВЛИЯНИЕ ПЕРИОДОВ УВЛАЖНЕНИЯ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ <i>Р.Ю. ДОЛОМАНЮК</i>	48

ОЦЕНКА РАБОТЫ ВТОРИЧНЫХ ОТСТОЙНИКОВ	
<i>О.Н. ДРОЗД</i>	50
ЭКОЛОГИЧНОСТЬ В СФЕРЕ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ, РАЗРУШЕНИЕ	
СТЕРЕОТИПОВ О ИХ ВРЕДЕ ДЛЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	
<i>К.В. ДУБОВИК, А.Е. БАШАРИМОВ</i>	54
ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ ОЧИСТКИ	
СТОЧНЫХ ВОД	
<i>К.В. ДУБОВИК, А.Е. БАШАРИМОВ</i>	55
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИОРИТЕТНОСТИ РЕМОНТА ТРУБОПРОВОДОВ	
ГОРОДСКОЙ СЕТИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ	
<i>А.В. ЕВДОКИМОВА, К.В. ЖУРО</i>	58
СБЕРЕЖЕНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ	
<i>К.В. ЕФИМЧИК, Е.Ф. КУДИНА</i>	61
МЕТОД СТАБИЛИЗАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ В МЕТАНТЕНКЕ	
<i>Л.В. ЖЕЛЕЗНЯКОВ, Е.Ф. КУДИНА</i>	64
ПОДГОТОВКА ПОДЗЕМНЫХ ВОД,	
СОДЕРЖАЩИХ ОРГАНИЧЕСКИЕ ПРИМЕСИ, ДЛЯ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ	
ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ	
<i>Б.Н. ЖИТЕНЕВ, Е.С. РЫБАК</i>	66
ВАРИАНТЫ УТИЛИЗАЦИИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД ГОРОДА	
<i>Ю.В. ЖУКОВ</i>	69
ВЛИЯНИЕ КЛИМАТА И СОЦИАЛЬНЫХ АСПЕКТОВ НА ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ	
В ЛИВАНЕ	
<i>А. ЗАРАКЕТ</i>	72
ВОЗДЕЙСТВИЕ ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ ДВИГАТЕЛЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ:	
ГЛОБАЛЬНЫЕ И ЛОКАЛЬНЫЕ ЭФФЕКТЫ	
<i>А. ЗАРАКЕТ, З. АТИЕ</i>	75
СОКРАЩЕНИЕ НЕПРОИЗВОДСТВЕННЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ НА	
ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ	
<i>В.Б. КАЙСТРУК, А.А. ЛАВРИНОВИЧ</i>	78
МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА СБРОСА ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В	
ПОВЕРХНОСТНЫЕ ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ	
<i>Е.Н. КОВАЛЁВ, О.В. КОВАЛЁВА</i>	80
МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ИЗЪЯТИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В РАЙОНАХ	
ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ	
<i>О.В. КОВАЛЁВА, К.А. ИВАНЧУК</i>	82
СОЦИАЛЬНАЯ И ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ	
КОМПЬЮТЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И КАНАЛИЗАЦИИ	
<i>В.Н. КОВАЛЕНКО</i>	83
ПУТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФИЛЬТРАТОВ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПРИ СИНТЕЗЕ	
СУЛЬФАТОВ КАЛЬЦИЯ ИЗ ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННОЙ ВОДОПОДГОТОВКИ	
<i>М.А. КОМАРОВ</i>	85
ПРИЧИНЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ЖЕЛЕЗОМ НА ТЕРРИТОРИИ	
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ	
<i>Е.В. КОМАРОВА</i>	88
МОДИФИЦИРОВАННЫЙ ОГНЕУПОРНЫЙ ШАМОТ ДЛЯ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ	
ПОДЗЕМНЫХ ВОД	
<i>П.А. КЛЕБЕКО</i>	90
ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ	
МАЛОЙ КАНАЛИЗАЦИИ	
<i>Н.И. КУШНЕР</i>	92

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИОНОВ ХРОМА В СТОЧНЫХ ВОДАХ ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА	
<i>Е.В. ЛАШКИНА</i>	94
ДРЕВЕСИНА – МАТЕРИАЛ БУДУЩЕГО	
<i>М.С. МИЛЬТО, А.Ю. ИВАНЕНКО</i>	97
ВЫБОР ВОССТАНОВИТЕЛЯ ПРИ СИНТЕЗЕ МАГНИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СОРБЦИИ НЕФТЕПРОДУКТОВ ИЗ ОТХОДОВ ГАЛЬВАНОШЛАМОВ	
<i>Т.М. МОНЯК</i>	98
МЕТОД ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ	
<i>Ю.В. МУРАВЬЁВА</i>	101
ТИТРИМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В РАСТВОРАХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ	
<i>Ю.В. МУРАВЬЁВА, Е.В. ЛАШКИНА</i>	103
КАТАЛИТИЧЕСКОЕ ОКИСЛЕНИЕ КАК МЕТОД ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ ЖЕЛЕЗА	
<i>Д.А. НАГОРНАЯ, О.Н. ГОРЕЛАЯ</i>	105
АНАЛИЗ РИСКОВ ИНФРАСТРУКТУРЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И КАНАЛИЗАЦИИ СЕЛИТЕБНЫХ ТЕРРИТОРИЙ	
<i>А.Б. НЕВЗОРОВА</i>	107
АКТУАЛЬНОСТЬ ИМИТАЦИОННОЙ И ЭЛЕКТРОННОЙ МОДЕЛИ ВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ	
<i>А.Б. НЕВЗОРОВА, А.В. РАДЬКОВА, Е.А. ПЕХОТА</i>	109
ОСОБЕННОСТИ МОНИТОРИНГА СКРЫТЫХ УТЕЧЕК В ВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ	
<i>В.В. НЕВЗОРОВ</i>	113
ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СПОСОБОВ И МЕТОДОВ ОЧИСТКИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ	
<i>Я.Ю. НОВАК</i>	116
ОСОБЕННОСТИ ОБРАБОТКИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД НА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ	
<i>О.К. НОВИКОВА, Д.П. КАРПЕНКО</i>	118
АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ГОМЕЛЬСКОЙ И МИНСКОЙ ОБЛАСТЕЙ	
<i>Г.Л. ОСИПЕНКО</i>	121
УПРАВЛЕНИЕ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ В Н.П. СТАРЫЕ ДЯТЛОВИЧИ	
<i>Э.Ю. ОСМИНКО</i>	123
ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ИЗ ОТХОДОВ СТАНЦИЙ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ	
<i>М.В. ПИЛИПЕНКО</i>	125
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ WIM-ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И КАНАЛИЗАЦИИ	
<i>Н.А. САВКОВ</i>	126
РОЛЬ ФОСФАТОВ В ГИДРОСФЕРЕ	
<i>Л.В. САМУСЕВА, В.Б. КАЙСТРУК, В.Е. СОЛОВЬЁВА, К.В. ПЕРЕЦ</i>	128
ДЕЗАКТИВАЦИЯ СТОЧНОЙ ВОДЫ НА ПРИМЕРЕ ЛЕЧЕБНО- ПРОФИЛАКТИЧЕСКОГО ЦЕНТРА	
<i>Д.Д. СЕВЕРИН</i>	130
МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ ПЕРВОГО ПОДЪЁМА	
<i>А.П. СЕЛЮЖИЦКАЯ</i>	132
ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА И КОЛИЧЕСТВА ГРУНТОВЫХ ВОД НА УРОЖАЙНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ	
<i>А.В. ТУРЦЕВИЧ</i>	134

ВНЕДРЕНИЕ ВМ-ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И КАНАЛИЗАЦИИ	
<i>А.В. УРИЦКАЯ, О.К. НОВИКОВА</i>	137
ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОНТЕЙНЕРОВ ГЕОТУБЕ И ИЛОВЫХ ПЛОЩАДОК ПРИ ОБЕЗВОЖИВАНИИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД	
<i>Т.С. ХОН</i>	140
МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПОЖАРОТУШЕНИЯ	
<i>А.Д. ЧЕРЕДНИЧЕНКО, Н.П. СЕРЕДА</i>	142
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЙ ПОДХОД В ОРГАНИЗАЦИИ ИЗУЧЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ	
<i>Л.В. ЧЕРНЫШЕВА</i>	145
ВЫБОР РЕЖИМА НИЗКОДЕБИТНОЙ ВОДОПОДГОТОВКИ ВЫМОРАЖИВАНИЕМ	
<i>К.Я. ШАБЛОВСКИЙ, И.Е. МОНАРХОВИЧ, Л.В. САМУСЕВА</i>	147
ГРУППОВЫЕ ВОДОЗАБОРЫ ПОДЗЕМНЫХ ВОД	
<i>Е.И. ШАКУРА, Е.Ф. КУДИНА</i>	149
ПРИМЕНЕНИЕ КОАГУЛЯНТОВ ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ ВОДООЧИСТНОЙ СТАНЦИИ г. МИНСКА	
<i>А.Ю. ШУБЕРТ</i>	151

УДК 551.4 (476.13)

ОСОБЕННОСТИ ОСВЕТЛЕНИЯ И ОБЕСЦВЕЧИВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД С НИЗКИМИ ТЕМПЕРАТУРАМИ В ЗИМНЕЕ ВРЕМЯ

В.Н. АНУФРИЕВ¹, Г.А. ВОЛКОВА²

*¹Белорусский национальный технический университет, г. Минск,
vladimir.anufriev@bntu.by*

*²Брестский государственный технический университет,
Республика Беларусь, vvit@bstu.by*

Обеспечение требуемого качества питьевой воды зависит от корректных технологических режимов работы системы водоснабжения в целом и её отдельных сооружений, с учетом состава исходной природной воды в водном объекте. Выбор доз и марок высокоосновных коагулянтов для увеличения эффективности очистки воды при низких температурах является важной задачей.

Цель работы – оценка применения высокоосновных коагулянтов для очистки воды в условиях низких температур.

Согласно [1] расчетные дозы реагентов следует устанавливать на основании данных инженерных изысканий для различных периодов года и корректировать в период наладки и эксплуатации сооружений. При этом следует учитывать допустимые остаточные концентрации реагентов в обработанной воде, предусмотренные [2, 3].

С учётом требований к качеству питьевой воды выполнение норматива по мутности на уровне $1,5 \text{ мг/дм}^3$ не может гарантировать обеспечение норм по остаточному алюминию и бактериальным загрязнениям, эффективность удаления которых зависит от мутности очищенной воды. Значения мутности очищенной воды в резервуарах чистой воды большую часть года изменяются в пределах $0,34\text{--}0,70 \text{ мг/дм}^3$ и не превышают нормативов, при этом концентрация остаточного алюминия не должна превышать $0,5 \text{ мг/дм}^3$.

В таблице 1 приведены показатели мутности и цветности поверхностной воды за 2019 г., с обработкой коагулянтами средней дозой $3,0\text{--}5,5 \text{ мг/дм}^3$ (полиоксихлорид алюминия, гидроксихлорид алюминия марки и др.), воды, осветлённой в горизонтальных отстойниках и фильтрах.

Как видно из таблицы, при низких температурах в зимнее время мутность поверхностной воды не превышает нормативов, но имеет цветность

более 20 градусов. Изменение мутности воды поверхностного источника водоснабжения в холодное время в январе – апреле при исходных показателях с 0,85–1,43 мг/дм³ происходит в сторону снижения в очищенной воде до 0,35–0,55 мг/дм³ (эффект очистки составил 61 %).

Таблица 1 – Показатели мутности (средняя), мг/дм³, и цветности воды (средняя) В градусах

Месяц	Вода		Вода, осветлённая в горизонтальных отстойниках		Очищенная вода (в резервуарах чистой воды)	
	мутность, мг/дм ³	цветность, градус	мутность, мг/дм ³	цветность, градус	мутность, мг/дм ³	цветность, градус
Январь	0,85	25	1,15	13	0,39	11
Февраль	1,00	30	0,74	11	0,39	12
Март	1,19	28	0,76	10	0,37	13
Апрель	1,43	22	1,11	11	0,38	11
Май	2,08	19	1,79	12	0,70	11
Июнь	2,34	19	1,29	10	0,47	9
Июль	2,29	18	1,40	9	0,38	9
Август	4,03	18	2,05	8	0,34	7
Сентябрь	5,20	17	2,39	7	0,36	7
Октябрь	5,80	18	2,51	7	0,52	7
Ноябрь	1,75	17	1,48	9	0,54	9
Декабрь	0,73	16	0,77	14	0,52	10

Цветность воды при низких температурах ухудшает не только вкусовые качества воды, но также ее прозрачность. Цветность поверхностной воды за период январь – апрель достигает максимальных значений 25–29 градусов. В это время происходит снижение показателя цветности в очищенной воде до 10–14 градусов, т. е. эффект очистки составляет 52 %. В целом, эффект снижения цветности ниже, чем по значениям показателя мутности. При низких температурах в зимнее время очистка воды солями алюминия протекает неудовлетворительно: процессы хлопьеобразования и осаждения замедляются, хлопья образуются очень мелкие, осаждаются неравномерно, остаётся большое количество мелких хлопьев, поступающих на фильтр, в очищенной воде появляется остаточный алюминий. Это объясняется изменением вязкости воды, которая при 1 °С в два раза выше в сравнении с температурой 30 °С. Во столько же раз замедляется и скорость осаждения взвешенных в ней частиц [4].

Таким образом, проведен анализ показателей качества поверхностной воды, поступающей на водоподготовку при постоянной и периодической подаче коагулянтов. Периодическая подача коагулянта целесообразна в холодный период года при температуре воды менее 8 °С, когда снижается

мутность воды, но сохраняются более высокие значения показателей цветности, перманганатной окисляемости, количества клеток и биомассы фитопланктона. При дозировании алюминий содержащих коагулянтов необходим контроль показателя «алюминий» в питьевой воде перед подачей в водопроводную сеть. Избыточные дозы коагулянта, подаваемого в обрабатываемую воду, приводят к увеличению этого показателя в питьевой воде при низких температурах. Непрореагировавший коагулянт задерживается в скорых фильтрах, что приводит к их кольматации. При промывке фильтров холодной водой (до 10 °С) коагулянт из пор загрузки удаляется неэффективно.

Список литературы

1 СН 4.01.01–2019. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. – Введ. 2019–19–31. – Минск : Минстройархитектуры, 2020. – 148 с.

2 СанПиН 10–124 РБ 99. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. – Минск : Минздрав, 1999. – 12 с.

3 Показатели безопасности питьевой воды : утв. постановлением Совета Министров Респ. Беларусь от 25 янв. 2021, № 37 // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2021.

4 Драгинский, В.А. Коагуляция в технологии очистки природных и сточных вод / В.А. Драгинский, Л.П. Алексеева, С.В. Гетманцев. – М. : Наука, 2005. – 576 с.

THE SPECIFICS OF CLARIFICATION AND BLEACHING OF SURFACE WATER WITH LOW TEMPERATURES AT THE WINTER PERIOD

V.N. ANOUFRIEV

Belarusian National Technical University, Minsk

H.A. VOLKAVA

Brest State Technical University, Republic of Belarus

УДК 629.39/58

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ г. СОЛИГОРСКА

Е.Д. АНТОНОВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель,

antonovalizaveta1812@gmail.com

Городские сточные воды характеризуются высокими концентрациями взвешенных веществ, органических загрязнений и биогенных элементов. Повышенные концентрации азота и фосфора на выпуске очистных соору-

жений способствуют эвтрофикации природных водных объектов, которая серьезно нарушает экологический баланс. В настоящее время большинство очистных сооружений Республики Беларусь не обеспечивают требуемую степень очистки по биогенным элементам и нуждаются в реконструкции, которая должна проводиться после детального обследования и анализа эффективности работы [1].

Объектом исследования являются очистные сооружения города Солигорска, расположенные в деревне Дубеи (6 км от города). Население города составляет 106850 человек. Проектирование, строительство и реконструкция канализационных очистных сооружений механической и биологической очистки сточных вод осуществлялась в три очереди по мере роста и развития г. Солигорска и Солигорского промрайона.

В 1978 году была запроектирована первая очередь строительства канализационных очистных сооружений полной биологической очистки с доочисткой в аэрируемых биологических прудах производительностью 32100 м³/сут. В 1987 году завершена вторая очередь реконструкции с доведением производительности до 43700 м³/сут, в 1997 году завершена третья очередь реконструкции с доведением производительности до 80177 м³/сут.

Цель работы – оценка эффективности работы очистных сооружений г. Солигорска с учетом фактического качественного и количественного состава поступающих сточных вод.

Очистные сооружения г. Солигорска – это сложный комплекс инженерных сооружений и коммуникаций, предназначенных для механической и биологической очистки сточных вод.

Качественный состав сточных вод, поступающих на очистные сооружения и на выпуске, принятый по данным аккредитованной производственной лаборатории КУП «Солигорскводоканал» за 2021 год, приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Качественный состав сточных вод города Солигорска

Показатель	Концентрация загрязняющих веществ в составе сточных вод, мг/дм ³		
	поступающих на очистку	на выпуске очистных сооружений	допустимая
Аммонийный ион	51,50	18	8,50
Фосфор общий	7,38	4	1,70
ХПК	688	80	59,50
БПК ₅	348	19	12,75
Взвешенные вещества	225	25	17
Азот общий	66,4	20	17

На основании обследования комплекса очистных сооружений установлено, что в настоящее время механическая очистка осуществляется:

- в первой решетке третьей очереди строительства;
- двух тангенциальных песколовках диаметром 24 м третьей очереди строительства;

- четырех первичных радиальных отстойниках (два – третьей очереди строительства, два – второй очереди строительства).

Биологическая очистка осуществляется:

- в пяти секциях двухкоридорного аэротенка второй очереди;
- четырех вторичных радиальных отстойниках диаметром 24 м.

Допустимые концентрации определены в соответствии с рекомендациями.

Таким образом, на основании обследования и оценки эффективности работы очистных сооружений г. Солигорска установлено:

1) строительные конструкции сооружений механической очистки частично разрушены и требуют восстановления.

2) фактические концентрации на выпуске из очистных сооружений превышают допустимые по всем показателям, очистные сооружения не обеспечивают требуемую степень очистки.

Выходом из сложившейся ситуации является ретехнологизация сооружений очистки сточных вод, которая предполагает комплексное изменение технологических решений с учетом сохранения основных сооружений и оборудования для повышения качества очистки, включающее:

- поэтапную реконструкцию сооружений биологической очистки с интенсификацией процессов удаления биогенных элементов [1, 2];

- рассмотрение вопросов восстановления строительных конструкций сооружений;

- замену устаревшего технологического оборудования на новое;

- модернизацию сооружений по обезвоживанию осадка.

Список литературы

1 **Новикова, О.К.** Системы канализации малых населенных пунктов: текущая ситуация и проблемные аспекты / О.К. Новикова, А.Б. Невзорова // Труды БГТУ. Сер. Химические технологии, биотехнология, геоэкология. – 2020. – № 2 (235). – С. 183–188.

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

EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF THE OPERATION OF THE PURIFICATION FACILITIES IN THE CITY OF SOLIGORSK

E.D. ANTONOVA

Belarusian State University of Transport, Gomel

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ г. БОБРУЙСКА

О.К. НОВИКОВА, Е.С. БАЕВА

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

Сточные воды образуются в результате хозяйственно-бытовой деятельности человека, в технологических процессах производств, при таянии снега, льда и выпадения дождевых осадков. С течением времени меняется качественный и количественный состав сточных вод, поступающих на очистные сооружения, поэтому требуется модернизация сооружений с внедрением прогрессивных методов очистки сточных вод.

Целью работы является анализ и оценка эффективности работы очистных сооружений города Бобруйска.

Основная задача оценки эффективности работы очистных сооружений состоит в определении качества очистки сточных вод, в соответствии с проектными или нормативными показателями. Показатели работы очистных сооружений определяются на основании анализа представленных (среднесуточных) проб сточных вод. Отбор проб производится в соответствии с «Методикой технологического контроля работы очистных сооружений городской канализации». График отбора проб должен быть согласован с органами государственного санитарного надзора. Пробы рекомендуется отбирать автоматическими пробоотборниками.

Очистные сооружения, находящиеся в восточной части города Бобруйска на левом берегу реки Березины на расстоянии 300 м от реки, эксплуатируются с 1969 года. Проектная мощность очистных сооружений составляет 220 тыс. м³/сут.

Очистные сооружения в настоящий момент работают по двум технологическим линиям: на 1–2-ю очередь поступают поверхностные сточные воды, а на 3–4-ю очередь – хозяйственно-бытовые и производственные сточные воды.

Очистные сооружения 1–2-й очереди включают три решетки с механическими граблями, три горизонтальные песколовки, четыре радиальных первичных отстойника диаметром 40 м, три секции четырехкоридорного аэротенка, два вторичных отстойника диаметром 40 м.

В состав очистных сооружений 3–4-й очереди входят ступенчатая решетка тонкой очистки Steep Screen Master с прозорами 6 мм, три песколовки с круговым движением воды, четыре первичные радиальные отстойники диамет-

ром 40 м, три секции четырехкоридорных аэротенка-смесителя; два вторичных отстойника диаметром 40 м.

Качественная характеристика сточных вод, поступающих на очистные сооружения и отводимых на выпуске, приведена в таблице 1. Наблюдаются превышения допустимых концентраций по азоту общему и азоту аммонийному.

Таблица 1 – Качественная характеристика сточных вод, поступающих на очистные сооружения

Определяемые компоненты	Концентрация загрязняющих веществ в составе сточных вод, поступающих на очистные сооружения		Концентрации на выпуске очистных сооружений	Допустимая концентрация
	1–2-я очередь	3–4-я очередь		
Взвешенные вещества, мг/дм ³	20,7	282,6	5,8	17
Азот аммонийный, мг/дм ³	0,9	41,52	21,41	8,5
Азот общий, мг/дм ³	3,10	71,01	26,33	17
Фосфор общий, мг/дм ³	0,15	5,02	1,32	1,7
ХПК, мгО ₂ /дм ³	53,9	857,4	48,3	59,5
БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	10,3	418,1	7,7	12,75

Таким образом, для улучшения эффективности работы на очистных сооружениях города Бобруйска с целью обеспечения допустимых концентраций на выпуске в водный объект необходимо предусмотреть мероприятия по реконструкции аэротенков-смесителей с выделением анаэробной, аэробной и аноксидной зон. За счет этого стабилизируется концентрация азота на выпуске очистных сооружений.

Список литературы

1 Правила технической эксплуатации систем питьевого водоснабжения и канализации населенных пунктов : утв. постановлением Совета Министров Респ. Беларусь, 4 сент. 2019 г. № 594. – Минск : Минстройархитектуры, 2019. – 33 с.

2 СН 4.01.02–2019. Канализация. Наружные сети и сооружения. – Введ. 2020–07–09. – Минск : Минстройархитектуры, 2020. – 68 с.

EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF THE TREATMENT FACILITIES IN BOBRUISK

O.K. NOVIKOVA, K.S. BAYEVA

Belarusian State University of Transport, Gomel

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ВОДООТВЕДЕНИЯ СТОЧНЫХ ВОД КАФЕ

Г.Н. БЕЛОУСОВА, Е.С. ВАЗЮРА

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

Очистка сточных вод на предприятиях общественного питания существенно отличается от очистки бытовых и производственных стоков. Кафе, рестораны, столовые – все эти объекты относятся к предприятиям общественного питания. Как и на любом производственном объекте, на территории подобных организаций должна быть установлена система очистки сточных вод. И как на прочих производственных объектах, очистка стоков предприятий общепита имеет ряд особенностей. Поэтому при выборе очистной установки, руководителю кафе или ресторана необходимо учесть специфику своего производства, чтобы не нарушать санитарно-эпидемиологические нормы очистки сточных вод. Связано это, в первую очередь, со спецификой местных отходов. Для них недостаточно простого сброса в канализационную сеть или локальное очистное сооружение.

Цель работы – исследование процесса очистки сточных вод от загрязнений объекта общественного питания исходя из характеристики сточных вод и нормативных показателей.

Пищевые производства всегда и систематически используют всевозможные мойки и посудомоечные машины, поэтому существует вполне реальная угроза превысить допустимый уровень жиров вперемишку с химикатами и моющими средствами. Со временем это приводит к закупорке патрубков и выходу из строя трубопровода и локальных очистных сооружений.

Другие распространенные загрязнители пищевой промышленности – крахмал, мезга, грязь, песок. Для них также используются специальные отстойники, предотвращающие засорение канализационной сети и загрязнение окружающей среды. Уровень концентрации загрязнителей измеряется в мг/л, мг/м³ или мг/дм³ и строго регламентирован государственными стандартами и санитарно-гигиеническими нормами. Концентрации загрязняющих веществ в сточных водах приведены в таблице 1.

Очистные системы, которые используются в заведениях общественного питания, также используются на мясоперерабатывающих комбинатах, предприятиях по производству полуфабрикатов, в хлебопекарнях, кондитерских, на молочных заводах и других предприятиях пищевой промышленности.

Чаще всего предприятия общественного питания оснащены внутренней производственной канализацией. При ее проектировании закладываются за-

творы, фильтры, системы доочистки и полноценные очистные сооружения для отработки сточных вод.

Таблица 1 – Состав некоторых пищевых производств [2]

Отрасль пищевого производства	Показатель				
	Взвешенные вещества, мг/дм ³	pH	XПК, мг/дм ³	БПК, мг/дм ³	Содержание жира, мг/дм ³
Пивоваренная	500–600	7,0–7,5	1200–1500	800–1000	–
Хлебопекарная	100–150	6,0–8,0	550–680	400–450	–
Мясоперерабатывающая	1500–2000	6,5–8,5	1600–2000	800–1500	200
Молокоперерабатывающая	300–600	6,0–8,0	1500–3000	1200–1400	100
Кондитерский цех	1380	7,0–7,5	2500–3000	2000–2500	110
Флодоовощная	160–2180	6,0–7,5	190–2010	150–1610	–
Рыбоперерабатывающая	1300–1350	7,0–8,0	1080–2009	590–1300	300
ПДК	3000	6,5–8,5	500	300	50

Основной элемент такой системы – жируловитель. В нем отделяются и задерживаются жиры и масла растительного или животного происхождения, после чего поднимаются на поверхность специального резервуара за счет разницы удельного веса.

При небольшой концентрации жиров достаточно механического отстаивания в отстойнике. В процессе отделяется 40–60 % загрязнителей, в зависимости от длительности отстаивания. Компактные отстойники могут монтироваться прямо на предприятии, в производственных помещениях, а более габаритные – под землей, неподалеку от объекта. Для удобства отстойники в помещениях комплектуются переливной трубой или лотком и скребками для механической очистки емкости.

На крупных предприятиях используется оборудование, работающее по принципу всасывания ила. Отходы сохраняются в резервуарах, после чего вывозятся на утилизацию специальными компаниями.

Если концентрация жиров слишком высокая, используются комплексные локальные очистные сооружения. Они очищают сточные воды до уровня, допустимого для сброса в городской коллектор. В такие системы входят дополнительные фильтры, флотаторы, электрофлотокоагуляторы. Для более качественной физико-химической очистки используются различные специальные реагенты. Схема такого сооружения разрабатывается индивидуально под конкретный проект, с учетом необходимых объемов, параметров канализационной сети и производительности.

Список литературы

- 1 ТКП 45-3.02-36–2006. Здания и помещения объектов общественного питания. Правила проектирования. – Введ. 2007–01–05. – Минск : М-во архитектуры и строительства Респ. Беларусь, 2006. – 56 с.
- 2 **Лоренц, В.И.** Очистка сточных вод предприятий пищевой промышленности / В.И. Лоренц. – Киев : Будивельник, 1972. – 250 с.
- 3 **Магарил, Е.Р.** Основы рационального природопользования [Электронный ресурс] : учеб. пособие для вузов / Е. Р. Магарил, В. Н. Локкет. – М. : КДУ, 2008. – 460 с.
- 4 **Алферова, А.А.** Замкнутые системы водного хозяйства промышленных предприятий, комплексов и районов / А.А. Алферова. – М. : Стройиздат, 1987. – 352 с.
- 5 **Алексеев, Л.С.** Контроль качества воды / Л.С. Алексеев. – М. : ИНФРА-М, 2004. – 159 с.

WASTEWATER TREATMENT OF A PUBLIC FACILITY RESIDENTIAL AREA SUPPLY

G.N. BELOUSOVA, E.S. VAZIURA

Belarusian State University of Transport, Gomel

УДК 628.54

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОБЪЕКТА СОЦИАЛЬНО-БЫТОВОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ (ПРАЧЕЧНОЙ) ЖИЛОГО КОМПЛЕКСА

Г.Н. БЕЛОУСОВА, М.В. ТУЧА

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель,
galina1belousova@gmail.com*

Проектирование жилого комплекса предусматривает наличие объектов инфраструктуры, обеспечивающих комфортные условия для жильцов. К таким объектам относится прачечная для бытового обслуживания жильцов и других объектов социально-бытовой инфраструктуры [1].

Водоснабжение прачечной осуществляется от городского водопровода. Прачечные оборудуют отдельными системами хозяйственно-питьевого и производственного водопроводов. При этом вода, подаваемая для технологических и хозяйственно-питьевых нужд, должна соответствовать требованиям, предъявляемым к питьевой воде. Чтобы процесс стирки белья был эффективным, необходимо применять воду с жесткостью не более 1,8 мг-экв/л, что меньше, чем норматив общей жесткости в питьевой воде – 7,0 мг-экв/л.

Карбонатная (временная) жесткость обуславливается содержанием в ней гидрокарбонатов кальция и магния. Вследствие повышенных значений временной жесткости при нагреве воды для стирки появляются неорганические

отложения – инкрустации. Основные их признаки: повышенная зольность ткани и коммуникаций, налет на рабочих элементах стиральной аппаратуры, механические разрывы волокон, выход из строя ТЭНов, гладильных устройств (войлоков катков).

Некарбонатная (постоянная) жесткость зависит от содержания кальциевых и магниевых солей серной, соляной и азотной кислот. При нагревании воды они не образуются твердых отложений, однако взаимодействуют с моющими средствами.

Во время взаимодействия мыльно-щелочных средств для стирки с ионами магния и кальция получаются мыльные соли, не способные растворяться в воде. В результате снижается действие стирального порошка или мыла, повышается потребность в них для получения нормального результата.

При использовании ионообменных фильтров ионитовая загрузка поглощает из воды ионы загрязнений, заменяя их на эквивалентное количество собственных ионов. Этот способ обеспечивает глубокое умягчение воды при концентрации взвешенных веществ до $8,0 \text{ мг/дм}^3$, в умягчаемой воде их содержание $1,5 \text{ мг/дм}^3$.

Так как требуемая жесткость более $0,1 \text{ г-экв/м}^3$, применяется одноступенчатая схема натрий-катионирования, в качестве загрузки используется катионит Purolite C100 Na.

После расчета площади катионитовых фильтров и высоты загрузки к установке принимается один рабочий и один резервный фильтры марки Aquafilter AF-45-V-760 диаметром 1800 мм [1].

В ходе работы прачечной образуются хозяйственно-бытовые и производственные сточные воды. Состав хозяйственно-бытовых стоков, образующихся в результате функционирования санитарно-технического узла для работников, позволяет их отведение в городскую сеть канализации без дополнительной очистки. В производственную отводятся сточные воды, образовавшиеся в результате функционирования стирально-сушильных машин, технических моек и уборки стирально-сушильных отделений. В стирально-сушильных отделениях предусмотрена установка сливных трапов AlcaPlast APV31 с боковым подключением к стояку диаметром 50 мм. Трапы предназначены для канализации на уровне пола – отведения воды после уборки помещений и случайных проливов из стирально-сушильного оборудования.

Анализ сточных вод предприятий бытового обслуживания населения позволяет сделать следующие выводы о составе стоков прачечной. В качестве основы моющих, стабилизирующих и пенообразующих препаратов широко используются синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ) двух видов: анионогенные, которые представляют собой соли сернокислых эфиров и сульфокислот, и неионогенные, не диссоциирующие на ионы в водных растворах. СПАВ оказывают негативное воздействие на жизнедеятельность живых организмов и на неорганическую среду – повы-

шаются коррозии металлов, ускоряются процессы старения железобетонных конструкций. При взаимодействии с другими загрязнениями СПАВ способствуют эмульгированию и стабилизации жидких и твердых дисперсных видов загрязнений.

Экспериментальные данные концентрации загрязняющих веществ в сточной воде, полученные из химической лаборатории, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Эффекты очистки сточных вод по приведенным веществам

Показатель	Концентрация загрязняющих веществ, мг/дм ³		Необходимый эффект очистки, %
	в поступающей на ЛОС сточной воде	ПДК при сбросе в городскую канализацию	
СПАВ анионогенные	43,17	10,0	82,27
СПАВ неионогенные	13,22		
Взвешенные вещества	380,20	150,0	60,55
ХПК5	472,5	250,0	47,09
БПК5	355,0	100,0	71,83
Фосфаты	8,67	10,0	–
Сульфаты	79,67	150,0	–
Хлориды	89,90	100,0	–
pH	8,5	6,5– 9,0	–

Наиболее характерным загрязнением сточных вод прачечной являются ПАВ, которые широко применяются в качестве моющих средств. Очистка от них может производиться при помощи деструктивных и регенеративных методов. Деструктивная очистка проводится окислительными методами: озонированием, хлорированием, электроокислением, фотолизом, биохимическим методом. Регенеративная очистка от ПАВ чаще всего проводится сорбцией, также применяются ионнообменный и мембранный методы, обратный осмос и электродиализ.

Зачастую концентрации этих загрязнений превышают установленные нормативы допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод в городские канализационные сети, возникает необходимость в локальных очистных сооружениях. Рассмотрены две схемы очистных сооружений.

По первой схеме предусматривается обработка сточных вод во флотационной установке с применением коагуляции. Сущность флотационной очистки состоит в том, что сточные воды искусственно насыщаются воздухом, на поверхности пузырьков которого адсорбируются частицы загрязнений и всплывают вместе с ними на поверхность воды, откуда удаляются. Этот метод эффективен для удаления веществ, плотность которых меньше плотности сточной жидкости или близка к ней, к таким веществами в частности отно-

ются СПАВ. Коагулянты ослабляют гидрофильные особенности поверхности взвешенных частиц, что обеспечивает эффективное прилипание взвешенных частиц к воздушным пузырькам и облегчает их удаление из воды в процессе флотации. При использовании реагентов сорбция происходит также на продуктах коагуляции, попутно происходит обесцвечивание воды – удаляются взвешенные и коллоидные примеси. Загрязнения, всплывающие на поверхность в виде пены, подвергаются отдельной обработке.

Вторая схема предполагает электрокоагуляцию сточных вод: под действием электрического тока в воду с электродов (анодов) переходит нерастворимый гидроксид железа. Сточная вода, протекая между электродами, взаимодействует с гидроксидом железа, в результате чего происходит укрупнение дисперсных частиц. Далее вода направляется в отстойник, где хлопья коагулянта с адсорбированными загрязнениями выпадают в осадок.

Метод электрокоагуляции обладает высокой эффективностью, но имеет следующие недостатки: высокую энергоемкость, а следовательно, и эксплуатационные затраты на электроэнергию; пассивацию электродов – переход поверхности металла электродов в неактивное состояние из-за образования поверхностного слоя соединений, содержащихся в сточных водах; необходимость регулярной замены рабочих элементов – значительный расход металлических электродов.

Следовательно, первая схема очистки принята в прачечной, как более выгодная. Проверим правильность подбора сооружений по эффекту очистки от каждого загрязняющего вещества, сравнивая со значениями ПДК на выпуске. Концентрация загрязнений после очистки составила $C_x = 38,02$ мг/дм³.

В результате использования выбранной технологической схемы очистки концентрация загрязняющих веществ снизится до нормативных требований. В прачечной предусматривается установка локальных очистных сооружений (ЛОС) для очистки производственных сточных вод с дальнейшим отведением их в городскую сеть канализации города.

По расчету приняты следующие локальные очистные сооружения: усреднитель-смеситель барботажного типа, так как содержание взвешенных веществ в сточной воде не превышает 500 мг/дм³; многокамерная флотационная установка; для обработки осадков сточных вод применение методом статического и динамического сгущения или обезвоживания, принята к установке одна рабочая и одна резервная центрифуги марки ОТР-10. Выделившаяся в процессе центрифугирования вода отводится в городскую канализационную сеть. Для хранения осадка предусматривается емкость размерами 2,0×2,0×1,0 м. Предусмотрены меры по утилизации и депонированию выделяющегося осадка.

Список литературы

1 Невзорова, А.Б. Инженерное оборудование жилых зданий : учеб. пособие / А.Б. Невзорова, Г.Н. Белоусова. – Гомель : БелГУТ, 2019. – 219 с.

2 ТКП 45-3.02-102-2008. Предприятия бытового обслуживания. Правила проектирования. – Введ. 2008–09–08. – Минск : М-во архитектуры и строительства Респ. Беларусь, 2008. – 41 с.

3 Унитарное предприятие Промышленный стиль [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://promstil.by/>. – Дата доступа : 28.03.2019.

4 Водоподготовительное оборудование Сарэнергомаш [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.water.sarzem.ru/>. – Дата доступа : 30.03.2019.

5 ТКП 17.06-08.2012. Охрана окружающей среды и природопользование. Порядок установления нормативов допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод. – Введ. 2012–09–18. – Минск : Минстройархитектуры, 2012. – 69 с.

ENVIRONMENTAL SAFETY URBAN ENVIRONMENT WHEN LAYING PIPELINES

G.N. BELOUSOVA, L.V. ZHELEZNYAKOV, YU.V. ZHUKOV
Belarusian State University of Transport, Gomel

УДК 621.644:504

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ ПРИ ПРОКЛАДКЕ ТРУБОПРОВОДОВ

Г.Н. БЕЛОУСОВА, Л.В. ЖЕЛЕЗНЯКОВ, Ю.В. ЖУКОВ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель,
qalina1belousova@gmail.com

Водопроводная сеть является одним из основных элементов системы водоснабжения, она должна обладать достаточной степенью надежности и способствовать обеспечению бесперебойного снабжения водой потребителей. Наиболее важной проблемой инженерных сетей является их износ, что ведет за собой возникновение аварийных ситуаций и, соответственно, аварийно-восстановительных ремонтов [1]. Аварии на сетях водоснабжения приводят к систематическим сбоям в экономической и социальной сфере. В связи с этим, проблема износа имеет комплексный характер и связана с поиском наиболее эффективных методов по повышению надежности и безопасности эксплуатации сетей, а также с принятием действенных мер по снижению их аварийности.

Целью работы является анализ существующих методов прокладки трубопроводов, их технико-экономическое обоснование и разработка направлений по повышению их уровня. В данной работе рассматриваются источники негативного влияния на окружающую среду городских территорий работ, возникающих при обслуживании сетей водоснабжения, а также мерах, предпринимаемых по их снижению.

Основными факторами воздействия на окружающую среду при возникновении аварий и проведении аварийно-восстановительных работ на линиях водопровода являются:

- уничтожение зелёных насаждений, нарушение целостности поверхности покрытия, грунта на участке работ в результате смыва водой из аварийного участка и проведения земляных работ;
- выхлопные газы, шум и утечки ГСМ при работе машин и механизмов;
- дополнительный расход воды на утечки из сети, которые могут составлять до 25 % и более от общего расхода в зависимости от состояния и возраста сетей;
- расход электроэнергии для водоподготовки и водоочистки на очистных сооружениях, электроэнергии на работу насосов на насосных станциях при возникновении аварии;
- дополнительные выбросы продуктов горения топлива на ТЭЦ и нагрузка на источники питьевой воды;
- выбросы от автотранспорта при проведении аварийно-восстановительных работ на проезжей части дорог в результате создания пробок.

Аварийно-восстановительные работы при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера на водопроводных сетях – это первостепенная деятельность по всестороннему обеспечению промышленных объектов и населения чистой питьевой водой, создание условий минимально необходимых для сохранения жизни и здоровья людей, поддержания их работоспособности [2].

К увеличению количества и времени на проведение аварийно-восстановительных работ влияет не только износ сетей, но и качество труб и арматуры, используемых при строительстве и ремонте. Значительную роль играет организация работ городского коммунального хозяйства в целом, архитектура городов.

На срок ликвидации аварий так же влияют следующие факторы: стесненность, глубина колодца, глубина нахождения водовода, рельеф местности, неблагоприятные погодные условия, высота снежного покрова, наличие вблизи инженерных коммуникаций, проезжая часть, грунтовые воды [3].

На увеличение времени на проведение аварийно-восстановительных работ влияет недостаточная численность эксплуатационного и дежурного персонала, а также их недостаточная квалификация. Данная проблема влечет за собой существенное снижение качества планово-предупредительных и капитальных ремонтов и, как следствие, влияет на увеличение количества аварий и времени на их ликвидацию.

На основании вышеизложенного, для снижения аварий на сетях водоснабжения необходимо:

- внедрять инновационные материалы и технологии;
- проводить реконструкцию сетей;

- произвести общий проект систем водоснабжения с изменением зонирования с целью уменьшения давления в сети;
- вносить дополнительные поправки в проектировании с учетом сезонных подвижек грунта;
- производить четкое планирование с целью снижения часов эксплуатации техники;
- для сокращения времени обнаружения мест и определения масштаба утечек необходимо внедрение более эффективных приборов различных типов.

Система водоснабжения Гомеля включает в себя 108 артезианских скважин, 7 водозаборов со станциями обезжелезивания, 64 повысительные насосные станции и 1109 километров водопроводных сетей. Качество воды постоянно контролируется ведомственной аттестованной лабораторией и лабораторией Гомельского городского центра гигиены и эпидемиологии на всех стадиях водоподготовки [4]. Общая протяжённость канализационных сетей составляет 690 километров.

Системы водоснабжения и водоотведения города находятся в состоянии непрерывных изменений. Появляются новые объекты, жилые районы застройки, требующие настройки, доводки для последующей стабильной работы. В то же время сооружения, оборудование, сети со значительным сроком службы также требуют к себе внимания: что-то можно отремонтировать, что-то необходимо заменить. В среднем износ по сетям водоснабжения составляет 35,9 %, по сетям водоотведения – 56,2 %. Одним из направлений деятельности предприятия является обновление основных фондов. Ежегодно производится замена сетей водоснабжения и водоотведения в объёмах от 1,5 до 7 километров, в зависимости от финансового положения на предприятии КПУП «Гомельводоканал».

Нами были проанализированы причины аварий на сетях водоснабжения, данные получены на основе открытых источников информации водоканала. Основные причины аварий на сетях водоснабжения: 7 % старение и коррозия; 14 % внешнее воздействие; 43 % брак при изготовлении труб; 36 % брак при монтаже трубопроводов.

Основная идея работы заключается в использовании матричного анализа и математического моделирования при оптимизации экозащитной технологии сооружения трубопроводов, обеспечении наилучших экологотехнических показателей (параметров) новой техники и оборудования на стадии проектирования. Цель работы – создание экологически безопасной технологии комплексно-механизированной, поточной прокладки инженерных сетей из отдельных труб, автоматизированного оперативного управления строительством с экологическим оптимумом.

Практическое значение работы заключается в следующем: разработана и внедрена в проектную практику методика математического моделирования экологически безопасной технологии прокладки трубопроводов из различ-

ных труб, оперативного управления строительством; создана надежная экозащитная техника и оборудование прокладки инженерных сетей в строительстве, определены их эколого-технические показатели; разработана серия практических рекомендаций для применения новой технологии и техники:

- при строительстве оросительных систем, сельских водопроводов и городских коммуникаций;
- реконструкции сетей коммунального хозяйства;
- внедрении автоматизированного оперативного управления строительством водопроводов.

На сегодняшний день многие трубопроводы физически устарели. В отличие от прошлых лет, когда все (или подавляющее большинство) обнаруженные дефекты удалялись из трубопровода путём вырезки, что в общем случае приводило к повышенным расходам, в настоящее время такая практика ремонта трубопровода неприемлема. Это обусловлено как тем, что в результате внутритрубной диагностики число выявляемых дефектов неизмеримо выросло, так и тем, что невыявленные дефекты представляют реальную угрозу для трубопровода и их ремонт или удаление необязательны.

Для определения очередности ремонта дефектных участков воспользуемся методом графов, который позволяет рассмотреть все возможные варианты при выборе ремонтных участков [5].

Для решения этой проблемы разработана математическая модель, позволяющая в автоматизированном режиме создавать матрицу возможных вариантов на основе двоичных кодов.

Результатом компьютерной обработки данных по дефектным участкам с помощью программных преобразований на основе предложенной математической модели является вектор очередности ремонта указанных участков трубопровода с учётом стоимости их ремонта.

Прокладка инженерных сетей из отдельных труб, их экологическая и техническая безопасность позволяют еще на стадии проектирования оптимизировать параметры машин и оборудования, реализовать на практике систему автоматизированного оперативного управления строительством при ограниченных материальных и трудовых ресурсах.

Эколого-экономическое обоснование проведенных эмпирических исследований определило перечень сравнительных показателей новой и традиционной технологий прокладки трубопроводов, условия перспективных работ на будущее.

Список литературы

- 1 **Лопатина, А.А.** Анализ технологий укладки труб / А.А. Лопатина, С.А. Сазонова // Вестник ПНИПУ : Строительство и архитектура [Электронный ресурс]. – 2016. – № 1. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/analiztehnologiy-ukladki-trub>. – Дата доступа : 20.09.2021.

2 Современные экологичные технологии в водоснабжении и водоотведении. – Режим доступа : <https://nsportal.ru/ap/library/nauchno-tehnicheskoe-tvorchestvo/2017/03/20/sovremennye-ekologichnye-tehnologii-v>. – Дата доступа : 20.09.2021.

3 **Невзорова, А.Б.** Водоснабжение и водоотведение селитебных территорий / А.Б. Невзорова, О.К. Новикова, Г.Н. Белоусова. – Гомель : БелГУТ, 2015. – 263 с.

4 **Щедов, А.Г.** Особенности сетей водоснабжения в городе Гомеле. – Режим доступа : <http://gomel.gov.by/ru/news/bez-truda-ne-budet-chistoyu-voda/>. – Дата доступа : 20.09.2021.

5 **Ишмеев, М.Р.** Использование графов при определении очередности ремонта дефектных участков трубопроводов / М.Р. Ишмеев // Вестник ОГУ [Электронный ресурс]. – 2006. – № 13 (63). – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-grafov>. – Дата доступа : 20.09.2021.

ENVIRONMENTAL SAFETY URBAN ENVIRONMENT WHEN LAYING PIPELINES

G.N. BELOUSOVA, L.V. ZHELEZNYAKOV, YU.V. ZHUKOV
Belarusian State University of Transport, Gomel

УДК 628.3

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОБЪЕКТА СОЦИАЛЬНО-БЫТОВОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ АВТОМОБИЛЬНОЙ МОЙКИ

Г.Н. БЕЛОУСОВА, Н.И. ДАНИЛОВ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель,
nikita72danilov@gmail.com

С масштабами урбанизации в настоящее время объекты городского хозяйства оказывают большое влияние на экологическое состояние города. Значительный вклад в загрязнение вносит автомобильный транспорт. В связи с ежегодным увеличением городского автопарка появляется большое количество предприятий по обслуживанию автомобилей, которые оказывают негативное воздействие на компоненты городской среды. Одним из источников загрязнения окружающей среды являются автомойки [1].

В результате деятельности автотранспортных предприятий образуется большое количество сточных вод от мойки автомобилей. Отработанная вода содержит взвешенные вещества, ПАВ и нефтепродукты в количествах, превышающих допустимые для слива в канализацию. В настоящее время государством предъявляются жесткие требования к воде, поступающей в городскую систему канализации. Поэтому на автотранспортные предприятия, имеющие автомойки, рассматривают необходимость установить локальные очистные сооружения [2], позволяющие довести отработанную воду до требуе-

мых нормативов. Подбор очистного оборудования проводится с целью соблюдения водного законодательства Республики Беларусь, а также экономии водного ресурса путем использования оборотной системы водоснабжения.

Расчет потребления воды автотранспортным предприятием проводится исходя из количества автомобилей, обслуживаемых автомойкой, а также действующих норм водопотребления [3]. Если объем фактического количества сточных вод, образующихся в результате мойки автотранспорта, превышает допустимый объем сброса, то необходимо использовать систему оборотного водоснабжения.

Цель работы – подбор установки оборотного водоснабжения и очистки сточных вод в зависимости от количества моющих постов и числа обслуживаемых автомобилей.

Необходимая степень очистки сточной воды для повторного использования в процессе мойки автотранспорта имеет нормативные показатели:

- взвешенные вещества (не более 40 мг/л);
- нефтепродукты (не более 15 мг/л);
- вода не должна иметь на поверхности пленку нефтепродуктов и масел;
- вода не должна оставлять солевых пятен на поверхности автомобиля после обдува вентилятором с целью сушки корпуса;
- вода не должна содержать абразивных веществ, вызывающих повреждение лакокрасочного покрытия автомобиля и стекол.

Нормативные требования к качеству воды, используемой для мытья легковых автомобилей по «Укрупненным нормам водопотребления и водоотведения для различных отраслей промышленности», представлены в таблице 1.

Очистка отработанной воды может производиться с помощью механических, химических или физико-химических методов. К ним относятся флотация, реагентная обработка, сорбционные и фильтрационные методы.

Станция очистки сточных вод состоит из следующих частей [5]: реактор с плавающим фильтрующим слоем, регенерационное оборудование, емкость для удаления шлама, емкость чистой воды, сорбционный фильтр, химическое хозяйство, насосы, вентили и автоматическая система управления в шкафу распределителя.

Для очистки воды, загрязненной нефтепродуктами и моющими средствами, возможно несколько комбинаций химических реагентов.

На практике используются следующие варианты:

- $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{NaOH}$ + флокулянт;
- $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{NaOH}$ + флокулянт;
- $\text{AlCl}_3 + \text{NaOH}$ + флокулянт;
- полиоксихлорид алюминия + NaOH + флокулянт.

Таблица 1 – Нормативные требования к качеству воды, используемой для мойки автотранспорта [4]

Показатель	Значение
Температура, °С	Не нормируется
Взвешенные вещества, мг/л	40
Эфирорастворимые, мг/л	15
Запах, балл	До 3
рН	7,2–8,5
Жесткость карбонатная, мг-экв/л	–
Щелочность общая, мг-экв/л	До 10
Сухой остаток, мг/л	До 2000
СГ, мг/л	До 350
SO ₄ ²⁻ , мг/л	До 500
Fe _{общ.} , мг/л	До 4
Окисляемость перманганатная, мг О/л	До 15
БПК _{полн} , мг О ₂ /л	До 20

Рабочим элементом станций является реактор с плавающим фильтрующим слоем. В реакторе осуществляется сепарация суспензии и ее последующая фильтрация фильтрующим слоем. Подготовленная вода поступает вместе с примесью коагулянтов в коагуляционное пространство реактора, в котором большие частицы суспензии оседают в пространстве шлама и легкие частицы улавливаются на фильтрующем слое. При прохождении воды, выпускаемой из системы в станциях через сорбционный фильтр, понижается остаточная концентрация загрязняющих веществ.

Первичный шлам из отстойника и вторичный шлам в форме флотопены надо ликвидировать в соответствии с общедействующими правилами (свалка, сжигание и т. п.). Частота удаления зависит от интенсивности загрязнения воды, срока эксплуатации и количества примененных химических реактивов.

Качество очистки сточных вод на выпуске [5]:

- а) по нефтепродуктам:
 - не более 1 мг/л (очищенная вода поступает на мойку);
 - не более 0,2 мг/л (очищенная вода проходит дополнительную очистку в сорбционном фильтре и поступает в канализацию);
- б) по взвешенным веществам:
 - не более 15–25 мг/л (очищенная вода поступает на мойку);
 - не более 10–15 мг/л (очищенная вода проходит дополнительную очистку в сорбционном фильтре и поступает в канализацию);
- в) по рН – 6–9;
- г) по ХПК:

- не более 300 мг/л (очищенная вода поступает на мойку);
- не более 200 мг/л (очищенная вода проходит дополнительную очистку в сорбционном фильтре и поступает в канализацию);
- д) $P_{\text{общ}}$ – не более 1 мг/л.

Таким образом, благодаря локальным очистным сооружениям, отработанная вода после прохождения очистки полностью соответствует требованиям, предъявляемым для мойки автотранспортных средств. Основным преимуществом данной установки является простота использования и обслуживания.

Список литературы

1 Станции технического обслуживания транспортных средств. Строительные нормы проектирования. – Введ. 2012–01–01. – Минск : Минстройархитектуры, 2019. – 24 с.

2 **Ташлыкова, А. Н.** Локальные очистные сооружения для автомоек / А. Н. Ташлыкова, Н. В. Бузырева, М. В. Васина // Молодой ученый. – 2017. – № 45 (179). – С. 91–93.

3 О нормах водопотребления : решение Гомельского областного исполнительного комитета от 2 июля 2020 г. № 550 // ЭТАЛОН. Законодательство Респ. Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь, 2020.

4 Укрупненные нормы водопотребления и водоотведения для различных отраслей промышленности : утв. Советом экономической взаимопомощи, ВНИИ ВОД-ГЕО Госстроя СССР. – М : Стройиздат, 1978. – 590 с.

5 Фортэкс – водные технологии [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.fortex.by>. – Дата доступа : 09.03.2022.

WASTEWATER TREATMENT OF THE SOCIAL AND COMMERCIAL INFRASTRUCTURE FACILITY OF THE CAR WASH

G.N. BELOUSOVA, N.I. DANILOV

Belarusian State University of Transport, Gomel

УДК 628.14

ВОДОСНАБЖЕНИЕ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ С ВСТРОЕННОЙ ИНФРАСТРУКТУРОЙ

Е.С. БОНДАРЕНКО

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель,
katya.b.2000@mail.ru*

Активный рост численности городского населения привел к развитию селитебных территорий и дефициту земельных участков для строительства. Одним из путей решения этой проблемы является дальнейшее повышение

этажности жилых зданий, а также строительство многофункциональных зданий [1, 2].

Цель работы – обобщение опыта проектирования систем водоснабжения и водоотведения крупных жилых зданий с комплексом инфраструктурных объектов, выявление специфических особенностей данных систем и применение данной информации при проектировании конкретного объекта.

Строительство многофункциональных зданий – одно из важных направлений развития современной городской застройки. Самым распространенным примером многофункционального строительного объекта является жилой дом с насыщенной инфраструктурой. Размещение объектов различного назначения в одном здании приводит к обеспечению экономии земельных и энергетических ресурсов, а также к экономии времени для жителей города.

Инфраструктурная часть может быть различного назначения: торгового, административного, физкультурно-оздоровительного, коммунально-бытового и др. В таких зданиях должна быть обеспечена высокая степень благоустройства, безопасное пребывание и проживание людей. Важной составляющей коммунального благоустройства является водоснабжение объекта [3].

Для обеспечения хозяйственно-бытовых, производственных и противопожарных нужд вода подается по нескольким вводам. В эксплуатируемом подвале, как правило, размещают тренажерные залы с мини-бассейнами, склады магазинов, а также другие помещения с временным пребыванием людей. Магистральные линии водопровода прокладываются под потолком подвала, во вспомогательных и технических помещениях. Если в здании техническим помещением является верхний этаж, то тогда именно там прокладываются магистральные линии водоснабжения. В нем размещается все оборудование, необходимое для работы системы водоснабжения: водомерные узлы на вводах, регуляторы давления, насосы хозяйственно-питьевого и противопожарного водоснабжения, циркуляционные насосы и водонагреватели системы горячего водоснабжения, запорно-регулирующая арматура, контрольно-измерительные приборы, подъемно-транспортные устройства. Стойки водоснабжения прокладываются в технических и вспомогательных помещениях – в санузлах или коридорах. На подводках к водоемким потребителям нижних этажей устанавливаются регуляторы давления. Это делается с целью избежания перерасхода воды [4].

Внутреннее пожаротушение высотных зданий выполняется автоматической системой. На всех этажах устанавливаются спринклеры, которые реагируют на возгорание и тушат огонь, подавая воду. Сухотрубные системы соединены с пожарным трубопроводом. Эффективность достигается благодаря тому, что все здание поделено на зоны по этажам. Автоматика подает сигнал на заполнение пожарного трубопровода. Воду для каждой зоны качает отдельный насос.

Современная многоуровневая автоматика системы противопожарной защиты с сухотрубной разводкой может эффективно использоваться даже в неотапливаемых помещениях, в том числе технических этажах. Монтаж противопожарного оборудования должен происходить на этапе строительства дома. В виде исключения возможна установка в уже готовом здании [5].

Система горячего водоснабжения комплекса представляет собой несколько секционных узлов. Магистральные линии прокладываются в нижнем вспомогательном техническом этаже, вместе с трубами холодного водоснабжения; при двухзонной схеме магистрали верхней зоны обычно прокладываются в верхнем техническом этаже. Стояки горячего водоснабжения (подающие и циркуляционные) проходят вместе со стояками холодного водоснабжения, по вспомогательным помещениям жилой и инфраструктурной части.

В настоящее время изучение проектных разработок систем водоснабжения многофункциональных комплексов является весьма актуальным. Систематизация и обобщение проектного опыта позволит специалистам быстро и уверенно принимать рациональные проектные решения в области инженерного обеспечения перспективных и престижных городских объектов.

Таким образом, надежность работы системы водоснабжения крупных строительных комплексов обеспечивается несколькими вводами, при этом в качестве источников водоснабжения назначаются несколько разных участков наружной водопроводной сети; резервирование оборудования горячего водоснабжения для отдельных потребителей обеспечивает бесперебойное горячее водоснабжение объекта в периоды профилактических или ремонтных отключений основной системы горячего водоснабжения.

Список литературы

- 1 **Невзорова, А.Б.** Водоснабжение и водоотведение селитебной территории / А.Б. Невзорова, О.К. Новикова, Г.Н. Белоусова. – Гомель : БелГУТ, 2015. – 263 с.
- 2 **Анаев, А.М.** Системы водоснабжения и водоотведения на территории гостиничного комплекса / А.М. Анаев, Н.В. Бушмакина. – Ростов н/Д, 2020. – С. 82–84.
- 3 **Бартова, Л.В.** Водоснабжение и водоотведение многофункциональных комплексов / Л.В. Бартова, Н.В. Бушмакина. – Пермь, 2017. – С. 92–105.
- 4 **Зяц, Е.И.** Особенности высотных зданий и факторы, влияющие на выбор конструктивных и организационно-технологических решений / Е.И. Заяц, С.В. Епифанцева. – Днепрпетровск, 2015. – С. 29–35.
- 5 Обеспечение противопожарной защиты зданий повышенной этажности [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://proffidom.ru/108-protivopozharnaya-zaschita-zdaniy-povyshennoy-etazhnosti.html>. – Дата доступа : 02.03.2022.

WATER SUPPLY OF HIGH-RISE BUILDINGS WITH BUILT-IN INFRASTRUCTURE

E.S. BONDARENKO

Belarusian State University of Transport, Gomel

РАЗРАБОТКА ПЛАНОВ ПРОМЫВКИ СЕТИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

К.А. БОНДАРЕНКО, А.В.ПАПКОВ

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель,
kristina2002bon@gmail.com*

Водопровод – это система для непрерывного снабжения потребителей водой, которая необходима для бытовых, технических и хозяйственных целей. Это преимущественно подземные трубы или каналы. Очищенная в системе фильтров от механических примесей вода собирается в водоподъемных башнях, а затем распределяется по городским трубам для водопровода. Из-за резкого перепада давления в трубопроводах, что особенно заметно при отключениях, а затем включениях воды, появляется неприятный привкус ржавчины. При кавитационном процессе сгустки грязи с питьевой водой попадают в системы водоснабжения, а затем и в пищу человеку, что может вызвать различные заболевания и отравления организма.

Промывка необходима в профилактических целях перед проведением испытаний трубопровода под давлением на прочность и целостность, для санитарной обработки перед вводом в эксплуатацию и после ремонтных работ тепло- и водопроводных инженерных сетей [1, 2].

Промывку и очистку труб выполняют, чтобы убрать на внутренних стенах накипь, ржавчину, налет, жировые и илстые отложения.

Цель работы – описание планов промывки трубопроводов сети водоснабжения, необходимость промывки и дезинфекции.

Проведение правильной промывки трубопроводов для удаления из него накипи, ржавчины, налета и жировых отложений, а также получение допустимых концентраций хлора в воде для подачи её потребителям.

Трубопроводы хозяйственно-питьевого водоснабжения подлежат промывке, также трубопроводы водяных теплосетей должны быть промыты, паропроводы – продуты паром, а трубопроводы водяных тепловых сетей при открытой системе теплоснабжения и сети горячего водоснабжения – промыты и продезинфицированы.

Для очистки и промывки трубопроводов используются следующие методы:

– гидропневматический – инжектирование сжатого воздуха в трубопровод с одновременной подачей воды в него;

– гидромеханический – проталкивание очистного устройства через трубопровод под действием давления воды;

– гидравлический – создание скорости потока воды, размывающей отложения;

– химический метод – растворение скопившихся в трубах веществ, ржавчины и других отложений препаратами на основе пищевых и других кислот, не повреждающих внутренние стенки трубопроводов.

Дезинфекцию необходимо проводить для удаления загрязнений и подавления жизнедеятельности микроорганизмов после сменных или ремонтных работ. Она является важным санитарным мероприятием и проводится в соответствии с графиками плановых ремонтов. Для проведения дезинфекции существуют специальные рекомендации, инструкции и технологии. Чаще всего чистку производят с помощью средств, в состав которых входит хлор, концентрация которого составляет 75–100 мг/л, контакт – до 6 часов. При использовании раствора, концентрация которого 40–50 мг/л, период его контакта должен быть не менее 24 часов.

Нормативные документы разрешают использование хлорсодержащих реагентов следующих видов:

– жидкий реагент. В эту категорию относится гипохлорит натрия, соответствующий ГОСТ 11086–76. Кроме этого, сюда входит и гипохлорит натрия электролитического типа и жидкий хлор (ГОСТ 6718–86);

– сухой реагент. В эту категорию входит хлорная известь, которая соответствует ГОСТ 1692–85, либо гипохлорит кальция (ГОСТ 25263–82).

При хлорировании трубопроводов водоснабжения следует соблюдать требования СанПиН 10-124 РБ 99 и ведомственных нормативных документов по технике безопасности.

Наиболее часто бактерии попадают в воду из системы центрального водоснабжения. Их размножение происходит в тёплой среде при температуре от 25 до 45 °С.

Для предотвращения появления бактерий существует ряд технологических мер в совокупности с конструкционными, оперативными и профилактическими мероприятиями.

Таким образом, промывка и дезинфекция трубопроводов обязательна при вводе системы в эксплуатацию с оформлением акта о проведении промывки и дезинфекции. Также необходимо проводить системную дезинфекцию водопроводных сетей.

Список литературы

1 МДК 3–02.2001. Правила технической эксплуатации систем коммунального водоснабжения и канализации. – Введ. 1999–12–30. – М. : Госстрой России, 2000.

2 **Невзорова, А.Б.** Водоснабжение и водоотведение сельтебной территории / А.Б. Невзорова, О.К. Новикова, Г.Н. Белоусова. – Гомель : БелГУТ, 2015. – 263 с.

3 СанПиН 10–124 РБ 99. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. – Минск : Минздрав, 1999. – 12 с.

4 СН 4.01.01–2019. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. – Введ. 2019–10–31. – Минск : Минстройархитектуры, 2019. – 68 с.

DEVELOPMENT OF FLUSHING PLANS FOR THE WATER SUPPLY NETWORK

K.A. BONDARENKO, A.V. PAPKOV

Belarusian State University of Transport, Gomel

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ АКУСТИКИ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

Е.С. ВАЗЮРА

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

Проблема недостаточной очистки набирает популярность в связи с необходимостью одновременного (с подготовкой питьевой воды) решения экологических задач (качественная очистка промывных вод станций водоподготовки, сбрасываемых в реки) и природоохранных (эффективная защита оголовков водозаборов от попадания рыб, в том числе молоди).

Цель работы – провести исследование акустической (ультразвуковой) обработки воды, выделить положительные стороны данного метода, способы использования данной технологии.

Решение всех упомянутых задач при водоподготовке возможно на основании применения технологий и средств акустики. При этом речь идет об использовании особых устройств, обладающих высоким энергетическим потенциалом и обеспечивающих в трехфазной водной среде установление всевозможных нелинейных эффектов в диапазоне частот от десятков Гц до десятков кГц. Акустические методы и средства, созданные на принципах нелинейной акустики, в последние два десятилетия активно применяются в процессе исследования Мирового океана, при освоении его богатств, в медицине, в военно-морской деятельности и т. д.

Ультразвук – это упругие колебания и волны, частота которых выше 15–20 кГц. При воздействии ультразвука на жидкость возникают специфические физические, химические и биологические эффекты, такие как кавитация, капиллярный эффект, диспергирование, эмульгирование, дегазация, обеззараживание, локальный нагрев и многие другие. Эффект воздействия ультразвука на микроорганизмы зависит от интенсивности воздействия и может быть диаметрально противоположным. При низких интенсивностях и малых временах воздействия ультразвук может стимулировать активность и рост микроорганизмов. Именно это свойство используют при кратковременной обработке активного ила на станциях аэрации, что позволяет ускорить биологические и химические процессы в аэротенках при первичной очистке сточной воды. Однако такие процессы в очищенной или обеззараженной воде крайне нежелательны и могут привести к неприятным последствиям. При больших интенсивностях ультразвук подавляет и разрушает микроорганизмы. Длительная обработка воды ультразвуком большой мощности приводит к обеззараживанию. Для подготовки воды с помощью ульт-

тразвуковых колебаний используют различные типы волноводов (рисунки 1–3) и для них характерны минимальные затраты энергии наряду с ее высокой степенью очистки. Следует учитывать, что наибольшей эффективности можно добиться, если применять данный метод в сочетании с дополнительными.

Существует комплексный акустический метод, который гарантирует решение трех главных задач, стоящих перед системами водоподготовки:

1) повышения качества и продолжительности жизни населения региона путем подготовки более качественной питьевой воды за счет дополнительного уменьшения мутности и цветности воды, а также остаточного содержания алюминия в ней, дополнительного снижения количества патогенных бактерий;

2) сокращения сбросов загрязнений в окружающую среду путем увеличения качества очистки промывных вод, в том числе в интересах их повторного использования для промывки фильтров, а также качества утилизации осадка;

3) сохранения биоразнообразия в водном объекте путем увеличения производительности защиты оголовка водозабора от попадания в него рыб за счет заблаговременного вытеснения рыб от оголовка водозабора.

Основные достоинства:

- обеспечение высокого качества воды без изменения ее состава;
- уничтожение болезнетворных и вредоносных микроорганизмов;
- перемешивание водных слоев;
- ликвидация бактериального налета и помутнений;
- предотвращение возникновения накипи в теплообменном оборудовании;
- повышение срока эксплуатации и эффективности фильтров;
- удаление водорослей.

Недостатки:

- некоторая ограниченность метода;
- высокая стоимость оборудования;
- сложность обслуживания.



Рисунок 1 – Трубчатый излучающий волновод с магнестрикционным преобразователем в охлаждающем корпусе



Рисунок 2 – Каскадный волновод-излучатель, присоединенный к магнитострикционному преобразователю без охлаждающего корпуса



Рисунок 3 – Реактор ультразвуковой установки вместе с магнитострикционным преобразователем, расположенном в части корпуса реактора

Таким образом, показано, что ультразвуковая водоподготовка как альтернативный метод не требует использования химических реактивов, как известно, далеко не безопасных для здоровья человека и животных. Кроме того, способ достаточно легко применим, он не требует вмешательства высококвалифицированных специалистов.

Несмотря на видимые преимущества, «сфера деятельности» ультразвука весьма ограничена и чаще всего установки, действующие по такому принципу, являются лишь одним из промежуточных этапов в достижении высокого качества питьевой воды.

Список литературы

1 **Бахаров, С.** Акустический метод осветления воды и сгущения осадка : акустика в обогащении полезных ископаемых : [монография] / С. Бахаров. – Германия : Palmarium Academic Publishing, 2016. – 72 с.

2 Развитие систем обеззараживания сточных вод на московских станциях / А.Н. Пахомов [и др.] // Водоснабжение и санитарная техника. – 2005. – № 12. – Ч. 1. – С. 28–32.

3 **Драгинский, В. Л.** Образование токсичных продуктов при использовании различных окислителей для очистки воды / В.Л. Драгинский, Л.П. Алексеева // Водоснабжение и санитарная техника. – 2002. – № 2. – С. 9–14.

4 Гончарук, В. В. Современное состояние проблемы обеззараживания воды / В.В. Гончарук, Н.Г. Потапченко // Химия и технология воды. – 1998. – Т. 20. – № 2. – С. 191–217.

USING METHODS AND MEANS OF ACOUSTICS WHEN PREPARING DRINKING WATER

E.S. VASYURA

Belarusian State University of Transport, Gomel

УДК 628.544

МЕРОПРИЯТИЯ ПО СНИЖЕНИЮ ПОТЕРЬ В СИСТЕМЕ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Р.Н. ВОСТРОВА, Е.А. ПЕХОТА

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель,
katap2526@gmail.com, vostrona@tut.by*

Хозяйственное значение снижения потерь воды заключается в экономии материальных и энергетических ресурсов и способствует решению задачи охраны и защиты водных ресурсов от истощения и загрязнения.

Следствием всех видов потерь воды является необходимость наращивать мощности систем водоснабжения, что вызывает необходимость отвлечения значительных дополнительных капитальных вложений, а также материальных и трудовых ресурсов. Эффективно работающая система водоснабжения должна иметь систему управления всеми компонентами потерь воды [1, 2].

Для снижения потерь воды необходимо организовать систему технических мероприятий по воздействию на основные элементы системы водоснабжения с целью доставки питьевой воды потребителю с минимальными потерями, которые представлены комбинацией из четырех компонентов контроля и снижения потерь воды: управлением давлением, скоростью и качеством ремонта, интенсификацией проводимых работ, контролем за утечками, их активным поиском, модернизацией и реконструкцией сети.

Минимальный реально достижимый годовой объем реальных потерь представляет собой неизбежные годовые потери, к которым можно отнести профилактическое обслуживание водопроводных сетей; опорожнение, промывка, дезинфекция трубопроводов; проверка пожарных гидрантов; расходы воды при проведении работ, связанных с устранением аварий и повреждений на водопроводной сети; профилактическая чистка и допустимая утечка, безвозвратные потери в резервуарах питьевой воды.

Потери воды увеличиваются по мере старения систем. К потенциально устранимым реальным потерям воды относятся расходы воды при авариях

на водопроводной сети до локализации повреждения; расход воды при утечке через водоразборные колонки; скрытые утечки.

Управление давлением является основополагающим в контроле и снижении объемов потерь воды и включает следующие мероприятия:

- создание и ведение электронных баз данных по эксплуатации водопроводной сети и оборудования, гидравлическое моделирование для анализа работы сети и оптимизации режимов, цифровизация сети;
- снижение и стабилизация давления в городской водопроводной сети;
- зонирование водопроводной сети;
- оптимизация режимов работы оборудования насосных станций;
- разработка и внедрение технических решений по снижению непроизводительных потерь воды, обусловленных избыточными напорами;
- проведение манометрических съемок, мониторинг давления.

Наиболее эффективна стабилизация напора, которая осуществляется энергосберегающими системами автоматизированного управления на основе использования регулируемых частотных электроприводов. Для выбора наиболее подходящего способа определяют сопоставимость затрат на реализацию мероприятия со стоимостью сэкономленной воды.

В результате работ по управлению давлением и стабилизацией напоров в городской водопроводной сети можно добиться продления срока службы водопроводной сети и снижения количества аварий и повреждений трубопроводов и, соответственно, расхода воды на утечки.

Зонирование водопроводной сети производится для оптимизации давления. Три основных фактора определяют разделение системы водоснабжения на зоны:

- разность отметок в пределах территории, обеспечиваемой водой;
- необходимые свободные напоры;
- максимальные потери напора в сети.

При зонировании целесообразно упорядочить и определить границы зон питания станций водоподготовки и насосных станций.

При зонировании играет роль рельеф местности для создания самотечных линий наполнения резервуаров. Предлагается выделять отдельные группы насосов в сочетании с секционированием напорных коллекторов для подачи воды в отдельные зоны.

Стабилизацию давления в городской водопроводной сети возможно осуществить с использованием регуляторов давления, что обеспечивает требуемые гидродинамические параметры подаваемой воды, выполняет предохранительные функции, существенно снижает стоимость подачи воды потребителю и повышает надежность работы системы.

Для этого необходимо выполнить работы по выделению районов с повышенным давлением в отдельные зоны, с помощью установки на связках с распределительной сетью автономных полуавтоматических устройств –

регуляторов давления, использующих для обеспечения их работы потенциальную энергию давления в системе водоподачи. Они позволят ограничить и стабилизировать городской напор в требуемых пределах в соответствии с условиями эксплуатации водопровода.

Установлено, что снижение давления в зоне регулирования уменьшает статическую и динамическую нагрузку на все элементы распределительной сети и, как следствие, ведет к сокращению числа аварий, связанных с повышенным давлением.

Для контроля давления в выделенной зоне необходимо использовать не менее двух точек контроля на водопроводных вводах потребителей (один – в основной зоне регулирования и один – в подзоне).

В среднем установка регуляторов давления в зоне позволяет снизить потери воды на 25–40 %.

Рекомендуется определять среднесуточный свободный городской напор два раза в год по результатам измерений в колодцах [3]. По результатам манометрической съемки выпускается карта свободных напоров, анализ полученной информации позволяет:

- выявить существующие неисправности арматуры;
- определить фактическое сопротивление трубопроводов;
- откорректировать значение среднесуточного свободного напора.

Гидравлическое моделирование помогает оценивать реальные возможности существующей сети для подключений новых потребителей, выявлять источники потерь воды и нерационального водопользования.

Рекомендуемые для гидравлического моделирования комплексы программ: Bentley Systems, MIKE URBAN, ZuluHydro. Комплексы Bentley и MIKE URBAN основаны на одном стандарте EPANET.

Построение гидравлической цифровой модели включает следующие этапы:

- построение расчетной схемы;
- определение расходной характеристики;
- проведение предварительных расчетов системы;
- калибровка модели;
- анализ результатов моделирования и разработка перечня необходимых мероприятий, направленных на улучшение работы существующей системы и снижения потерь воды [1].

Для построения цифровой модели водоснабжения города необходимы следующие исходные данные: трассировка магистральных трубопроводов, их диаметры, длины и геодезические отметки начала и конца трубопроводов, места расположения основных насосных станций, резервуаров, камер переключения и т. д.; данные об оборудовании сооружений на сети. Данные должны включать в себя количество и характеристику основного оборудования сооружений (для резервуара – его размерная характеристика, для насосных станций – количество насосных агрегатов и их марки).

Для построения цифровой модели необходимы так же эксплуатационные

данные работы сети: почасовые данные о расходе на всех основных сооружениях системы; уровни воды в резервуарах; свободные напоры в сети. Должна быть представлена информация о работе регуляторов давлений, замеры расходов и напоров в системе, информация о закрытых или прикрытых задвижках, неисправных трубопроводах и т. д.

На этапе калибровки результаты гидравлического моделирования сопоставляются с реальными режимами подачи и распределения воды.

Активный поиск и контроль утечек и потерь воды осуществляется диагностикой технического состояния трубопроводов и является эффективным методом поддержания требуемой надежности трубопроводов, предотвращения аварий и повреждений труб, вызванных износом и старением труб и приводящих к утечкам воды, и включает следующие виды работ и мероприятий: инструментальный контроль за строительством – это контроль сварных швов стальных и полиэтиленовых трубопроводов, контроль за проведением противокоррозионных мероприятий, а также телевизионное обследование при строительстве новых, реконструируемых водопроводных и сетей и при аварийно-восстановительных работах.

Основным источником информации по оценке потерь воды должны служить сведения, предоставляемые эксплуатационными службами предприятия ВКХ. При реализации методики управления потерями воды следует учитывать, что для каждой водопроводной системы существует уровень утечек, ниже которого дальнейшие вложения инвестиций в снижение издержек являются неэкономичными. Другими словами, стоимость сэкономленной воды меньше, чем расходы на дальнейшее снижение утечек. Это так называемый экономичный уровень утечек [1, 2].

Список литературы

1 **Lambert, A.** Using practical predictions of Economic Intervention Frequency to calculate Short-run Economic Leakage Level, with or without Pressure Management / A. Lambert, A. Lalonde // Proceedings of IWA Specialised Conference "Leakage 2". – Halifax, Nova Scotia, 2005.

2 **Невзорова, А.Б.** Автоматизация технологических процессов систем водоснабжения и канализации / А.Б. Невзорова. – Гомель : БелГУТ, 2022. – 151 с.

3 Правила технической эксплуатации систем и сооружений коммунального водоснабжения : постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 4 сент.2019 г. № 594 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа : https://pravo.by/upload/docslop/c2100594_1567803600.pdf. – Дата доступа : 02.03.2022.

MEASURES TO REDUCE LOSSES IN THE WATER SUPPLY SYSTEM

R.N. VOSTROVA, E.A. PEKHOTA

Belarusian State University of Transport, Gomel

УПРАВЛЕНИЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕМ В г. ОЛЬШТЫНЕ

П. ГАИЛИТИС

*ООО «Гданьская инфраструктура водоснабжения и канализации»
(ГИВК), Польша*

Подземный водозабор в городе Ольштыне состоит из ряда пробуренных скважин: четвертичных (глубиной 50–100 м) и третичных (глубиной 250–320 м).

Вода из подземных источников обладает избыточным содержанием железа и марганца, поэтому она обрабатывается на станциях очистки воды для удаления соединений железа и марганца и не нуждается в дезинфекции.

Ольштынская вода из-за содержания натрия и калия может быть отнесена к средним минерализованным водам. Благодаря вкусовым и оздоровительным качествам её можно пить прямо из крана. Ольштынская вода также является среднежесткой водой. Благодаря содержанию в ней биопрепаратов, таких как магний или кальций, она может оказать положительное влияние на здоровье потребителей. Вода не требует приготовления перед употреблением. Кипячение воды приводит к осаждению в виде осадка (камня) части минералов, особенно соединений кальция и магния, что смягчает воду, но также приводит к истощению ее состава.

Лаборатория обеспечивает высокое качество испытаний, подтвержденное наличием системы качества, соответствующей стандарту PN-EN ISO/IEC 17025: 2018-02. Политика в области качества лаборатории в соответствии с Политикой в области качества интегрированной системы управления PWiK Sp. в Ольштыне, в соответствии с Нормами PN-ISO 9001:2015, PN-ISO 14001:2015, PN-N 45001:2018 и проведение на высоком профессиональном уровне обеспечивает реализацию требований клиента.

Для этого в лаборатории работает высококвалифицированный персонал, компетентность которого проверяется путем участия в межлабораторных сравнительных исследованиях. Подтверждением технической компетентности лаборатории является сертификат аккредитации № 1128, выданный польским центром аккредитации. Лаборатория имеет одобрение системы качества проводимых испытаний воды, выданное государственным районным санитарным инспектором в Ольштыне.

Улучшения качества воды удалось добиться благодаря установке новых фильтров и нового глубоководного колодца глубиной около 140 м и производительностью более 60 м³/час.

Для обслуживания станции не требуется присутствие персонала, так как объект полностью автоматизирован. Он также имеет свои собственные генераторные установки, что в случае отсутствия электричества обеспечит непре-

рывность подачи воды. Территория вокруг станции была благоустроена. В конечном итоге здесь будет создана зеленая луговая зона, благодаря чему объект будет дополнительно выполнять экологическую функцию.

Предмет договора финансируется из средств Европейского Союза в рамках проекта «Улучшение водопроводно-канализационного хозяйства в районе Ольштына. Этап I». Проект профинансирован из средств Европейского фонда регионального развития в рамках операционной программы «Инфраструктура и окружающая среда» на 2014–2020 годы. Приоритет этапа II «Охрана окружающей среды, в том числе адаптация к изменению климата», пункт 2.3 «Экономика водосточных вод в агломерациях».

Для соблюдения процедур, связанных с коллективным водоснабжением и коллективным отводом сточных вод, требований, предъявляемых компанией при проектировании, строительстве и приемке сетей и водопроводных и канализационных соединений, используется целый перечень технических стандартов поведения, установленных руководством компании.

Процедуры приема на имущество компании устройств водоканала, являющихся инвестициями мэрии Ольштына, для которых были выданы протоколы технического осмотра из-за отсутствия благоустройства или прием которых не был заказан.

Перечислим ряд стандартов, которые применяются [2]:

- правила проведения технических приемов;
- монтажный комплект главного счетчика воды;
- условия подачи воды для строительства;
- стандарт по согласию сторон, где определяется, будет ли компания соглашаться на проектирование более одного соединения с главным счетчиком воды в здании в случае, если у него более одного владельца; более одного счетчика воды для нескольких объектов, расположенных на собственности одного владельца; подсчет для полива культур;
- условия установки дополнительного счетчика воды для измерения безвозвратно израсходованной воды;
- процедуры получения (технического осмотра) водоканальных сетей и обзоров водоканальных соединений;
- технические условия раздела водопровода;
- монтаж люков на канализационных колодцах;
- арматура плотины и гидрантов на водопроводных сетях;
- правила поведения компании по запросам получателей услуг о признании жалоб счетов-фактур на водоснабжение и прием санитарных сточных вод в связи с возникшей неисправностью на водопроводе получателя.
- технические условия, которым должен соответствовать измерительный прибор для измерения количества сбрасываемых сточных вод и документов, необходимых для его получения и др.

Таким образом, в городе Ольштыне созданы все условия для организации качественного водоснабжения населения и применяются стандарты, регулирующие все спорные вопросы, возникающие при проведении различных мероприятий на водоканале.

Список литературы

1 **Kalski, W.** Legnicka woda, Legnica : Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji / W. Kalski. , 2002. – 55 p.

2 Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji Sp [Zasób elektroniczny]. – Tryb dostępu : – **Ошибка! Недопустимый объект гиперссылки..** – Date dostępu : 22.02.2022.

3 Ольштын [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://dev.abcdef.wiki/wiki/Olsztyn>. – Дата доступа : 22.02.2022.

WATER SUPPLY MANAGEMENT IN OLSZTYN

PETERIS GAILITIS

Gdansk Water Supply And Sewerage Infrastructure Ltd. (GAWK)

УДК 628.345.1

ВЛИЯНИЕ ДОЗЫ ВОССТАНОВИТЕЛЯ НА ЗНАЧЕНИЯ ПОЛНОЙ СТАТИЧЕСКОЙ ОБМЕННОЙ ЕМКОСТИ СОРБЕНТОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДНЫХ СРЕД ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ

О.Н. ГОРЕЛАЯ

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

Сложность состава нефтесодержащих сточных вод предполагает не только тщательных выбор сорбционных материалов по доступности и стоимости, но и возможности корректировки некоторых наиболее важных свойств сорбентов при изменении условий синтеза или корректировки восстановителя. Для получения материалов для очистки водных сред могут использоваться отходы водоподготовки [1–4].

Методика синтеза и анализа полученных сорбентов подробно изложена в статье [5]. Для оценки основных свойств и выбора наиболее приемлемого варианта синтез магнитных сорбентов из осадков станций обезжелезивания для очистки нефтесодержащих сточных вод выполнялся при использовании различных доз восстановителя. В качестве восстановителя использовались глицин, мочеви́на, лимонная кислота и гексаметилен-тетрамин с мольным соотношением «окислитель – восстановитель», равным 1 ($f = 1$) и 3 ($f = 3$).

Изменение полной статической обменной емкости (ПСОЕ) образцов сорбента зависит от температуры синтеза и имеет достаточно стабильные показатели, которые отражены на рисунке 1.

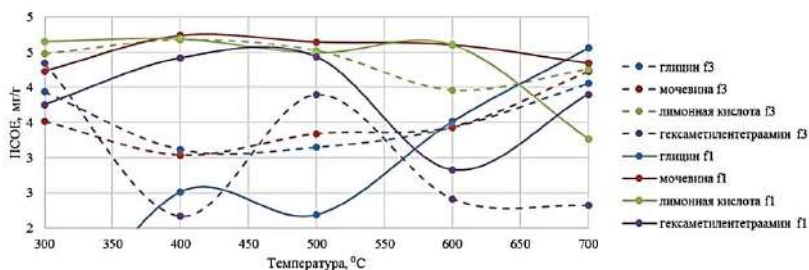


Рисунок 1 – Зависимость полной статической обменной емкости от температуры синтеза железосодержащих образцов сорбента

Исследуемые образцы показали достаточно высокие значения обменной емкости: от 0,29 до 4,74 мг/г (например, ПСОЕ сорбента из железистого шлама в зависимости от способа приготовления образцов варьируется от 0,9 до 5,7 мг/г). Минимальные значения ПСОЕ наблюдаются в образцах с восстановителем глицином ($f = 1$), синтезированных при температуре 300 °C. Это можно объяснить тем, что при более низких температурах органический восстановитель недостаточно полно выгорает, за счет чего не формируется требуемая дисперсность и пористость материала. При температуре 400 °C ПСОЕ достигает своего максимума в большинстве образцов, полученных при мольном соотношении «окислитель – восстановитель», равном 1 ($f1$) – мочевины, лимонная кислота и гексаметилентетраамин. Это объясняется тем, что органическая часть при синтезе выгорает более полно и характеристики выражаются сильнее, что способствует более высоким показателям поглощения вещества при равновесии в данных рабочих условиях.

При сравнении данных ПСОЕ, полученных при мольном соотношении «окислитель – восстановитель», равном 1 ($f1$) и 3 ($f3$), наблюдаются у разных образцов различные изменения характеристик, что наглядно видно на рисунке 1, но при этом очевидно, что избыток восстановителя практически не дает более высоких показателей полной статической обменной емкости.

В результате проведения исследований можно сделать выводы:

- избыток восстановителя при синтезе наноразмерных магнитных сорбентов не оказывает положительного влияния на свойства готовых образцов независимо от температуры синтеза;
- наиболее перспективным сорбентом являются образцы, полученные при температуре 400–500 °C.

Список литературы

1 **Романовский, В.И.** Железо-молибден-содержащие фотокатализаторы из осадков очистки промывных вод фильтров обезжелезивания / В.И. Романовский, Д.М. Куличик, М.В. Пилипенко // Водочистка. – 2019. – № 6(180). – С. 73–78.

2 **Романовский, В.И.** Очистка промывных вод станций обезжелезивания с использованием отходов водоподготовки / В.И. Романовский, П.А. Клебеко, Е.В. Романовская // Вестник БрГТУ. Сер. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2018. – № 2(104). – С. 90–92.

3 **Романовский, В.И.** Термохимическая и механохимическая переработка отработанных синтетических ионитов с получением ценных химических веществ и сорбционных материалов / В.И. Романовский // Перспективы науки. – 2011. – № 4(19). – С. 132–138.

4 **Грузинова, В.Л.** Сорбционные свойства и эксплуатационные характеристики угольных волокнистых материалов / В.Л. Грузинова, В.И. Романовский // Вестник Полоцкого государственного университета. Сер. F. Строительство. Прикладные науки. Инженерные сети, экология и ресурсоэнергосбережение. – 2015. – № 16. – С. 141–145.

5 **Горелая, О.Н.** Магнитный сорбент из отходов водоподготовки для удаления нефтепродуктов из водных сред / О.Н. Горелая, Н.Л. Будейко, В.И. Романовский // Вестник Полоцкого государственного университета. Сер. F. Строительство. Прикладные науки. – 2020. – № 16. – С. 52–57.

INFLUENCE OF THE DOSE OF THE REDUCER ON THE VALUES OF THE TOTAL STATIC EXCHANGE CAPACITY OF SORBENTS FOR CLEANING AQUEOUS MEDIA FROM OIL PRODUCTS

O.N. GORELAYA

Belarusian State University of Transport, Gomel

УДК 628.32/.38(476.2)

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ г. РЕЧИЦЫ

А.А. ГРИБ

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

Ухудшение качества воды в поверхностных источниках происходит, главным образом, из-за их постоянного загрязнения веществами антропогенного происхождения: нефтепродуктами, поверхностно-активными веществами, органическими и биогенными элементами, что связано с недостаточной степенью очистки сточных вод. Это свидетельствует о том, что

технология и сооружения, запроектированные в 60–70-х годах прошлого столетия, не справляются с современной антропогенной нагрузкой.

Объектом исследований являются очистные сооружения г. Речицы, которые были введены в эксплуатацию в 1988 году проектной производительностью 60000 м³/сут. В настоящее время расход сточных вод, поступающих на очистные сооружения, составляет 7650 м³/сут. Из действующих 12 предприятий в работе находятся 6, число выпускаемой продукции в эти годы значительно сократилось, что обуславливает сокращение расхода сточных вод.

В настоящее время процесс очистки сточных вод осуществляется в сооружениях механической и биологической очистки: крупнопрозрачных решетках с ручным снятием загрязнений (2 шт., ширина прозоров составляет 15 мм), тангенциальных песколовках (2 шт.), радиальных отстойниках (2 шт.), четырехкоридорных аэротенках-смесителях с регенерацией активного ила и вторичных радиальных отстойниках (2 шт.).

Обработка осадка осуществляется в двух радиальных илоуплотнителях, после которых осадок влажностью 98,7 % направляется на иловые площадки, где обезвоживается и складировается.

На основании данных лабораторных исследований фактического состава сточных вод после каждой ступени очистки и на выпуске в р. Днепр за 12 месяцев рассматриваемого периода (2021 г.) филиала «Речицаводоканал» КУП «Речицкий райжилкомхоз» определена эффективность очистки сточных вод в целом на очистных сооружениях и по ступеням очистки (механическая и биологическая).

Фактическая эффективность механической очистки сточных вод не превышает 55 %, а эффективность биологической очистки по всем показателям составляет порядка 60 %.

Для эффективной работы комплекса очистных сооружений эффективность механической очистки должна составлять не менее 60–65 %, а биологической – не менее 90–95 % [1].

На основании рекомендаций [2] определены допустимые концентрации загрязняющих веществ в составе сточных вод на выпуске в р. Днепр (таблица 1). Фактические концентрации загрязняющих веществ в составе сточных вод на выпуске очистных сооружений превышают допустимые значения: взвешенные вещества – в 1,35 раза, азот общий – в 1,2 раза, фосфор общий – в 2,6 раза, и БПК₅ – в 1,5 раза.

На основании обследования и анализа работы комплекса очистных сооружений установлено:

- 1) цех механического обезвоживания осадков сточных вод и здания решеток находятся в недостроенном состоянии и не введены в эксплуатацию;
- 2) обеззараживание сточных вод и осадков не осуществляется;

3) решетки с прозорами 15 мм не обеспечивают задержание мелких фракций загрязнений;

4) песколовки и первичные отстойники недогружены по расходу сточных вод;

5) традиционная биологическая очистка в аэротенках-смесителях не обеспечивает достаточной глубины удаления биогенных элементов.

Таблица 1 – Сравнение допустимых концентрации загрязняющих веществ в составе сточных вод на выпуске в р. Днепр с фактическими значениями концентраций

Показатель	Концентрации загрязняющих веществ в составе сточных вод, мг/дм ³		Фактическая эффективность, %
	фактические на выпуске в р. Днепр	допустимые	
Взвешенные вещества	23	17	93,7
ХПК	46	68	92,7
БПК ₅	18	17	93,1
Азот общий	20,7	17	92,0
Аммоний ион	3,37	12,75	94,18
Фосфор общий	6,75	2,55	4,3

Таким образом, для интенсификации очистки сточных вод г. Речице необходимо проведение реконструкции включающей:

- замену решеток грубой степени очистки (15 мм) на решетки тонкой степени очистки (6 мм);
- вывод из эксплуатации одной песколовки и одного отстойника;
- в первичных и вторичных отстойниках замену зубчатых водосливов на новые из нержавеющей стали;
- реконструкцию аэротенка с введением технологической схемы глубокого удаления азота и фосфора;
- внедрение УФ-обеззараживания сточных вод;
- осуществление обработки осадка сточных вод, включающей механическое обезвоживание сырого осадка и уплотненного избыточного активного ила, термическую сушку и утилизацию.

Список литературы

1 СН 4.01.02–2019. Канализация. Наружные сети и сооружения. – Введ. 2019–10–31. – Минск : Минстройархитектуры, 2020. – 68 с.

2 О некоторых вопросах нормирования сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод : постановление М-ва природных ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь от 26.05.2017 № 16. – Минск, 2017. – 15 с.

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

ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF THE TREATMENT FACILITIES IN RECHITSA

A.A. GRIB

Belarusian State University of Transport, Gomel

УДК 628.16.0

МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ВОДЫ НА ОСНОВЕ КЛАССИФИКАЦИИ ПРИМЕСЕЙ ПО ФАЗОВО-ДИСПЕРСНОМУ СОСТОЯНИЮ

С.В. ДЕМКОВ

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель,
stasdemkov007@gmail.com*

Одной из глобальных проблем человечества является проблема чистой питьевой воды. Если запасы питьевой воды составляют 1,8 %, то настоящему чистой намного меньше. Многие регионы земного шара вообще не знают, что такое чистая вода. Актуальна эта проблема и для нашей республики.

Цель работы – систематизировать методы очистки воды от примесей в зависимости от их дисперсности.

Всё многообразие загрязнений природных и промышленных вод можно объединить в четыре группы с общим для каждой набором методов водоочистки, предопределяемым формой нахождения примесей в воде [1].

К первой группе примесей воды относятся взвешенные в воде вещества (от высокодисперсных взвесей до крупных частичек), а также бактериальные взвеси и другие биологические загрязнения. Удалять такие примеси можно механическими методами с помощью песколовок, сит, в отстойниках, гидроциклонах и фильтрах путем фильтрации через слои зернистого материала (песок, антрацит, керамзит, горелые породы, полистирол и т. д.). Фильтры задерживают до 90 % загрязнений.

Вторую группу примесей представляют разные типы гидрофильных и гидрофобных коллоидных систем, высокомолекулярные вещества, способные в зависимости от условий менять свою агрегативность. Их можно удалять из воды различными методами и технологическими приемами. Например, обработкой воды коагулянтами, флокулянтами, известью, а также хлором, озоном и другими окислителями. Для устранения примесей второй группы эффективны адгезия и адсорбция их на гидроксидах алюминия и железа.

Для третьей группы примесей, являющихся молекулярными растворами, наиболее эффективные процессы, обеспечивающие их удаление из воды, – аэрирование, окисление, адсорбция [2].

Для четвертой группы примесей, представляющих собой электролиты, технология очистки воды сводится к связыванию реагентами ионов, подлежащих устранению, в малорастворимые соединения. Данный метод основан на химической теории образования и растворения осадков, при этом выбор останавливается на реагенте, образующем соединение с наименьшим значением константы растворимости (произведения растворимости). При выборе реагентов целесообразно исходить из произведения растворимости образующихся соединений.

Очистку воды от ионов растворенных веществ осуществляют методом экстракции. Закон Нернста – Шилова – теоретическая основа экстракции – метода извлечения одного из компонентов раствора с помощью растворителя, не смешивающегося с раствором.

В других случаях для удаления ионов целесообразно использовать направленное движение ионов через мембрану в электрическом поле (электродиализ).

Таким образом, примеси или взвешенные частицы, которые могут находиться в воде, могут быть классифицированы по их дисперсности. Каждому фазово-дисперсному состоянию примесей соответствует характерная совокупность методов воздействия, приводящая к требуемым качественным показателям воды.

Список литературы

1 **Кудина, Е.Ф.** Волокнистые материалы в технологиях очистки воды / Е.Ф. Кудина, С.Ю. Коновалов // Актуальные научно-технические и экологические проблемы сохранения среды обитания : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 55-летию Брест. гос. техн. ун-та и 50-летию ф-та инженерных систем и экологии ; редкол. : А.А. Волчек [и др.] ; науч. ред. А.А. Волчек, О.П. Мешик. – Брест : БрГГУ, 2021. – С. 195–202.

2 **Кудина, Е.Ф.** Применение волокнистых материалов в технологиях очистки воды / Е.Ф. Кудина // Водоснабжение, химия и прикладная экология : материалы Междунар. науч.-практ. конф.; редкол.: Е.Ф. Кудина [и др.]. – Гомель : БелГУТ, 2021. – С. 42–47.

WATER PURIFICATION METHODS BASED ON THE CLASSIFICATION OF IMPURITIES BY THE PHASE-DISPERSION STATE

S.V. DEMKOV

Belarusian State University of Transport, Gomel

ВЛИЯНИЕ ПЕРИОДОВ УВЛАЖНЕНИЯ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Р.Ю. ДОЛОМАНИУК

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

Бетон давно получил широкое распространение в строительстве различных зданий и сооружений. Широкое применение бетона в строительстве обусловлено большими возможностями, которые предоставляет этот материал строителю.

Применяя различные цементы и устанавливая величину водоцементного отношения, можно получать в широких пределах желаемую прочность бетона; соответствующим выбором заполнителей и их состава достигается изменение его средней плотности (объемной массы).

Подбирая цементы, заполнители, химические и минеральные добавки, можно получать бетоны различной стойкости и долговечности в любых условиях эксплуатации, включая воздействие агрессивных сред.

Степень агрессивного воздействия на бетонные и железобетонные конструкции определяется: для жидких сред – наличием и концентрацией агрессивных агентов, температурой, напором или скоростью движения жидкости у поверхности; газовых сред – видом и концентрацией газов, растворимостью их в воде, влажностью и температурой среды; твердых сред (соли, аэрозоли, пыли) – дисперсностью, растворимостью в воде, влажностью окружающей среды.

Цель работы – анализ длительности и периодичности природного увлажнения железобетонных элементов на скорость карбонизации бетона.

В Беларуси преобладает умеренно континентальный климат с частыми атлантическими циклонами; с мягкой и влажной зимой, теплым летом, сырой осенью. Средняя температура изменяется в зависимости от регионов Беларуси от 7,4 °С на юго-западе до 4,4 °С на северо-востоке. Средняя температура января колеблется от минус 4–8 °С, июля – от плюс 17–19 °С [1].

Годовое количество атмосферных осадков составляет 550–650 мм на низинах и 650–750 мм на равнинах и возвышенностях. 70 % осадков в виде дождя выпадает в апреле – октябре. Количество снежных дней в Беларуси от 75 на юго-западе до 125 на северо-востоке. Максимальная высота снежного покрова соответственно от 15 до 30 см.

Суммарное испарение с севера на юг страны за май – октябрь для центральной и южной частей имеет среднее значение 375 мм [2]. Рассчитывая по формуле, получаем

$$K_y = \frac{R}{E} = \frac{650}{375} = 1,73,$$

где K_y – коэффициент увлажнения; R – среднегодовое количество осадков, мм; E – величина испаряемости (количество влаги, которое может испариться с водной поверхности при данной температуре), мм.

Наибольшие показатели скорости карбонизации железобетонных конструкций регистрируются при коэффициенте влажности воздушной среды на уровне 50–60 %. Пленочная влага, наполняющая поры поверхности бетонной конструкции, по мере увеличения создает условия для негативных реакций. В то же время микрокапиллярные поры материала к этому моменту не должны быть заполнены. И, напротив, относительная влажность порядка 25 % практически исключает процесс карбонизации по причине недостатка влаги. Верхний же предел, близкий к 100 %, тоже неблагоприятен к данной химической реакции. Связано это с тем, что в микропорах идут процессы капиллярной конденсации пара, снижающие возможность диффузной проницаемости.

Установлено, что коэффициент влияния влажности в течение времени от глубины карбонизации снижается 0,4 до 0,08 мм и имеет тренд логарифмической зависимости со степенью достоверности 0,98 коэффициента аппроксимации.

Таким образом, анализ экспериментальных данных по глубине карбонизации бетонных конструкций показывает, что влияние окружающей среды на бетон изменяется с метоположением элементов в конструкции [4]. Установлено, что природное увлажнение железобетонного элемента снижает скорость карбонизации.

Список литературы

1 Охрана окружающей среды в Респ. Беларусь : статический сб. ; редкол. : И.В. Медведова (пред.) [и др.]. – Минск : Нац. статистический комитет Респ. Беларусь, 2017. – 235 с.

2 **Волчек, А.А.** Суммарное испарение на территории Беларуси и его прогнозные оценки / А.А. Волчек, Д.Н. Дашкевич // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2012. – № 2. – С. 23–27.

3 Справочник по климату Беларуси. Осадки / Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды; Гос. климатический кадастр (Ч. 2). – Минск, 2017. – 64 с.

4 **Васильев, А.А.** Исследование влияния природного увлажнения на скорость карбонизации бетона / А.А. Васильев, В.Н. Прохоренко // Строительство и восстановление искусственных сооружений : материалы Междунар. науч.-техн. конф. Ч. 1 ; под общ. ред. А. М. Куксо. – Гомель : БелГУТ, 2018. – 323 с.

5 Прочность, трещиностойкость и долговечность конструкционного бетона при температурных и коррозионных воздействиях : [монография] / под ред. С. Н. Леонovichа. – Минск : БНТУ, 2016. – 204 с.

DEPENDENCE OF HUMIDIFICATION PERIODS ON THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF REINFORCED CONCRETE ELEMENTS OF SEWAGE TREATMENT PLANTS

R.U. DOLOMANUYK

Belarusian State University of Transport, Gomel

УДК 628.1

ОЦЕНКА РАБОТЫ ВТОРИЧНЫХ ОТСТОЙНИКОВ

О.Н. ДРОЗД

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель,
olga_drozd01@mail.ru*

Очистка сточных вод в биореакторах с активным илом в зависимости от работы вторичных отстойников. Вторичные отстойники должны обеспечивать эффективное осаждение иловой смеси и ее возврат в биореактор (аэротенк) [1]. В то же время очищенная вода из вторичных отстойников должна содержать минимальное количество взвешенных веществ перед сбросом в водоем или перед поступлением на сооружения доочистки и обеззараживания. От их работы зависит эффективность очистки системы в целом.

Целью работы является определение параметров, позволяющих контролировать работу вторичных отстойников.

Для оценки работы вторичных отстойников используются следующие показатели: гидравлическая нагрузка на поверхность отстойников, концентрация и вынос взвешенных веществ в очищенной воде, концентрация возвратного ила и влажность осадка, уровень стояния ила в отстойнике, доза ила в аэротенках, иловый индекс [1, 2]. Также можно использовать показатель нагрузки по сухому веществу на поверхность вторичных отстойников.

На эффективность работы вторичных отстойников влияют:

– гидродинамические потоки – вторичные отстойники более чувствительные к нагрузкам по объему и неравномерности притока сточных вод, чем первичные, так как они более нагружены из-за циркулирующего потока возвратного ила, а он является более подвижным и легче загнивающим осадком, чем сырой;

– тип применяемых отстойника и системы сбора осадка;

– характеристики активного ила (зольность, седиментация, флокуляция) и биологические процессы (денитрификация, гниение и др.).

На рисунке 1 представлен вторичный отстойник в технологической схеме очистной станции с производительностью 129300 м³/сут.

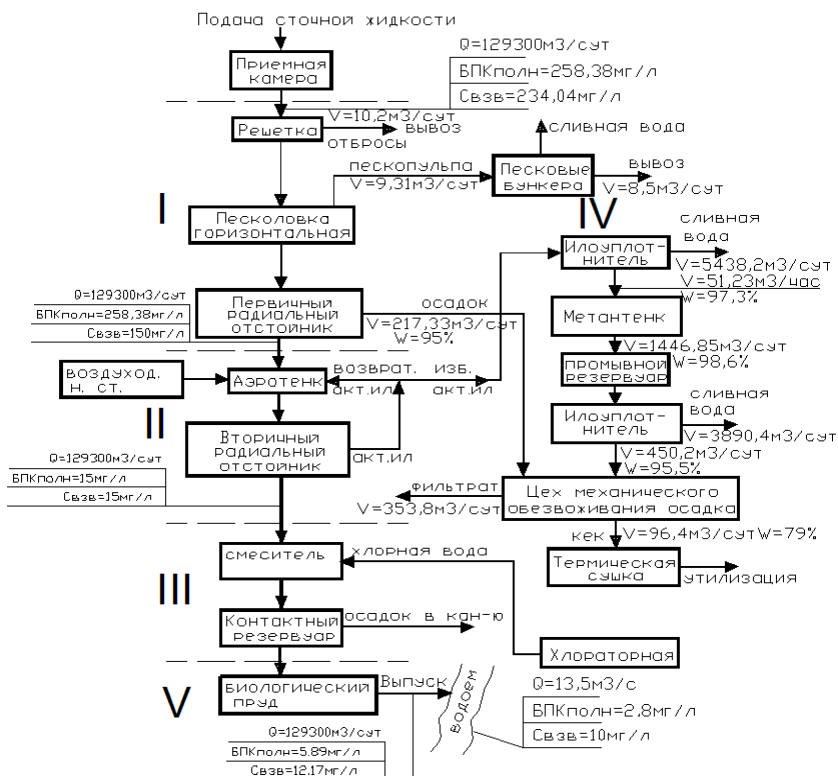


Рис. 1

- I - сооружения механической очистки
- II - сооружения биологической очистки
- III - сооружения для дезинфекции
- IV - сооружения по обработке осадка сточных вод
- V - сооружения доочистки сточных вод

Рисунок 1 – Вторичный отстойник очистной станции

При неравномерности притока сточных вод угрозу для работы вторичных отстойников представляет нарушение седиментационных свойств активного ила. Чем больше коэффициент неравномерности притока сточных вод на сооружениях, тем меньшие значения илового индекса должны поддерживаться или применяться более совершенные конструкции отстойников. Однако на практике эти требования часто не реализуются. Большой коэффициент неравномерности притока характерен для небольших сооружений. Вследствие недостатка биогенов в очищаемых сточных водах на таких сооружениях наблюдаются неудовлетворительные седиментационные свойства активного ила.

Осаждаемость активного ила во вторичных отстойниках может быть недостаточной в случаях, когда в сточных водах, поступающих на обработку высока доля инертных к биохимическому окислению загрязняющих веществ, поступающих от промышленных предприятий, характеризуемых показателем ХПК:

- низким содержанием органических веществ в фильтрованной пробе;
- нехваткой азота или фосфора;
- присутствием в большом количестве токсикантов: металлов, органических веществ, пестицидов, нефтепродуктов и т. п.;
- повышением кислотности сточных вод.

Все перечисленные факторы будут создавать угрозу развития вспухания активного ила.

Сточные воды во вторичных отстойниках находятся, как правило, несколько дольше, чем в первичных, их время отстаивания составляет от 1,5 до 2,5 ч. В отличие от сырого осадка активный ил более чувствителен к слеживанию и его время нахождения во вторичных отстойниках не должно быть более 30–40 мин, что требует применения более совершенной системы сбора и откачки ила со дна отстойника и из приямков. Активный ил в отстойниках наиболее подвержен процессу гниения в уплотненном слое, где создаются практически анакисидные условия.

Высота уплотненного слоя в отстойнике, в зависимости от режима отгрузки осадка, может составлять от 0,2 до 2,0 м в вертикальных отстойниках и от 0,5 до 1,0 м в радиальных. В процессе эксплуатации вторичных отстойников важно установить и поддерживать оптимальную высоту слоя стояния ила. В зимний период высота слоя ила может составлять 25 % от глубины отстойника, а в летний – не более 10 %.

При накоплении ила в отстойниках и превышении оптимальной высоты слоя стояния ила, уменьшается влажность возвратного ила, но увеличивается его концентрация, что может способствовать избыточному выносу взвешенных веществ. Частый выпуск избыточного ила из отстойника и чрезмерно активная циркуляция возвратного ила приводят к повышению влажности избыточного ила, что увеличивает необходимые объемы сооружений по обработке и утилизации осадка. Своевременность удаления осадка во вторичных отстойниках контролируется по уровню уплотненного слоя с помощью специальных датчиков с фотоэлементами или эрлифтов.

Оптимальный уровень стояния осадка можно контролировать по значениям дозы возвратного ила. При дозе возвратного ила 4–6 г/дм³ вынос взвешенных веществ из вторичных отстойников составляет около 15 мг/дм³, при дозе возвратного ила выше 6 г/дм³ вынос увеличивается от 15 до 20 мг/дм³. Существенное увеличение выноса взвешенных веществ из

вторичных отстойников (до 40 мг/дм³) происходит при достижении концентрации возвратного ила 8 г/дм³, которая, по-видимому, является пороговой для типовых сооружений, очищающих городские сточные воды. На каждом очистном сооружении следует экспериментально установить оптимальную дозу возвратного ила, при которой максимально возможное количество ила возвращалось бы в систему очистки при обеспечении минимального выноса взвешенных веществ из вторичных отстойников.

Система удаления ила из вторичных отстойников должна предусматривать работу в условиях ежедневных пиковых нагрузок.

Влажность возвратного ила может изменяться от 99,2 до 99,7 %, что соответствует содержанию сухого вещества в иле от 3 до 8 г/дм³. Результаты определений влажности и сухого вещества возвратного ила должны соответствовать друг другу, что является косвенной проверкой правильности выполненных измерений.

Таким образом, при оценке работы вторичных отстойников необходимо контролировать неравномерность притока сточных вод, чтобы предотвратить угрозу неудовлетворительной работы сооружения и нарушения седиментационных свойств активного ила. Необходимо контролировать долю инертных к биохимическому окислению загрязняющих веществ, чтобы осаждаемость активного ила была достаточной. Пребывание активного ила должно быть не более 30–40 минут, для этого требуется применение совершенной системы сбора и откачки ила. В процессе эксплуатации вторичных отстойников важно установить и поддерживать оптимальную высоту слоя стояния ила и его выпуск, так как от этого зависит влажность возвратного ила. Оптимальный уровень можно контролировать по значениям дозы ила, поэтому следует экспериментально устанавливать оптимальную дозу ила на каждом очистном сооружении. Результаты определений влажности и сухого вещества возвратного ила должны соответствовать друг другу.

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 **Кудина, Е.Ф.** 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.

EVALUATION OF THE WORK OF SECONDARY SETTLING TANKS

O.N. DROZD

Belarusian State University of Transport, Gomel

ЭКОЛОГИЧНОСТЬ В СФЕРЕ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ, РАЗРУШЕНИЕ СТЕРЕОТИПОВ О ИХ ВРЕДЕ ДЛЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

К.В. ДУБОВИК, А.Е. БАЩАРИМОВ

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

Природные ресурсы, составляющие основу производства топлива для автомобилей, исчерпаемы. Это значит, что наступит время, когда нечем будет заправлять автомобили. Пока нас уверяют, что это время наступит не скоро. Однако стремительный рост автомобильного транспорта в мире заставляет усомниться в этом. Ярким примером автомобилей с альтернативным источником энергии служат электромобили и автомобили с комбинированными двигателями [1].

Цель работы – проведение сравнительного анализа влияния на окружающую среду электромобилей и автомобилей с типичным источником топлива.

Преимущества электромобилей перед традиционными в полном отсутствии выхлопных газов или малой их доле и низкой себестоимости «топлива». К преимуществам можно отнести более простую конструкцию электромобилей и, как следствие, более низкую стоимость запчастей.

К примеру, за весь жизненный цикл дизельный автомобиль выбрасывает в среднем 206,1 г углекислого газа на километр пути, электромобиль за свой жизненный цикл выбрасывает 89,1 г углекислого газа на километр [2].

Ряд скептиков считает, что электромобили не так экологичны, как хотят казаться. Они потребляют энергию, а чтобы ее получить, необходимо сжечь ископаемое топливо (нефть, газ или уголь). Значит, парниковые газы выбросит не двигатель машины, а труба электростанции.

Но «чистота» электромобиля напрямую зависит от источника энергии для подзарядки. Если его питает гидроэнергетика, ветрогенераторы или солнечные батареи, то объем выбросов углекислого газа будет многократно ниже по сравнению с обычным автомобилем. Кроме того, сами аккумуляторные батареи можно подзаряжать во время движения от генератора.

Много споров ходит о том, что аккумуляторы нужно часто менять, а это вредно для природы. Если в обычных автомобилях аккумулятор служит в среднем пять лет (гарантия производителя обычно только два года), то у электромобилей, как уверяют производители, существенно дольше.

К примеру, на зарубежных рынках Volvo дает гарантию на батарею в электромобиле Volvo C40 Recharge на восемь лет или 160 000 км пробега.

В Беларуси и России срок гарантии составит пять лет или 100 000 км пробега [3, 4].

При утилизации обычного автомобиля необходимо переработать аккумулятор, свечи, мотор, коробку передач, наполняющие их жидкости и т. д., в случае электрокаров – аккумуляторные батареи и электродвигатели. Ученые из Бирмингемского университета (Великобритания) в журнале Nature в 2019 г. высказывались о проблеме утилизации литий-ионных аккумуляторов электромобилей. Но сегодня литий-ионные аккумуляторы являются вторичным сырьем для производства батареек.

Таким образом, на текущей стадии развития технологий электрические авто обладают рядом бесспорных преимуществ по сравнению с бензиновыми и дизельными автомобилями, а в будущем они будут только усиливаться.

Список литературы

- 1 Электромобиль / В.А. Щетинина [и др.]. – М. : Машиностроение, 1987. – 253 с.
- 2 Ютт, В.Е. Электромобили и автомобили с комбинированной энергоустановкой. Расчет скоростных характеристик : учеб. пособие / В.Е. Ютт, В.И. Строганов. – М. : МАДИ, 2016. – 108 с.
- 3 Environmental aspects of the electric car [Electronic resource]. – Mode of access : https://en.wikipedia.org/wiki/Environmental_aspects_of_the_electric_car. – Date of access : 03.02.2022.
- 4 Невзорова, А.Б. Сравнительная оценка затрат транспорта при использовании автомобильных топлив и электроэнергии / А.Б. Невзорова, А.А. Михальченко // Транспорт в интеграционных процессах мировой экономики : материалы Междунар. науч.-практ. онлайн-конф. ; под ред. В.Г. Гизатуллиной. – Гомель, БелГУТ, 2020. – С. 42–43.

ECOLOGY IN THE ELECTROMOBILES SPHERE, BREAK STEREOTYPES ABOUT THEIR HARM FOR THE ENVIRONMENT

K.V. DUBOVIK, A.E. BASHARIMOV

Belarusian State University of Transport, Gomel

УДК 551.4

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

К.В. ДУБОВИК, А.Е. БАШАРИМОВ

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

Проблема очистки промышленных сточных вод и подготовки воды для технических и хозяйственно-питьевых целей с каждым годом приобретает

все большее значение. Сложность очистки связана со значительным разнообразием примесей в сточных водах [1].

Сегодня проблема сокращения отходов также тесно связана с вопросами устойчивого экономического развития в условиях постоянно растущего спроса на сырье при одновременном сокращении доступных запасов и конечной исчерпаемости природных ресурсов. Во всем мире возникает все большая заинтересованность в охране окружающей среды, обеспечении устойчивого развития стран и регионов. Это обусловлено глобальными нарушениями экологических условий и ухудшением свойств природной среды.

Несмотря на огромное количество разработанных технологий обезвреживания, регенерации ценных компонентов и утилизации отходов, в странах Европы в настоящее время вторичному использованию подлежит в среднем не более 50 % всех образующихся малотоксичных отходов. Наибольший интерес вызывают отходы производства, которые возможно применять в различных процессах как вторичное сырье. Одним из направлений вторичного использования отходов промышленности является их переработка и производство новых материалов [2, 3]. В этом случае решается сразу две задачи: очистка сточных вод и утилизация отходов предприятий. При выборе сорбционного материала большое внимание уделяется его сорбционным характеристикам. Интенсивно изучается сорбционная способность древесной стружки и опилок, отходов растениеводства, образующихся в процессе деятельности лесных и сельскохозяйственных предприятий в больших количествах. В ходе многих научных исследований установлено, что шелуха, олоплодники, солома сельскохозяйственных культур, древесные опилки и стружка, лигнин обладают достаточно хорошей нефтеемкостью. Отходы древесной промышленности обладают более пористой структурой, меньшей пластичностью, гидрофильны. Сорбция нефтепродуктов происходит как на поверхности, так и внутри пор. Отходы растениеводства гидрофобны, структура менее пористая. Вероятнее, сорбция происходит на поверхности. При изучении сорбционных свойств нескольких природных сорбентов и отходов промышленности определено, что нефтеемкость опилок в 1,5 раза выше относительно лигнина, торфа и керамзита. Опилки являются многотоннажным отходом лесоперерабатывающей промышленности. Основной проблемой, связанной с использованием природных материалов в качестве сорбентов, является недостаточно выраженная сорбционная способность этих материалов. Решение данной проблемы лежит в модификации такого материала – улучшении его сорбционных свойств и, следовательно, эффективности его использования. Опилки хорошо и быстро впитывают как нефть и нефтепродукты, так и влагу, но для повышения сорбционной активности необходимо предусматривать дополнительную модификацию их поверхности [4, 5].

На эффективность природных сорбентов влияет наличие функциональных групп на поверхности сорбента, пористость и морфология поверхности. Модифицирование проводится с целью направленного регулирования свойств природного сорбента: позволяет изменить физическую и химическую поверхность, увеличить его пористость и площадь межфазной поверхности раздела.

Технология водоочистки в фильтрах с песчаной засыпкой повторяет природный механизм, когда вода с поверхности просачивается сквозь слой песка и очищается от значительной части вредных примесей. В водоочистных установках кварцевый песок для фильтрации воды засыпается в прочный корпус, стойкий к коррозии и действию химически агрессивных сред.

Вода подается насосом и при избыточном давлении проходит через песчаную засыпку крупностью 0,4–0,8 мм. Фракция такого размера обеспечивает достаточную скорость фильтрации, а также полную или частичную очистку от ряда загрязнений.

Использование отходов цветной металлургии для очистки сточных вод: этот способ очистки сточной воды включает ее пропускание с предварительным введенным воздухом через загрузку из смеси металлической стружки и кокса при их перемешивании, при этом очистка осуществляется в две стадии с загрузкой кокса-железа на первой стадии и с полислоистым покрытием гальванопары из алюминия-графита или пирролизита – перфорированной пластины из нержавеющей стали – на второй стадии в присутствии восстановителя и отделением твердой фазы в отстойнике с гофрированными пластинами. Изобретение позволяет повысить эффективность очистки сточных вод от ионов цветных металлов, грубодисперсных примесей, увеличить производительность процесса.

В результате проделанной работы можно сделать следующие выводы, что разнородный состав загрязнений предусматривает применение различных методов, способов и технологических новаций очистки сточных вод. Новейшее развитие технологий и достижения науки направлены на поиск наиболее перспективных решений с целью оптимально задействовать местные материальные ресурсы в вовлечь в оборот потерявшие свои первоначальные свойства материалы (получившие статус отходов).

Список литературы

1 **Новикова, О. К.** Технология очистки сточных вод : учеб. пособие / О. К. Новикова. – Гомель : БелГУТ, 2020. – 302 с.

2 **Горелая, О.Н.** Магнитный сорбент из отходов водоподготовки для удаления нефтепродуктов из водных сред / О.Н. Горелая, Н.Л. Будейко, В.И. Романовский // Вестник Полоцкого государственного университета. Сер. Ф. Строительство. Прикладные науки. – 2020. – № 16. – С. 52–57.

3 **Лотош, В.Е.** Переработка отходов производства / В.Е. Лотош. – Екатеринбург: УРГУОС, 2002. – 426 с.

4 **Кудина, Е.Ф.** Применение волокнистых материалов в технологиях очистки воды / Е.Ф. Кудина // Водоснабжение, химия и прикладная экология : материалы Междунар. науч.-практ. конф. ; редкол. : Е.Ф. Кудина [и др.]. – Гомель : БелГУТ, 2021. – С. 42–47.

5 **Вострова, Р.Н.** Производство топливных брикетов на основе осадков сточных вод городских очистных сооружений / Р.Н. Вострова, Д.В. Макаров // Вестник Брестского государственного технического университета. Сер. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2012. – № 2. – С. 43–45.

PROSPECTS FOR USE OF PRODUCTION WASTE FOR WASTEWATER TREATMENT

K.V. DUBOVIK, A.E. BASHARIMOV

Belarusian State University of Transport, Gomel

УДК 628.11:004.94

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИОРИТЕТНОСТИ РЕМОНТА ТРУБОПРОВОДОВ ГОРОДСКОЙ СЕТИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

А.В. ЕВДОКИМОВА, К.В. ЖУРО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель,

Поддержание высокой работоспособности систем водоснабжения и водоотведения (т. е. своевременное и эффективное техническое обслуживание, ремонт и реконструкция трубопроводов и оборудования) остается для городских коммунальных служб приоритетным [1].

Находящиеся в эксплуатации водопроводные и водоотводящие трубопроводы подвергаются как естественному старению, так и преждевременному износу, что требует их восстановления или санации. Восстановление предполагает проведение ремонтных работ на всем протяжении поврежденного участка трубопровода, а санация – проведение пространственно ограниченных ремонтно-восстановительных работ на отдельных участках трубопроводов, включая сооружения и арматуру на сети (колодцы, задвижки и т. д.). В результате санации участку трубопровода придается требуемая механическая прочность, полное восстановление структуры (отсутствие дефектов по длине труб и в местах стыковок) и соблюдение проектной пропускной способности (установленных гидравлических параметров). В свою очередь, под восстановлением структуры трубопровода следует понимать ликвидацию дефектов:

- структурных (например, свищей, сквозных отверстий, микротрещин и других повреждений, которые провоцируют экс- и инфильтрацию);
- вызванных некачественным монтажом труб при их укладке в траншеи (например, деформаций труб);

– вызванных временными факторами (например, старением) и неудовлетворительной эксплуатацией системы водоснабжения и водопроводных сетей (например, появлением ржавчины на внутренних стенках труб, биообрастаний, бугристых наростов в виде уплотненных окислов железа, марганца и извести, инородных включений, проникающих в трубопроводы при любом вмешательстве извне, – сварке, ремонте и замене запорно-регулирующей арматуры и т. д.).

Под отказом участка трубопровода понимается событие, заключающееся в нарушении его работоспособности, при котором необходимо отключение трубопровода на ремонт с выполнением раскопочных работ [2].

Отказы трубопроводов возникают из-за ряда причин:

– неправильного выбора материала труб для конкретных условий строительства, класса их прочности, отвечающего фактическим внешним и внутренним нагрузкам, воздействующим на трубопровод;

– несоблюдения технологии производства работ по укладке и монтажу трубопроводов;

– отсутствия необходимых мер по их защите от агрессивного воздействия внешней и внутренней среды;

– неправильного выбора типа трубопроводной арматуры и других факторов.

Нарушения работы трубопроводов городской водопроводной сети, препятствующие нормальному выполнению заданных функций, обуславливаются различными случайными событиями. Единственным путем оценки возможности появления таких событий, закономерностей их возникновения и повторения являются сбор и обработка статистических сведений по эксплуатации сети. Эти сведения позволяют установить численно вероятность возникновения случайных событий, которые могут привести к отказу участка трубопровода и нарушению нормального функционирования сети в целом.

Решение о необходимости восстановления (санации) или обновления (перекладки) конкретного участка трубопровода должно приниматься на основании оценки технической и экономической целесообразности дальнейшей эксплуатации участка трубопровода и с учетом опыта эксплуатации.

Анализ электронной планшетной карты аварийности трубопроводов городской водопроводной сети позволяет выбрать планшет с максимальной аварийностью трубопроводов.

В пределах планшета функционирование базы данных позволяет выполнить ранжирование участков трубопроводов по приоритетности их восстановления и сформировать списки и паспорта потенциальных объектов восстановления, т. е. участков трубопроводов городской водопроводной сети от колодца до колодца.

Необходимо отметить, что выбор характерных для городов первоочередных объектов восстановления (санации) протяженной водопроводной сети в условиях эксплуатации, значительная часть трубопроводов, которых, как пра-

вило, исчерпала нормативный срок службы и имеет высокий риск возникновения аварий, является сложной многофакторной задачей. Для ее решения может использоваться математический аппарат (теории графов) и методы математической статистики.

Современная концепция подхода к определению первоочередного объекта реабилитации трубопроводов городской водопроводной сети базируется на выделении и количественном и качественном определении приоритетного базового (основного) фактора, которым служит его надежность, а также комплексной оценки значительного количества косвенных факторов, влияющих на показатели надежности участков трубопроводов в реальных условиях эксплуатации [3].

К основным косвенным факторам, влияющим на уровень надежности трубопровода и, следовательно, на риск возникновения его отказа, относятся: год укладки трубопровода; диаметр трубопровода (в том числе толщина стенок); наличие защиты от электрокоррозии; гидравлические характеристики (скорость, коэффициент гидравлического трения); давление (напор) воды; глубина заложения трубопровода; качественные показатели транспортируемой воды; тип (характер) грунтов; наличие подземных вод; интенсивность транспортных и пассажиропотоков вблизи объекта потенциальной реновации водопроводной сети; плотность населения вблизи объекта потенциальной реновации и другие.

Влияние косвенных факторов на базовый, к которому отнесена надежность участка трубопровода. Определение их рангов приоритетности по балльной системе производится с помощью математической модели (теории графов) посредством составления матриц доминирования, устанавливающих общую связность (т. е. наличие или отсутствия связей вершин графа) всех элементов системы с учетом множества возможных сочленений и выявлении ранга доминирования или значимости. При этом значимость каждого из описанных факторов определяется количеством связей с подобными ему из числа перечисленных и основным фактором.

Таким образом, приоритетными среди выбранных на первом этапе потенциальных участков трубопроводов для проведения восстановительных работ будут считаться те участки сети, где суммы баллов составляют максимальные значения. Данной процедурой завершается второй этап, который позволяет сузить рамки исходной многофакторной задачи, обобщив всю имеющуюся информацию по косвенным факторам и выделив ограниченное число потенциальных для восстановления, т. е. неблагоприятных в техническом отношении участков.

Список литературы

1 Невзорова, А.Б. Определение физического износа систем водоснабжения зданий 1990-х годов постройки / А.Б. Невзорова // С.О.К. Сантехника. Отопление. Кондиционирование. – 2021. – № 10. – С. 25–27.

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

3 **Москвитин, Б.А.** Оборудование водопроводных и канализационных сооружений / Б.А. Москвитин, Г.М. Мирончик, А.С. Москвитин. – М. : Стройиздат, 1984. – 200 с.

PRIORITIZATION OF REPAIR OF PIPELINES OF THE CITY WATER SUPPLY NETWORK

A.V. EVDOKIMOVA, K.V.ZHURO

Belarusian State University of Transport, Gomel

УДК 626.80:502.51

СБЕРЕЖЕНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

К.В. ЕФИМЧИК, Е.Ф. КУДИНА

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

Вода является основой жизни на Земле и необходимым компонентом жизнедеятельности человека. Однако (по данным ООН) [1, 2]:

- 1,1 миллиарда людей не имеют доступа к чистой питьевой воде;
- 2,2 миллиона людей в мире ежегодно умирают от недостатка питьевой воды и отсутствия должных санитарно-гигиенических условий;
- около 6000 детей погибают ежедневно от болезней, связанных с недостатком чистой питьевой воды;
- 90 % сточных вод в странах не подвергаются очистке.

Качество воды является в настоящее время основной проблемой. Причина тому – загрязнение, связанное с ростом ее промышленного и бытового потребления. Считается, что при увеличении населения в два раза потребление пресной воды возрастает в пять раз. Потребности в чистой воде стран Европы оцениваются в 306 млрд м³/г., а стран СНГ – 260 млрд м³/г. [1]. По данным Европейской комиссии ООН, государство, водные ресурсы которого на одного человека составляют менее 1500 м³, считается водообеспеченным. Удельная величина водообеспеченности на одного жителя России составляет 25400, Беларуси – 3300, Франции – 2900, Польши – 1400 м³.

Учитывая, что пресная вода является важным элементом жизни, устойчивое развитие любой страны требует рационального подхода к использованию ограниченных мировых ресурсов пресной воды. Экологические проблемы не имеют государственных границ. В настоящее время уже не обойтись без общепланетарных дискуссий для разработки эффективного плана действий по сохранению природной среды.

Цель работы – анализ условий сохранения водных ресурсов Республики Беларусь в условиях изменения климата.

Государственный контроль в области использования и охраны вод Республики Беларусь осуществляется посредством принятия ряда нормативных документов, во главе которых стоит Водный кодекс [3] – документ, регулирующий отношения, возникающие при владении, пользовании и распоряжении водами и направленный на создание условий для рационального использования и охраны вод, восстановления водных объектов, сохранения и улучшения водных экологических систем. Вторым важным документом в области сохранения водных ресурсов является Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 года [4]. В ней определена стратегическая цель в области сохранения водного потенциала страны, которая состоит в повышении эффективности использования и охраны водных ресурсов, улучшении их качества в соответствии с потребностями общества и возможным изменением климата. Анализ основных документов в области сохранения водного потенциала страны позволяет констатировать, что для достижения данной цели необходимы:

- минимизация загрязнения поверхностных водных объектов сточными, тальными и дождевыми водами с урбанизированных территорий и загрязняющими веществами с сопредельных территорий, прекращение отведения неочищенных сточных вод в водные объекты;

- увеличение мощности очистных сооружений;

- внедрение приборного учета забора, использования воды и сброса сточных вод в водные объекты;

- эффективное экологическое просвещение населения.

Приоритетными направлениями деятельности должны стать:

- внедрение прогрессивных водосберегающих технологий, обеспечивающих снижение удельного водопотребления, развитие систем оборотного и повторного водоснабжения;

- экономическое стимулирование сокращения сбросов в поверхностные водные объекты загрязняющих веществ в составе сточных вод;

- сокращение потерь и неучтенных расходов воды, в том числе при ее транспортировке к потребителям;

- использование подземных вод для питьевых нужд перед иным их использованием;

- совершенствование нормативной правовой базы использования и охраны водных ресурсов в соответствии с международной практикой;

- восстановление нарушенных водных экосистем;

- оценка влияния изменения климата на водные ресурсы.

Пресную воду в большинстве стран относят к категории стратегических ресурсов. По объемам потребления водные ресурсы в настоящее время пре-

восходят все остальные виды природных ресурсов вместе взятые. Мировой опыт свидетельствует, что кризисная ситуация с питьевым водоснабжением характерна практически для всех стран мира. Состояние многих водных объектов продолжает катастрофически ухудшаться, поэтому хозяйственное освоение новых водных объектов должно быть интегрировано с охраной экосистем, которые играют определяющую роль в водном цикле круговорота в природе.

Поверхностные и подземные воды территориально замкнуты и едины в пределах соответственно водосборных речных и подземных бассейнов, поэтому для управления ими следует использовать бассейновый подход, при котором возможно сбалансировать как качественные, так и количественные аспекты водопользования в управлении. Организация системы бассейнового управления в Республике с разработкой экономического механизма и инструментов управления является современной актуальной задачей [5].

Таким образом, анализ документов в области водных ресурсов Республики Беларусь показывает, что руководством страны принимаются все необходимые меры, позволяющие сохранить водные ресурсы для будущих поколений и не допустить ухудшение окружающей среды. Однако необходимо, чтобы каждый человек изменил отношение к потреблению воды, поскольку без этого никакие законы, природоохранные меры, штрафные санкции не смогут принципиально изменить ситуацию к лучшему.

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 **Кудина, Е. Ф.** 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 Водный кодекс Республики Беларусь № 149-3 : принят Палатой представителей 2 апреля 2014 г. : одобрен Советом Респ. 11 апреля 2014 г. // ЭТАЛОН. Законодательство Респ. Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2014.

4 Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 года: одобрен протоколом заседания Президиума Совета Министров Респ. Беларусь 2 мая 2017 г. № 10 // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2017.

5 **Калинин, М.Ю.** Об организации бассейнового управления по использованию и охране водных ресурсов в Республике Беларусь / М.Ю. Калинин // Водное хозяйство и интегрированное управление водными ресурсами в странах ВЕКЦА: проблемы и решения. – Ташкент, 2012. – С. 7–14.

CONSERVATION OF WATER RESOURCES OF THE REPUBLIC OF BELARUS

K.V. YEFIMCHYK, E.F. KUDINA

Belarusian State University of Transport, Gomel

МЕТОД СТАБИЛИЗАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ В МЕТАНТЕНКЕ

Л.В. ЖЕЛЕЗНЯКОВ, Е.Ф. КУДИНА

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель,
schelezn.leonid@yandex.ru*

В окрестностях крупных населенных пунктов Беларуси функционируют очистные сооружения. При очистке сточных вод на очистных сооружениях количество осадков составляет от 2 до 10 % от расхода поступающих вод. Ежегодно в Республике Беларусь при очистке образуется 180–197 тыс. тонн осадков. Используется в народном хозяйстве 4–5 % от общего объема [1–3]. В основном осадки сточных вод (ОСВ) складываются и хранятся на специальных иловых площадках очистных сооружений, что приводит к пагубным последствиям.

Для разрушения биологически разлагаемой части органического вещества осадков на диоксид углерода, метан и воду проводят процесс стабилизации [4, 5]. Стабилизацию осадка проводят при помощи микроорганизмов в анаэробных и аэробных условиях. Стабилизация проводится с целью предотвращения загнивания осадков для облегчения их захоронения или утилизации. Сущность стабилизации осадков заключается в изменении их физико-химических характеристик, при которых происходит подавление жизнедеятельности гнилостных бактерий. Актуальность поиска путей стабилизации, а в дальнейшем утилизации ОСВ обусловлена увеличением их объема в связи с ростом численности городского населения и увеличением количества сточных вод. Накапливаясь, ОСВ негативно воздействуют на окружающую среду.

Анаэробную стабилизацию осадков сточных вод проводят в метантенках [1, 4, 5]. Чаще всего в них сбраживается осадок первичных отстойников, или активный ил, или их смесь.

Анаэробное метановое сбраживание включает четыре взаимосвязанные стадии, осуществляемые различными группами бактерий:

- ферментативного гидролиза нерастворимых органических веществ с образованием более простых растворимых веществ;
- образования кислот с выделением короткоцепочечных летучих жирных кислот, аминокислот, спиртов, а также водорода и углекислого газа (кислотогенная стадия);
- ацетогенная с превращением летучих жирных кислот, аминокислот и спиртов в уксусную кислоту.
- метаногенная с образованием метана из уксусной кислоты, а также в результате восстановления водородом углекислого газа.

Различают три основные температурные зоны жизнедеятельности анаэробных микроорганизмов [1, 4, 5]:

- психрофильную – до 20 °С (оптимум – 15–17 °С);
- мезофильную – от 20 до 40 °С (оптимум – 32–35 °С);
- термофильную – от 50 до 70 °С (оптимум – 52–55 °С).

При мезофильном процессе для подогрева используется газ, полученный во время сбраживания. При термофильном сбраживании достигается полная дегельминтация осадка, тогда как в условиях мезофильных температур гибнет 50–80 % всего количества яиц гельминта. Биогаз, образующийся в процессе сбраживания, в основном используется для производства электроэнергии на ТЭЦ. Одновременно вырабатываемая тепловая энергия расходуется для нагрева загружаемого осадка и обогрева корпуса метантенка.

Режим сбраживания выбирается с учётом методов последующей обработки и утилизации осадков, а также санитарных требований.

При работе метантенков контролируются показатели:

- выхода и состава биогаза, в котором обычно содержится 60–65 % метана, 32–35 % диоксида углерода и некоторое количество водорода, сероводорода, азота и др.;
- степени распада органических веществ;
- содержания летучих жирных кислот, аммонийного азота и щелочности иловой воды;
- влажности и зольности загружаемого и сброженного осадков;
- реакции среды (рН).

Основными конструктивными элементами метантенков, выполняющими определенные технологические функции, являются системы:

- подачи и выгрузки стабилизированного осадка;
- подогрева;
- перемешивания бродящей массы;
- сбора и отвода выделяющего газа.

В процессе сбраживания осадков выделение газа происходит неравномерно. Для поддержания постоянного давления в газовой сети на тупиковых концах её устанавливают аккумулирующие газгольдеры. Мокрый газгольдер состоит из резервуара, заполненного водой, и колокола, перемещающегося на роликах по вертикальным направляющим. Вес колокола уравнивается противодействием газа.

Анаэробное сбраживание применяется в основном на средних и крупных очистных сооружениях. Для организации процесса сбраживания на крупных очистных сооружениях требуется примерно площадь $(25-35) \times (30-40)$ м².

Таким образом, метантенк – одно из сооружений стабилизационной обработки, которое уменьшает или вовсе уничтожает паразитарное влияние на осадок сточных вод. Большая влажность осадка после сооружения умень-

шается за счёт дополнительного оборудования. Стабилизационная обработка должна вводиться на очистных сооружениях для минимизирования воздействия негативных факторов на окружающую среду.

Список литературы

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

2 Экология справочник [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://tu-ecology.info/term/15709/>. – Дата доступа : 04.01.2022.

3 Институт радиобиологии НАН Беларуси [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.irb.basnet.by/>. – Дата доступа : 05.01.2022.

4 Буря, А.И. Вода – свойства, проблемы и методы очистки : [монография] / А.И. Буря, Е.Ф. Кудина – Днепропетровск : Пороги, 2006. – 520 с.

5 Кудина, Е.Ф. 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.

STABILIZATION TREATMENT METHOD IN A METHANETANK

L.V. ZHELEZNYAKOV, E.F. KUDINA

Belarusian State University of Transport, Gomel

УДК 663.18

ПОДГОТОВКА ПОДЗЕМНЫХ ВОД, СОДЕРЖАЩИХ ОРГАНИЧЕСКИЕ ПРИМЕСИ, ДЛЯ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Б.Н. ЖИТЕНЕВ, Е.С. РЫБАК

*Брестский государственный технический университет, Республика Беларусь,
gitenev@tut.by*

В Республике Беларусь значительная часть населения в сельской местности использует воду для питьевых целей из шахтных колодцев и неглубоких скважин. Во многих случаях с содержанием железа выше санитарной нормы 0,3 мг/л. Вместе с тем грунтовые воды в силу их питания содержат органические примеси в виде гуминовых и фульвовых кислот, в результате обезжелезивание такой воды упрощенной аэрацией замедляется в силу [1]:

– блокирования поверхности фильтрующей загрузки органической пленкой, при перманганатной окисляемости (ПО) > 3 мг О₂/л;

– при проникновении гуминовых кислот (ГК), фульвокислот (ФК) в подземные воды снижается окислительно-восстановительный потенциал вследствие того, что растворимость кислорода ниже, чем растворимость диоксида углерода;

– при снижении окислительно-восстановительного потенциала железо окисленное (Fe^{3+}) присутствует в растворимой форме, что затрудняет его извлечение;

– окисленное железо легко образует железоорганические комплексы: гуматы, фульваты;

– при увеличении концентрации фульвокислот в воде образуются устойчивые комплексы $\text{FeFR}(\text{OH})_2$, для деструкции которых требуется обработка окислителями, либо подщелачивание.

Цель работы – разработка высокоэффективной технологии подготовки подземных вод, содержащих органические примеси, для питьевого водоснабжения электрохимическим методом.

Литовские ученые исследовали процесс удаления железоорганических примесей из подземных вод реагентным методом. В качестве коагулянта использовался полиалюминий гидрохлорид: $(\text{Al}_2(\text{OH})_5\text{Cl})$, авторы отмечают, что дозой (в пересчете на Al^{3+}) 10–15 мг/л удаляются 98–99 % железоорганических примесей [1]. Проблема наличия железоорганических соединений в воде наиболее актуальна для потребителей систем индивидуального водопользования с забором воды из шахтных колодцев и скважин небольшой глубины. Применение реагентных методов очистки в этом случае затруднено, поскольку требуются реагентное хозяйство, устройства дозирования реагентов, отстойники или фильтры. Наиболее приемлемым вариантом является электрохимическая очистка с использованием растворимых алюминиевых электродов.

В результате проведенных экспериментов установлена высокая эффективность электрокоагуляции для обесцвечивания воды с органическими примесями. Дозой алюминия 3 мг/л цветность воды снижается с 38 до 20 градусов (рисунок 1). Электрокоагуляцией эффективно удаляются железоорганические соединения, дозой алюминия 3 мг/л массовая концентрация железа снижается с 0,65 до 0,3 мг/л (рисунок 2).

Предлагается технология подготовки подземных вод, содержащих органические примеси, для питьевого водоснабжения электрохимическим методом, включающая подъем воды из шахтного колодца (водозаборной скважины) насосом с пневмобаком, в дальнейшем вода разделяется на два потока: на хозяйственные и питьевые нужды. Вода для питьевых нужд подвергается электрохимической обработке в колбе с алюминиевыми электродами, затем осветляется на веревочном фильтре, проходит доочистку сорбцией и обеззараживание УФ-лампой.

Таким образом, в результате проведенных экспериментов установлена высокая эффективность электрокоагуляции для обесцвечивания воды с органическими примесями. Дозой алюминия 3 мг/л цветность воды снижается с 38 до 20 градусов.

Электрокоагуляцией эффективно удаляются железоорганические соединения, дозой алюминия 3 мг/л массовая концентрация железа снижается с 0,65 до 0,3 мг/л;

Предложена двухступенчатая технология подготовки воды для систем индивидуального пользования, установлены основные технологические параметры процесса электрокоагуляции (рисунок 3).

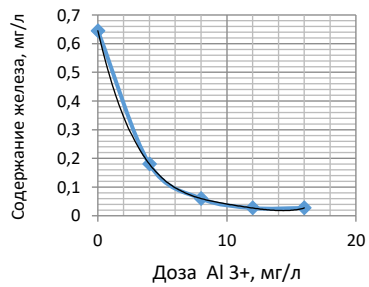
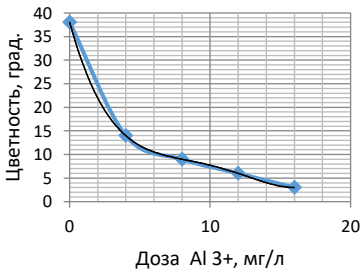


Рисунок 1 – Динамика обесцвечивания подземных вод, содержащих органические примеси, методом электрокоагуляции

Рисунок 2 – Динамика обезжелезивания подземных вод, содержащих органические примеси, методом электрокоагуляции

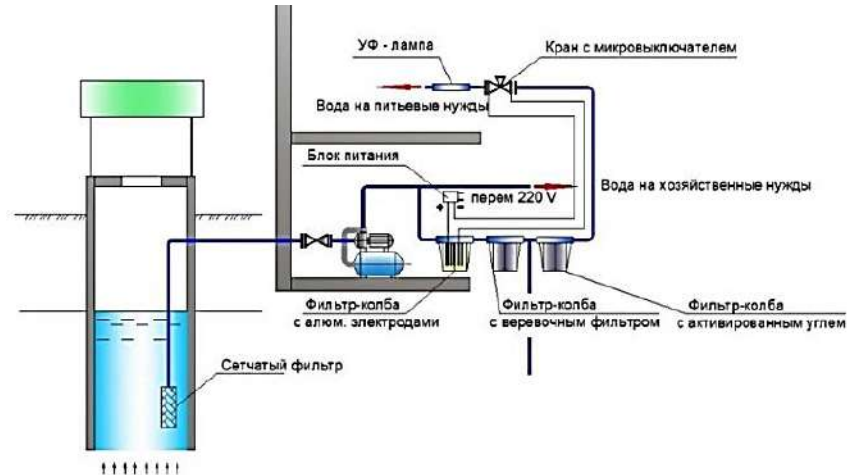


Рисунок 3 – Технологическая схема подготовки подземных вод, содержащих железоорганические примеси, для питьевого водоснабжения электрохимическим методом

Список литературы

1 **Ramune, Albrektiene.** The removal of iron-organic complexes from drinking water using coagulation process / Albrektiene Ramune, Rimeika Mindaugas, Lubyte Ernesta // The 8th International Conference. – Lithuania, 2011.

PREPARATION OF GROUNDWATER CONTAINING ORGANIC IMPURITIES FOR DRINKING WATER SUPPLY BY ELECTROCHEMICAL METHOD

B.N. ZHITENEV, E.S. RYBAK

Brest State Technical University, Republic of Belarus

УДК 628.38

ВАРИАНТЫ УТИЛИЗАЦИИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД ГОРОДА

Ю.В. ЖУКОВ

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель,
YuraZhukov003@yandex.by*

Количество осадков, выделяющихся при очистке сточных вод на современных очистных сооружениях, составляет от 2 до 10 % от расхода поступающих вод [1]. Ежегодно в нашей республике при очистке сточных вод образуется около 180–197 тысяч тонн осадков сточных вод по сухому веществу. 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 [2].

На очистных сооружениях города Гомеля в среднем в сутки образуется 6,5 т/сут сырого осадка влажностью 95 % и 28,6 т/сут избыточного активного ила влажностью 99,2 %, которые в течение длительного периода хранятся на иловых площадках общей площадью свыше 17,9 га. Длительное хранение осадков сточных вод на иловых площадках приводит к выделению неприятных запахов на прилегающие территории, а также к чрезмерному накоплению высохшего осадка.

Целью работы является выбор наиболее эффективного и экономически целесообразного метода обработки осадков сточных вод в городе Гомеле.

Для снижения отрицательного воздействия на окружающую среду от хранения ила на иловых площадках предложено две технологические схемы обработки (рисунки 1, 2).

Одним из эффективных методов обработки осадков сточных вод является схема с анаэробным сбраживанием, которая позволяет максимально использовать содержащиеся в осадке полезные ресурсы. При невозможности

использования осадка сточных вод в сельском хозяйстве, после анаэробного сбраживания его можно сжигать с выработкой энергии [1].

Процессы сбраживания осадков сточных вод проходят в мезофильных (33–37 °С) и термофильных (50–57 °С) условиях. Чем выше температура, тем быстрее происходят процессы брожения, поэтому термофильный режим в этом случае более производительный. Однако для того, чтобы использовать термофильный режим, необходимо поддерживать более высокую температуру, что повышает энергозатраты.

В большинстве установок анаэробного сбраживания осадков сточных вод используется мезофильный процесс анаэробного сбраживания (МАС). Этот метод привлекателен прежде всего тем, что в большинстве случаев он надежен, участие эксплуатационного персонала незначительно, что дает возможность уменьшить запах осадков и количество патогенных веществ в нем, сокращает объем осадка, подлежащего хранению, а также выделяет биогаз, который пригоден для выработки электроэнергии и тепла. Следует отметить, что с точки зрения выработки энергии МАС – один из самых эффективных методов обработки осадков, часто используемый как основная стадия обработки осадков для их дальнейшего использования в качестве удобрения при рекультивации, что обусловлено достаточно большим содержанием в них биогенных элементов.

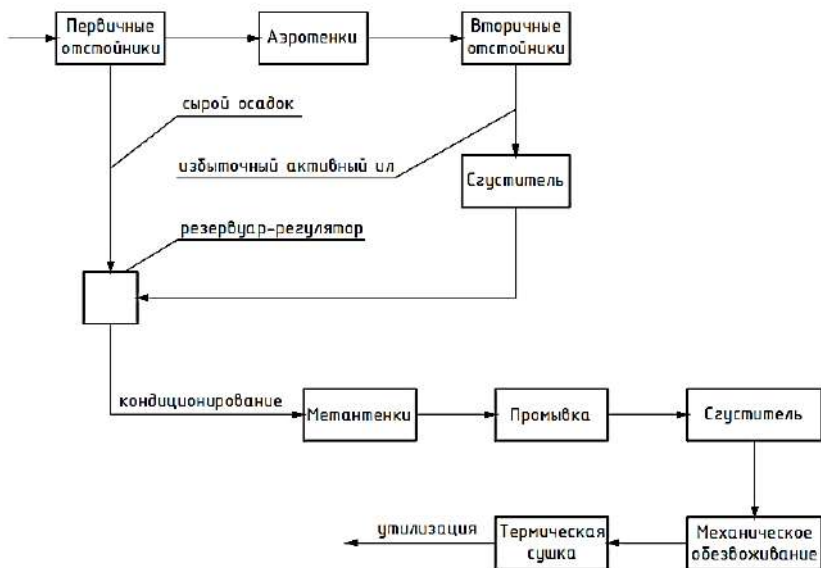


Рисунок 1 – Обработка осадков сточных вод с анаэробным сбраживанием

Несмотря на целый ряд достоинств, МАС не обеспечивает достаточного обеззараживания без его комбинирования с другими методами обработки осадков, которые могут как предшествовать МАС, так и применяться после него в зависимости от выбранного метода. Один из вариантов такого решения – предварительная обработка осадков, которая увеличивает способность осадков к сбраживанию [3].

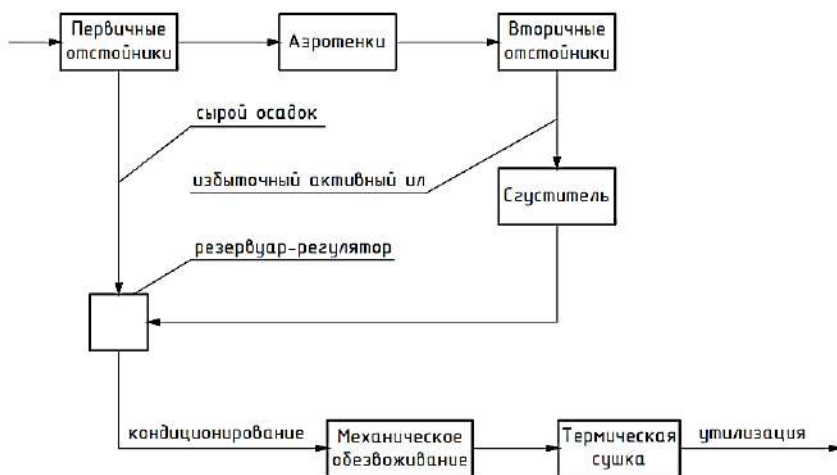


Рисунок 2 – Схема обработки осадков сточных вод с помощью механического обезвоживания и термической сушки

Данный метод нецелесообразно применять на гомельских очистных сооружениях в связи с высокой стоимостью комплекса по обработке осадков сточных вод с внедрением анаэробного сбраживания.

Для эффективной и экономически целесообразной обработки осадков сточных вод рекомендуется применять вторую технологическую схему по обработке осадков с помощью механического обезвоживания и термической сушки [4]. После термической сушки осадок представляет собой незагнивающий, свободный от гельминтов и патогенных микроорганизмов, сыпучий материал.

В результате обработки осадков на метантенках, а также при обезвоживании и сушке образуется иловая вода, в которой содержатся высокие концентрации азота, фосфора и взвешенных частиц. В связи с этим на очистных сооружениях должен быть внедрён ряд методов очистки иловой воды. Большинство методов направлено на снижение содержания азота, так как процесс очистки сточных вод чувствителен к высоким концентрациям азота [2].

Рассмотренные схемы обработки осадков сточных вод целесообразно рассматривать для внедрения на очистные сооружения в процессе реконструкции или модернизации с целью минимизации воздействия осадков на иловых площадках.

Список литературы

1 Новикова, О.К. Системы канализации малых населенных пунктов: текущая ситуация и проблемные аспекты / О.К. Новикова, А.Б. Невзорова // Труды БГТУ. Сер. Химические технологии, биотехнология, геоэкология. – 2020. – № 2 (235). – С. 183–188.

2 Анализ вариантов утилизации осадков сточных вод в соответствии с НДТ ЕС. – Минск : Минскводоканал, 2021. – 217 с.

3 Новикова, О. К. Обработка осадков сточных вод : учеб.-метод. пособие / О. К. Новикова. – Гомель : БелГУТ, 2015. – 96 с.

4 Анализ методов очистки иловых вод после обезвоживания осадка городских сточных вод / А.Л. Васильев [и др.] // Приволжский научный журнал. – 2020. – № 3. – С. 58–63.

5 Новикова, О.К. Технология очистки сточных вод : учеб. пособие / О. К. Новикова. – Гомель : БелГУТ, 2020. – 302 с.

OPTIONS FOR DISPOSAL OF SEWAGE SLUDGE IN THE CITY

Y.V. ZHUKOV

Belarusian State University of Transport, Gomel

УДК 612.223.3:626.81

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТА И СОЦИАЛЬНЫХ АСПЕКТОВ НА ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ В ЛИВАНЕ

A. ЗАРАКЕТ

Ливанский университет, Бейрут, zaraketahmad@gmail.com

Проблема эффективного управления водными ресурсами в экономической повестке ливанского руководства имеет высокую актуальность. Несмотря на большой потенциал водных ресурсов, их дефицит на национальном уровне всегда ощущался по совокупности причин: неэффективная система управления водными ресурсами, изношенная инфраструктура, недостаточное инвестирование в централизованную систему водоснабжения и, в последнее время, сильное воздействие климатических изменений.

Ливан известен как одна из немногих стран на Среднем Востоке с достаточным количеством воды [1]. Ливан окружают не только несколько больших рек, но вместе с тем также имеет самое высокое годовое количество осадков в регионе, в среднем 827 мм. Но особенно летом здесь мало воды для жителей. Основная проблема в том, что есть несколько мест для хранения воды.

Кроме того, большая часть питьевой воды Ливана стекает в Средиземное море. Эти проблемы также связаны с повышенным спросом на воду и негерметичной системой труб и резервуаров. Ливан нуждается в модернизированной сети водоснабжения, чтобы избежать хронической нехватки воды, прогнозируемой в 2022 году.

В последнее время в Ливане не только резко сократилось количество осадков, но и улучшение климата сказалось на количестве доступной воды. По оценкам, около 50 % осадков испаряется. В результате изменения климата температура повысилась, что означает, что больше воды теряется через эвапотранспирацию. Потеря воды, производимой дождем, происходит через эвапотранспирацию, затем создается более высокий спрос на орошение сельскохозяйственных угодий. В то время как сельское хозяйство больше всего пострадало от засухи, ожидается, что ливанские домохозяйства будут дополнительно нормировать воду с наступлением засушливого сезона.

Население Ливана составляет около четырех миллионов человек. В это число не входят массовое количество сирийских беженцев, которые бежали в Ливан из Сирии, чтобы избежать Сирийской гражданской войны, или туристы. Чтобы избежать гражданских беспорядков в Сирии, огромное количество людей бежало в Ливан. В апреле 2014 года было подсчитано, что около четверти ливанского населения составляли сирийские беженцы [2]. Это массовое количество беженцев, бегущих в Ливан, создало огромную нагрузку на ресурсы, более высокий спрос на воду, который Ливан не может удовлетворить. Чтобы предотвратить эту угрозу в будущем, реализуется множество проектов по оказанию помощи Ливану в решении экологических проблем.

На сегодняшний день сирийские беженцы в Ливане используют водные ресурсы в следующих пропорциях: 30 % воду из центрального водопровода, 24 % – из скважин, 22 % – из государственных водохранилищ; 16 % – альтернативные источники (в первую очередь, поставка бутилированной воды грузовым автотранспортом). При этом основная часть поставок воды сирийским беженцам осуществляется по каналам государственных поставщиков, не частных. Необходимо заметить, что качество бутилированной воды на порядок выше, чем той, которая поставляется местному населению. Дело в том, что в данном случае вода поставляется по каналам международных гуманитарных организаций и, соответственно, проходит через сертифицированные системы оценки качества. В то время как поставки воды местному населению через государственных или частных поставщиков происходят без должного контроля ввиду неэффективности существующей в стране национальной системы мониторинга и контроля качества водных ресурсов. При этом зачастую качество питьевой воды, поставляемой внутренними поставщиками, оказывается ниже общепризнанных стандартов.

Целью проекта водоснабжения Большого Бейрута (GBWSP) [1] является обеспечение водой из реки Литани [3], так же хорошо как из реки Авали для

тех, кто живет в районе Большого Бейрута. Он направлен на то, чтобы обеспечить водой тех, кто имеет низкий доход в районе Большого Бейрута. Он также ориентирован на увеличение краткосрочного снабжения питьевой водой в этих районах. Около 40 % населения Ливана проживает в районе Большого Бейрута. За последние сорок лет ливанское население, проживающее в этом регионе, испытывало нехватку воды из-за отсутствия распределения воды и возросшего спроса на воду. Эта нехватка воды является следствием политических конфликтов, которые Ливан переживает в предыдущие годы и даже сегодня.

Проект водоснабжения Большого Бейрута был одобрен 16 декабря 2010 года советом директоров Всемирного банка. Стоимость всего этого проекта составляет 370 миллионов долларов. Международный банк реконструкции и развития (IBRD) будет нести ответственность за выплату около 200 миллионов долларов, а остальная сумма будет выплачена правительством Ливана и водохозяйственным управлением Бейрута. Министерство энергетики и водных ресурсов Ливана (МЭВ) будет отвечать за реализацию проекта и делегирует ответственность за реализацию, мониторинг и отчетность Совету по развитию и реконструкции (CDR) и BMLWE.

Согласно проекту выполняются работы по улучшению водоснабжения в районе Большого Бейрута, что окажет положительное влияние примерно на 2,1 миллиона человек, что составляет около половины населения Ливана. Это также будет включать около 350 000 человек, живущих в районах с низким доходом. Также многие жители, проживающие на верхних этажах квартир, не получают воду из-за низкого давления воды в трубах. Ремонт этих труб позволит жителям, живущим на верхних этажах, иметь лучший доступ к воде. Качество воды также улучшится и будет соответствовать международным стандартам, а также станет намного более стабильным. Этот проект также поможет многим жителям Ливана сэкономить деньги. Сегодня, чтобы получить чистую воду, многие жители используют бутилированную или воду для питья от частного поставщика, на которую, по оценкам, домашними хозяйствами расходуются около 308 миллионов долларов в год.

Очевидно, требуется переосмысление политики управления водными ресурсами на концептуальной основе. Запущенная в 2012 году национальная стратегия для водного сектора была нацелена на интегрирование 16 действующих инициатив в области распределения воды, ирригации и служб санитарного контроля и улучшение знаний о воздействии климатических изменений на водный сектор. Эта стратегия предполагала вовлечение частного сектора в управление водными ресурсами. Сегодня стратегия для водного сектора – 2012 года явно устарела в контексте нового существенного фактора – притока 1,5 млн сирийских беженцев, что увеличило население страны на 30 %, а потребности в водных ресурсах, как минимум, на 10 %.

Список литературы

1 Ливан: проект водоснабжения Большого Бейрута. Доклад. – Всемирный банк, 22 апреля 2014 г.

2 **Вартанян, А.М.** Водные ресурсы Ливана и фактор сирийских беженцев [Электронный ресурс] / А.М. Вартанян. – М. : Институт Ближнего Востока, 2017. – Режим доступа : <http://www.iimes.ru/?p=39847>. – Дата доступа : 15.02.2022.

3 **Заракет, А.** Глубинная оценка и анализ физико-химических параметров качества воды Караунского водохранилища в Ливане / А. Заракет // Водоснабжение, химия и прикладная экология : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Гомель : БелГУТ, 2021. – С. 34–36.

THE IMPACT OF CLIMATE AND SOCIAL ASPECTS ON WATER RESOURCES IN LEBANON

A. ZARAKET

Lebanese University, Beirut

УДК 621.43:574.2

ВОЗДЕЙСТВИЕ ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ ДВИГАТЕЛЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ: ГЛОБАЛЬНЫЕ И ЛОКАЛЬНЫЕ ЭФФЕКТЫ

А. ЗАРАКЕТ, З. АТИЕ

Ливанский университет, Бейрут, zaraketahmad@gmail.com

Миллионы людей ежегодно преждевременно умирают из-за загрязнения воздуха. Если выбросы загрязняющих веществ в атмосферу могут продолжаться и в XXI веке, глобальное потепление и изменение климата могут представлять угрозу существованию людей и многих других видов. Сжигание ископаемого топлива является основным источником загрязнения воздуха и изменения климата [1].

Цель работы – проанализировать парк транспортных средств Бейрута и организации дорожного движения для проверки реальной ситуации с выбросами различных транспортных средств в Ливане.

Исследованиями установлено, что ливанский автопарк зависит в основном от бензинового топлива, при этом насчитывает более 72 % автомобилей старше 10 лет. Это приводит к увеличению выбросов в окружающую среду, что подтвердили расчетные данные по выбросам на двух самых оживленных улицах Бейрута. Показано значительное увеличение выбросов CO, NO_x и PM 2.5 по сравнению с международными стандартами (ЕВРО-6).

Исследования были проведены во время эпидемии коронавируса COVID-19, и это было связано с частыми локдаунами в стране, и привело к невозможности проведения исследований на месте для проверки реальной

ситуации с выбросами различных транспортных средств в Ливане. Чтобы сравнить рассчитанные данные с руководящими принципами ВОЗ по загрязнению воздуха, необходимо было иметь уровни CO, NO_x и PM_{2,5} на протестированных улицах Бейрута в мкг/м³, и это было недоступно.

Дизельные и бензиновые автомобили различаются по своим характеристикам выбросов. Многочисленные факторы, такие как характеристики топлива, условия эксплуатации, типы двигателей и технологии контроля выбросов будут влиять на химический состав частиц выхлопных газов.

Дизельные транспортные средства являются основными источниками выбросов дыма и продуктов сгорания (ПС). Для бензиновых автомобилей топливо производит больше выбросов CO₂, CO, HC и полициклических ароматических углеводородов, чем для дизельных автомобилей, но создает меньше ПС. Выбросы NO_x вызываются как дизельными, так и бензиновыми автомобилями.

Углерод CO₂ не является загрязнителем местной окружающей среды, но он является парниковым газом. Транспортные средства, работающие на дизельном топливе, являются основными источниками приземного озона [2].

В глобальном масштабе люди больше обеспокоены загрязнением воздуха и глобальным изменением климата. Сжигание ископаемого топлива влечет за собой чистый перенос углерода из геологических резервуаров в гораздо более активные атмосферные, океанические и наземные углеродные бассейны, тем самым увеличивая общее количество углерода в этих бассейнах и приводя к аномалии атмосферного CO₂, которая уменьшается лишь постепенно со временем. Эта аномалия атмосферного CO₂ вызывает глобальное потепление, которое остается стабильным на протяжении тысячелетий. Стратегия достижения сокращения выбросов CO₂ в транспортном секторе в соответствии с Киотским протоколом предполагает сокращение потребления топлива транспортными средствами и более широкое использование низкоуглеродистых альтернативных видов топлива и биотоплива. Парижское соглашение по климату – это знаковый экологический пакт, который был принят почти каждой страной в 2015 году для решения проблемы изменения климата и его негативных последствий.

Стандарты экономии топлива и выбросов CO₂ в США и Европе на период с 2017 года и последующий период будут удовлетворены за счет использования широкого спектра технологий. К ним относятся постоянные улучшения в бензине и дизельные двигатели, трансмиссия транспортного средства, снижение веса транспортного средства, снижение сопротивления качению шин, аэродинамика транспортного средства и более эффективные аксессуары для транспортных средств [2, 3].

В настоящее время во всех новых моделях дизельных автомобилей используются более совершенные устройства последующей обработки для контроля выбросов NO_x и твердых частиц. Для соблюдения предельных

значений выбросов NO_x в двигателях по требованиям Евро 5 и Евро 6 используются катализаторы для уменьшения накопления NO_x и системы SCR. Фильтры твердых частиц дизельного топлива, включая CDPFs и ЭЛТ, используются на большинстве моделей дизельных легковых автомобилей и большегрузных транспортных средств в Европе и США. Качество топлива должно соответствовать требованиям передовых технологий транспортных средств с низким уровнем выбросов.

Несмотря на значительный потенциал тестирования PEMS, оценка выбросов была смягчена из-за политики, чтобы предоставить производителям автомобилей дополнительное время выполнения заказа [4]. Таким образом, расстояние от лаборатории до дороги не устраняется, а только уменьшается. Это означает, что дизельные автомобили будут продолжать чрезмерно выделять NO_x в ближайшем будущем. Это имеет последствия для эффективного решения местных проблем с качеством воздуха, особенно в зонах с низким уровнем выбросов.

Великобритания, Франция, Норвегия, Нидерланды и Австрия объявили о планах поэтапного отказа от продаж автомобилей, работающих на ископаемых двигателях, в период с 2025 по 2040 год. Подключаемые гибриды и электромобили смогут заменить дизели в городах еще раньше. Учитывая текущие темпы роста затрат и технологических достижений в области электродвигателей, ожидается, что в течение пяти лет стоимость аккумуляторной технологии снизится до уровня, при котором общая стоимость владения электромобилями с аккумуляторами будет конкурентоспособной по сравнению с обычными автомобилями [5].

По результатам проведенных исследований можно порекомендовать следующее:

- создать законы для снижения налогов на приобретение новых транспортных средств, чтобы помочь заменить старые;
- поощрять групповые перевозки и создавать для этого условия, чтобы уменьшить количество работающих транспортных средств;
- переходить на альтернативное топливо как можно скорее;
- использовать тестирование выбросов в реальном режиме вождения с помощью портативных систем измерения выбросов, это потенциально может устранить расхождение между лабораторными и дорожными испытаниями;
- в городских районах лучше использовать бензиновые, а не дизельные автомобили (меньше CO и меньше выбросов NO_x);
- в сельской местности лучше использовать дизельный автомобиль (меньше выбросов CO_2);
- уровень серы должен оставаться ниже 10 ppm как для бензина, так и для дизельного топлива;

– стоимость аккумуляторной технологии должна снизиться до уровня, при котором общая стоимость владения электромобилями на батареях будет конкурентоспособной по сравнению с обычными автомобилями.

Список литературы

1 **Wael, K. Al-Delaimy.** Health of People, Health of Planet and Our Responsibility. Climate Change, Air Pollution and Health / Wael K. Al-Delaimy, Veerabhadran Ramanathan, Marcelo Sánchez Sorondo // Springer Nature Switzerland AG. – 2020. – 414 p.

2 **Jeong, C.-H.** Rapid physical and chemical transformation of traffic-related atmospheric particles near a highway / C.-H Jeong // Atmospheric Pollution Research. – 2015. – № 6(4). – P. 662–672.

3 **Shindell, D.** Climate, health, agricultural and economic impacts of tighter vehicle emission standards / D. Shindell // Nature Clim. Change. – 2011. – № 1(1) – P. 59–66.

4 **Невзорова, А.Б.** Лицевые маски как фактор эвентуальности изменений безопасности вождения / А.Б. Невзорова, С.В. Скирковский // Мир транспорта. – 2021. – Т. 19. – № 4 (95). – С. 118–125.

5 **Невзорова, А.Б.** Сравнительная оценка затрат транспорта при использовании автомобильных топлив и электроэнергии / А.Б. Невзорова, А.А. Михальченко // Транспорт в интеграционных процессах мировой экономики : материалы Междунар. науч.-практ. онлайн-конф. ; под ред. В.Г. Гизатуллиной. – Гомель : БелГУТ, 2020. – С. 42–43.

ENVIRONMENTAL IMPACT OF ENGINE EXHAUST GASES: GLOBAL AND LOCAL EFFECTS

A. ZARAKET, Z. ATIYE

Lebanese University, Beirut

УДК 628.179.3

СОКРАЩЕНИЕ НЕПРОИЗВОДСТВЕННЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ

В.Б. КАЙСТРУК, А.А. ЛАВРИНОВИЧ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Суточное водопотребление промышленных предприятий доходит до 1 млн м³, поэтому проблема рационального использования водных ресурсов стоит весьма остро. В настоящее время многие промышленные предприятия внедряют передовые технологии, модернизируют инженерные системы, используется больше чистой воды. Однако при этом присутствуют и значительные потери воды, что не приносит доход водоканалам, при этом ими были затрачены материальные ресурсы на очистку и транспортировку потребителю [1]. Для проектирования, разработки новых объектов и техноло-

гических процессов на существующих производственных территориях необходимо обследование имеющихся систем водоснабжения и водоотведения с составлением реального водохозяйственного баланса предприятия на основе натуральных измерений водопотребления и водоотведения отдельных технологических установок и инженерных систем в целом.

Цель работы – определить водопотребление на непромышленные нужды; выявить пути и мероприятия сокращения водопотребления на промпредприятии; способы устранения утечек воды.

Комплексное обследование водохозяйственных систем промышленных предприятий следует начинать с составления реального водохозяйственного баланса по измеренным расходам воды в системах технического, питьевого, оборотного, горячего водоснабжения, водоотводящим сетям. На базе проведенных замеров готовятся балансовые схемы по каждой системе, всем объектам и технологическим установкам, выявляются источники нерационального водопользования, определяются потенциальные возможности повышения эффективности работы водопроводно-канализационного хозяйства, составляются рекомендации по снижению объемов водопотребления и водоотведения.

В результате проведения мониторинга можно получить сведения по фактическому распределению потоков, на основании которых разрабатываются рекомендации по сокращению использования водных ресурсов и уменьшению сброса сточных вод с учетом концентраций загрязняющих веществ. Впоследствии может быть предложена модель автоматизации учета расходов воды с определением мест установки приборов и марок расходомеров.

Одним из главных путей снижения водопотребления на предприятиях является внедрение оборотных и замкнутых систем водоснабжения. Они дают возможность предприятиям экономить существенные денежные средства. Кроме того, водооборотные системы позволяют снизить объемы сброса загрязняющих веществ, и как следствие, – сохранить экологическую чистоту природных водных источников.

В замкнутых водооборотных системах стоки и атмосферные осадки собираются, очищаются, а затем повторно используются в производственных процессах. Это приводит к снижению чистого водопотребления.

Создание локальных очистных систем позволяет из стоков извлекать ценные компоненты, затем вода очищается и подготавливается к повторному использованию.

Отдельной задачей для снижения издержек и предотвращения аварийных ситуаций является диагностика трубопроводных сетей водопровода и канализации. Обследование водопроводных сетей направлено на выявление источников неучтенных расходов и потерь воды: скрытых утечек, нелегальных присоединений, погрешностей приборов учета, сверхнормативного во-

допотребления – производится анализ и структуризация потерь, разрабатываются мероприятия по оптимизации работы сетей. В частности, диагностика водопровода с целью выявления скрытых утечек воды имеет быстрый срок окупаемости за счет значительного снижения объемов воды, которые теряются вследствие повреждений труб.

Итогом обследования водохозяйственных систем является план мероприятий по сокращению объемов водоснабжения и водоотведения с обоснованием конкретных технических решений и рекомендации по повышению эффективности эксплуатации сетей. Выполнение рекомендаций приносит значительный экономический эффект и повышает надежность функционирования водохозяйственных систем, снижает экологические риски.

Список литературы

1 **Невзорова, А.Б.** Мероприятия по снижению бездоходных потерь питьевой воды / А.Б. Невзорова // Проблемы безопасности на транспорте : материалы XI Международ. науч.-практ. конф. В 2 ч. – Гомель : БелГУТ, 2021. – С. 232–234.

2 Рациональное водопользование и обследование водохозяйственных систем промышленных предприятий [Электронный ресурс]. – Режим доступа : www.utechkinet.ru. – Дата доступа : 15.01.2022.

3 **Журба, М.Г.** Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений / М.Г. Журба, Л.И. Соколов, Ж.М. Говорова. – М. : АСВ, 2004. – 495 с.

REDUCTION OF NON-PRODUCTIVE WATER CONSUMPTION AT AN INDUSTRIAL ENTERPRISE

V.B. KAYSTRUK, A.A. LAVRINOVICH

Belarusian State University of Transport, Gomel

УДК 628.394(476.2)

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА СБРОСА ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ПОВЕРХНОСТНЫЕ ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Е.Н. КОВАЛЁВ, О.В. КОВАЛЁВА

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

Поверхностные водные объекты Гомельской области представлены 261 рекой [1], несколькими тысячами в основном небольших озер (общая площадь около 70 км²), 22 водохранилищами, а также прудами, болотами и сетью каналов [2]. Актуальность работы обусловлена воздействием различных видов хозяйственной деятельности на водные ресурсы.

Цель работы – анализ многолетней динамики сброса загрязняющих веществ в составе сточных вод в поверхностные водные объекты Гомельской области.

Анализ данных показывает [3], что в целом за 21-летний промежуток времени на территории области отмечается снижение объемов сброса сточных вод в поверхностные водные объекты на 1,96–47,8 %, несмотря на повышение показателя на 19,84–25,3 % за последние 5 лет по отношению к 2015 г. (рисунок 1).

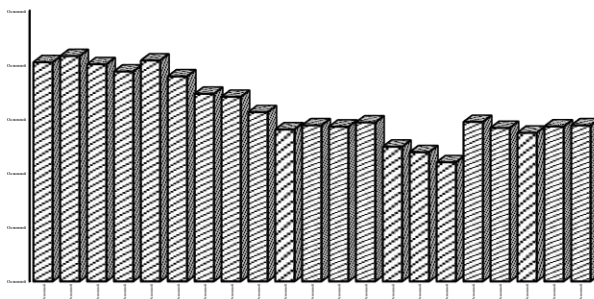


Рисунок 1 – Объем сброса сточных вод в поверхностные водные объекты, м³

По отношению к 2000 г. отмечено снижение сброса БПК₅ до 2014 г. с последующим небольшим повышением к 2020 г. Масса сбрасываемого фосфат-иона имела тенденцию к снижению до 2015 г., увеличиваясь к 2017 г. и снижаясь к 2020 г. Количество аммоний-иона в составе сбросов уменьшалось до 2009 г., после чего можно говорить о тенденции его увеличения.

Динамика сброса нитрит-иона отличается: наблюдался рост сброса до 2009–2013 гг. с последующим существенным снижением к 2020 г. Масса сбрасываемых в поверхностные водные объекты нефтепродуктов изменяется закономерно, снижаясь к 2008 г., затем повышаясь к 2016 г. и вновь снижаясь к 2020 г. Количество поступающего в природные воды нитрит-иона имело один выраженный пик в 2001 г., резкое снижение к 2003 г., повышение и более-менее устойчивые значения в период 2004–2018 гг. и вновь резкое снижение в 2019–2020 гг.

Таким образом, анализ динамики сброса основных загрязняющих веществ в составе сточных вод в поверхностные водные объекты Гомельской области показал, что количество БПК₅, аммоний-иона в последние несколько лет имеют тенденцию к повышению. Масса сбрасываемых фосфат-иона, нитрит-иона, нефтепродуктов, нитрат-иона, наоборот, снижается, иногда на 1–2 порядка.

Список литературы

1 Справочник «Водные объекты Республики Беларусь» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://ecoportal.gov.by/voda/spravochnik-vodnye-obekty-respubliki-belarus/reki/>. – Дата доступа : 08.03.2022.

2 Каропа, Г.Н. География Гомельской области : курс лекций для студентов / Г. Н. Каропа. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2009. – 157 с.

3 Государственный водный кадастр [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://178.172.161.32:8081/watstat/data/>. – Дата доступа : 08.03.2022.

LONG-TERM DYNAMICS OF POLLUTANTS DISCHARGE INTO SURFACE WATER BODIES OF THE GOMEL REGION

E.N. KOVALYOV, O.V. KOVALYOVA

Francisk Skorina Gomel State University, Republic of Belarus

УДК 556.343.6:628.171(476.2)

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА ИЗЪЯТИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В РАЙОНАХ ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

О.В. КОВАЛЁВА, К.А. ИВАНЧУК

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

Численность населения Гомельской области составляет 1,375 млн человек. Территория области включает 21 район, численность населения в которых варьирует от 11629 (Лоевский район) до 127464 человек (Мозырский район), а плотность населения изменяется от 6 (Брагинский район) до 48 человек на 1 км² (Мозырский район) [1]. В течение последних двух десятилетий отмечается тенденция к снижению объемов изъятия подземных вод на территории области [2].

Цель работы – выявление направлений динамики изъятия природных вод как на территории области в целом, так и в отдельных ее районах на основе данных Государственного водного кадастра.

Установлено, что в период 2000–2020 гг. при общей тенденции к снижению объемов изъятия природных вод на территории Гомельской области (рисунок 1) доля добываемых подземных вод увеличилась с 46,3 до 63,1 %.

Анализ динамики изъятия природных вод по районам Гомельской области показал следующее. Увеличение объемов изъятия подземных вод по сравнению с 2019 г. отмечено для следующих районов: Лельчицкий (0,16 %), Буда-Кошелевский (0,04 %), Житковичский (0,023 %), Петриковский (0,022 %).

Для остальных 17 районов области характерно снижение количества изымаемых подземных вод в среднем на 0,75 %. При этом наименьшее снижение по-

казателя наблюдается в Ельском районе (0,35 %), наибольшее – в Светлогорском районе (1,47 %).

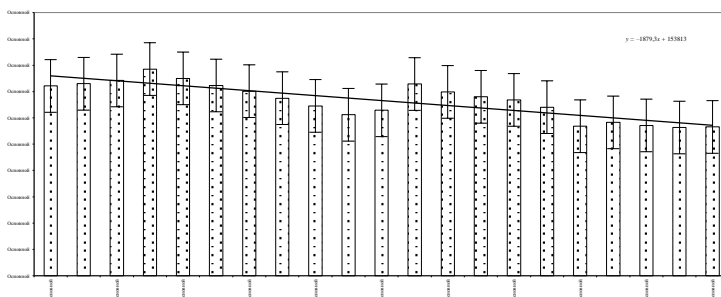


Рисунок 1 – Объем изъятия подземных вод по годам, тыс. м³

Таким образом, на фоне снижения общего количества изымаемых природных вод для Гомельской области характерно увеличение доли добываемых подземных вод. В четырех районах области отмечено возрастание объемов изымаемых подземных вод по сравнению с 2019 г.

Список литературы

- 1 Статистический ежегодник Гомельской области 2021. – Минск, 2021. – 432 с.
- 2 Государственный водный кадастр [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://178.172.161.32:8081/watstat/data/>. – Дата доступа : 08.03.2022.

LONG-TERM DYNAMICS OF GROUNDWATER WITHDRAWAL IN THE AREAS OF THE GOMEL REGION

O.V. KOVALYOVA, K.A. IVANCHUK

Francisk Skorina Gomel State University, Republic of Belarus

УДК 628.179

СОЦИАЛЬНАЯ И ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И КАНАЛИЗАЦИИ

В. Н. КОВАЛЕНКО

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

Создание цифровой экономики является целью развития информационного общества любой цивилизованной страны, укрепляющей свою национальную

безопасность и технологическую независимость [1]. Цифровизация экономики заключается в массовом внедрении компьютерных систем в сферу услуг и производственные процессы: обучение, торговлю, промышленность, сельское хозяйство, ЖКХ и т. д. Эти системы взаимодействуют между собой, в результате чего увеличивается социально-экономический потенциал страны.

В сфере водопроводно-канализационного хозяйства имеет место понятие «Цифровой водоканал», в упрощённом определении состоящее из оцифровки и цифровизации, на основе которых разрабатывается компьютерная модель, к которой в дальнейшем добавляются дополнительные модули и программные комплексы [1].

Под компьютерной моделью сетей водоснабжения и водоотведения понимается географическая информационная система, включающая в себя базы данных, программное и техническое обеспечение и предназначенная для хранения, мониторинга и актуализации информации о техническом и экономическом состояниях реальных систем водоснабжения и канализации, осуществления механизма оперативно-диспетчерского управления в централизованных системах водоснабжения и канализации, обеспечения проведения гидравлических расчётов и анализа режимов эксплуатации, решения технических проблем и водобалансовых задач, а также при проектировании она позволит определить наиболее оптимальные мероприятия по модернизации, реконструкции и перспективному развитию водопроводно-канализационных систем.

Главными заказчиками информационного моделирования системы водоснабжения и канализации являются жители населённых мест [2]. Заблаговременное решение технических проблем позволяет сформировать качественный подход к регулированию режимов работы водоканалов в независимости от времени суток и водопотребления. Рост качества и надёжности водоснабжения говорит о целесообразности расширения построения таких моделей.

Основная цель – внедрение компьютерных моделей, заключающаяся в повышении эффективности работы водоканалов в целом, в том числе достижение показателей качества эксплуатации сетей водоснабжения и водоотведения и автоматизация работы технических и диспетчерских служб.

Основные результаты от внедрения компьютерных моделей сетей водоснабжения и канализации: улучшается качество оказываемых услуг; сокращаются операционные издержки и потери; снижаются риски в управлении производственными активами; совершенствуется финансово-хозяйственное управление ресурсами; развиваются коммуникационные, вычислительные и защитные средства от непреднамеренных и несанкционированных воздействий и происшествий.

Таким образом, водоканалы постепенно внедряют технологические решения, которые позволяют решить значительный объём существующих

проблем как при эксплуатации, так и при оказании услуг абонентам. Компьютерные модели позволяют рационально распределить ресурсы и повысить операционную эффективность для достижения максимальных результатов при всех проблемах существующих систем.

На сегодняшний момент водоканалы демонстрируют готовность к внедрению цифровых продуктов. Внедрение компьютерных моделей – процесс реализуемый, однако сдерживающими факторами для общереспубликанской интеграции на сегодняшний момент являются отсутствие инвестиций, непонимание общей концепции цифрового водоканала и компьютерной модели, непринятие новейших технологий, низкая квалификация персонала и т. д.

Список литературы

1 **Баженов, В.И.** Какие стандартные современные комплексы, моделирующие работу систем водоснабжения и водоотведения, применяются? / В.И. Баженов, Г.А. Самбурский // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. – 2014. – № 1. – С. 44–50.

2 **Невзорова, А.Б.** Основные принципы информационного моделирования зданий / А.Б. Невзорова, М.С. Афонченко. – Гомель : БелГУТ, 2017. – 107 с.

SOCIAL AND PRACTICAL SIGNIFICANCE IMPLEMENTATION OF COMPUTER MODELS OF WATER SUPPLY AND SEWERAGE SYSTEMS IN THE FIELD OF WATER UTILITIES

V.N. KOVALENKO

Belarusian State University of Transport, Gomel

УДК 628.316.13

ПУТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФИЛЬТРАТОВ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПРИ СИНТЕЗЕ СУЛЬФАТОВ КАЛЬЦИЯ ИЗ ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННОЙ ВОДОПОДГОТОВКИ

М.А. КОМАРОВ

*Белорусский государственный технологический университет, г. Минск,
makkom1995@gmail.com*

При синтезе сульфатов кальция из отходов промышленной водоподготовки образуются два материальных потока – синтетические сульфаты кальция и фильтрат. Так как вторичное использование отходов в Республике Беларусь слабо реализуемо, то новые технологии, предлагаемые для внедрения в промышленность, должны быть безотходными либо с минимальным их уровнем.

В зависимости от вида карбонатного отхода образуются различные фильтраты по своему химическому составу.

Так, при синтезе из недопала извести ангидрита [1, 2], дигидрата сульфата кальция [3–5] и гипсовых вяжущих веществ фильтрат по химическому составу имеет большое количество сульфатов кальция и магния, что открывает возможность его использования в качестве комплексного микроудобрения. Эффективность удобрения испытывали на редьке масличной (*Raphanus sativus* ssp. *oleifera* Metzg.). Для эксперимента высаживали по 100 семян в отдельные емкости. В качестве контроля для полива использовали только воду. Эффективность прорастания в боксе, в котором для полива использовалась только вода, составила 82 %, а в боксе, где для полива дополнительно использовался фильтрат, – 88 %, также использование фильтрата привело к увеличению высоты ростков на 11,7 % и почти в 1,6 раза увеличению длины основного корня. Если сравнивать удельные показатели, то при практически одинаковой влажности сухая масса растений после полива фильтратом была больше на 7,2 мас. % в сравнении с растениями, которые поливались водой.

Полученные данные свидетельствуют о том, что получаемый фильтрат можно отнести к классу удобрений. При использовании фильтрата прирост сырой и сухой удельной массы растений увеличился на 20 мас. % по сравнению с использованием обычной воды, что свидетельствует о пригодности использования его в качестве удобрения, вызывающего прирост кормовой массы растений.

Другим видом отходов являются осадки коагуляции природных вод, в процессе переработки которых на синтетические сульфаты кальция образуется фильтрат богатый сульфатом железа.

Наличие высокой концентрации железа в фильтрате и промывных водах предопределило некоторые направления его использования. Таковыми были выбраны следующие: получение магнитных сорбентов для удаления нефтепродуктов из водных сред, а также получение фотокаталитических материалов для деструкции растворенных органических веществ. Наличие железа предопределило в том числе перспективу получения материалов с магнитными свойствами, что должно обеспечить их удаление из обрабатываемых водных сред.

При проведении сравнительного анализа нефтеемкости промышленных сорбентов и синтезированного магнитного сорбента, полученного из осадков коагуляции станций водоподготовки, можно сделать вывод, что предложенный сорбент достигает показателей нефтеемкости природных органических материалов для сбора нефти и их модификаций (например, кора осины/сосны – 0,5/0,3 г/г; лигнин гидролизный – 1,5–3 г/г; уголь бурый измельченный – 1–2 г/г; МАУ-А2 – 0,38 г/г). Если сравнивать с рыночными продуктами, то полученные значения сопоставим с гидрофобизированными гидролизными лигнинами 1,6–2,5 г/г (по мазуту).

Высокое содержание железа в фильтрате (в пересчете на сульфат железа составляет около 11 мас. %) предопределяет возможность использования его в качестве коагулянта. Пробное коагулирование на модельной сточной воде, содержащей взвешенные вещества, показало, что использование фильтрата в качестве коагулянта достигает эффективности 65,4 %, что на 17,3 % ниже, чем при использовании товарного сульфата железа (82,7 %).

Использование образующихся фильтратов в качестве микроудобрения, сорбентов, коагулянтов, фотокаталитических материалов позволяет отнести разработанные пути переработки отходов промышленной водоподготовки на синтетические сульфаты кальция к перспективным замкнутым технологиям, максимально использующим потенциал сырьевых компонентов.

Список литературы

1 **Kamarou, M.** Low-energy technology for producing anhydrite in the $\text{CaCO}_3 - \text{H}_2\text{SO}_4 - \text{H}_2\text{O}$ system / M. Kamarou [et al.] // *Chemical Technology & Biotechnology* [Electronic resource]. – 2021. – Vol. 96, Issue 7. – p. 2065–2071. – Mode of access : <https://doi.org/10.1002/jctb.6740>. – Date of access : 27.02.2022.

2 **Ramanouski, V.** Green Approach for Low-energy Direct Synthesis of Anhydrite from Industrial Wastes of Lime Mud and Spent Sulfuric Acid / V. Ramanouski, A. Klyndyuk, M. Kamarou // *Journal of Environmental Chemical Engineering* [Electronic resource]. – 2021. – Vol. 9. – p. 106711. – Mode of access : <https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.106711>// – Date of access : 27.02.2022.

3 **Kamarou, M.** Structurally controlled synthesis of calcium sulphate dihydrate from industrial wastes of spent sulphuric acid and limestone / M. Kamarou [et al.] // *Environmental Technology & Innovation* [Electronic resource]. – 2020. – Vol. 17. – p. 100582. – Mode of access : <https://doi.org/10.1016/j.eti.2019.100582>. – Date of access : 27.02.2022.

4 **Kamarou, M.** Sustainable technology of structurally controlled synthesis of synthetic calcium sulfate dihydrate from technogenic products / M. Kamarou, N. Korob, V. Ramanouski // *Chemical Technology & Biotechnology* [Electronic resource]. – 2021. – Vol. 96. – p. 3134–3141. – Mode of access : <https://doi.org/10.1002/jctb.6865>. – Date of access : 27.02.2022.

5 **Комаров, М.А.** Синтез дигидрата сульфата кальция из техногенного сырья / М.А. Комаров, В.И. Романовский, Н.Г. Короб // *Вестник Полоцкого государственного университета. Сер. F. Строительство. Прикладные науки.* – 2021. – Т. 1. – С. 76–82.

WAYS TO USE FILTERS PRODUCED IN THE SYNTHESIS OF CALCIUM SULPHATES FROM INDUSTRIAL WATER TREATMENT WASTE

M.A. KAMAROU

Belarusian State Technological University, Minsk

ПРИЧИНЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ЖЕЛЕЗОМ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Е.В. КОМАРОВА

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель,
komarik663kk@mail.ru*

Согласно результатам наблюдений Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь [1] железо является основным показателем качества воды, содержание которого превышает предельно допустимую концентрацию, установленную в национальном стандарте [2].

Превышение норматива по содержанию железа, составляющего для Беларуси 0,3 мг/л имеет место на более 50 % водозаборных скважин на территории страны. Это влияет на привкус – вода становится мутной, приобретает нежелательный оттенок. Использование такой воды в бытовых целях отрицательно сказывается на приборах и вещах. По мнению ВОЗ, употребление такой воды на протяжении всей жизни может не привести к проблемам со здоровьем, опасным считается употребление воды при концентрации железа более 2 мг/л. Результаты обследования коммунальной системы водоснабжения в некоторых районах Беларуси показало, что употребление воды с повышенным содержанием железа может влиять на возникновение проблем со здоровьем людей, повышение риска инфарктов и появление аллергических реакций [3].

Цель работы – произвести анализ основных причин загрязнения по показателю «железо общее» подземных вод на территории Беларуси.

Загрязнение подземных вод обусловлено рядом факторов, среди которых имеют место как природные, так и техногенные. Железо в почвах присутствует в основном в виде оксидов и гидроксидов и находится либо в виде небольших частиц, либо связано с поверхностью минералов. Железо как поверхностных, так и подземных вод может оседать в любой растительности, в том числе и сельскохозяйственного растениеводства, а также в микроорганизмах. Повышенное содержание железа наблюдается также в болотных водах, так называемое «органическое» железо.

К природным факторам загрязнения подземных вод относятся:

- взаимосвязь подземных вод с поверхностными;
- разрушение и растворение горных пород в воде при просачивании ее в глубинные водоносные пласты;
- геолого-гидрологические условия;
- переход железа в артезианские бассейны от растений и почвы при участии почвенной влаги.

К техногенным и природным факторам можно отнести:

- коррозионные процессы в стальных трубопроводах систем централизованного и автономного водоснабжения;
- использование бескислородных подземных вод из нижележащих водоносных горизонтов, так как в процессе интенсивного водоотбора снижается уровень воды в вышележащих;
- образование органических соединений, которые усиливают процессы комплексообразования железа в гидрогеохимических системах. К данным факторам относится увеличение содержания соединений азотной группы. Явление наблюдается на участках утечки силосных стоков и отходов животноводства.

Растворимость железа напрямую зависит от валентности железа. Поэтому окислы, силикаты и другие кислородные соединения трехвалентного железа являются практически нерастворимыми минералами. В кислых растворах растворимость таких соединений резко возрастает: кислые почвы богаты неорганическим железом вплоть до токсичных уровней (до нескольких десятков и сотен миллиграммов в 1 дм³).

В хорошо аэрированных водах двухвалентное железо окисляется до трехвалентного и его растворимость резко падает. Поэтому в подземных водоносных горизонтах наблюдается повышенное содержание двухвалентного железа в связи с низкой концентрацией кислорода в жидкости и отсутствием контакта с атмосферой.

Содержание углекислоты в воде дает обратный эффект: растворимость железистых минералов повышается. Железо может образовывать органические и неорганические комплексы, что существенно влияет на его миграцию в подземных водах.

Концентрация железа в почве зависит не только от изменения восстановительных и кислотно-щелочных условий, но и сторонних элементов, которыми они обогащены. Содержание железа в почвах на территории Республики Беларусь составляет около 3,11 % и зависит от типа почвообразующей породы. Установлено, что колебания в содержании железа в различных почвах достигают значительных величин. Например, кислые почвы содержат больше растворимого неорганического железа, чем нейтральные и щелочные, в то время как заболоченные почвы характеризуются процессом восстановления двухвалентного железа до трехвалентного, что обеспечивает увеличение растворимости железа. Избыток железистых соединений устраняется известкованием почв [4].

Таким образом, изучение причин и динамики изменения содержания железа в подземных водах имеет высокое значение. На основании результатов анализа представляется возможность осуществлять прогнозирование изменения качества подземных вод, что влияет на выбор оптимального места размещения водозабора, а также применяемой технологии водоподготовки.

Список литературы

1 Национальная система мониторинга окружающей среды Республики Беларусь : результаты наблюдений, 2018 год / под общ. ред. Е.П. Богодяж. – Минск : Респ. ц-р по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды, 2019. – 476 с.

2 СанПиН 10–124 РБ 99. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. – Минск, 2011. – 50 с.

3 **Невзорова, А.Б.** Обследование коммунальной системы водоснабжения в Мостовском районе Гродненской области / А.Б. Невзорова, О.К. Новикова // Труды БГТУ. – 2020. – № 2. – С. 189–198.

4 **Велого, Е.С.** Причины загрязнения подземных вод железом с учетом его гидрогеохимических особенностей на территории Республики Беларусь / Е.С. Велого // Вестник Полоцкого государственного университета. Сер. F. Строительство. Прикладные науки. – 2021. – № 8. – С. 21–24.

CAUSES OF GROUNDWATER POLLUTION WITH IRON IN THE TERRITORY OF THE REPUBLIC OF BELARUS

E.V. KOMAROVA

Belarusian State University of Transport, Gomel

УДК 628.316.13

МОДИФИЦИРОВАННЫЙ ОГНЕУПОРНЫЙ ШАМОТ ДЛЯ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

П.А. КЛЕБЕКО

*Государственное предприятие «Экологияинвест», г. Минск, Республика Беларусь,
pavkle@mail.ru*

Вода из подземных источников на территории России и Беларуси преимущественно содержит повышенные концентрации железа и марганца. При допустимой норме содержания железа в питьевой воде 0,2–0,3 мг/л его содержание в подземных водах может достигать 40 мг/л. Для удаления железа до норм питьевого водоснабжения используются фильтры обезжелезивания. Интерес представляет модификация инертных гранулированных материалов для повышения эффективности окисления железа (II) в железо (III) [1–4].

В данной работе показаны модификации 3–5 мм фракции огнеупорного шамота. Методика модификации представлена в [2, 3]. Интерес представляет вторичное использование отходов для рекуперации и производства материалов [5]. В качестве источника железа в работе использовались осадки очистки промывных вод фильтров обезжелезивания.

Эффективность использования модифицированных материалов оценена по остаточному содержанию железа общего в первой порции фильтрата в 250 мл. Исходная азрированная вода (среднее содержание железа общего $3,75 \text{ мг/дм}^3$) имела рН 7,4. После фильтрации значение рН отфильтрованной воды практически не изменилось и составило 7,5. Эффективность окисления железа из Fe^{2+} в Fe^{3+} в фильтрате после колонок составила: при использовании исходного шамота – 41,4 %, модифицированного, приготовленного с дозой нитрата железа 0,025 г/г – 65,1 %, 0,05 г/г – 73,0 %; с дозой 0,075 г/г – 80,0 %. Таким образом, эффективность окисления для образца, приготовленного при дозе нитрата железа 0,075 г/г увеличилась почти в два раза в сравнении с исходным шамотом. Остаточное содержание железа в фильтрате после колонок: при использовании исходного шамота – 1,26 мг/л; модифицированного, приготовленного с дозой нитрата железа 0,025 г/г, – 0,75 мг/л, 0,05 г/г – 0,58 мг/г; с дозой 0,075 г/г – 0,43 мг/г. Таким образом, эффективность обезжелезивания подземной воды при использовании модифицированного шамота составила в среднем 86 % для первой порции отфильтрованной воды.

Для сравнения, эффективность обезжелезивания при использовании модифицированного таким же способом антрацита – 95 %, модифицированного активированного угля – 96 %. Более низкие полученные результаты для шамота можно объяснить разной по структуре и химическому составу поверхности модифицируемого материала, методами азрации подземной воды перед фильтрованием (для шамота использовалась предварительная азрация с применением микрокомпрессора, а для углей – азрация в градирне).

Предложенный метод синтеза позволяет значительно повысить экологичность процесса. Так, энергопотребление предложенной технологии в сравнении с аналогами снижается более чем в 100 раз, до 10 раз сокращается расход необходимых реагентов. В представленном примере получен материал на основе отхода огнеупорного шамота, а в качестве прекурсора железа использовали осадки станций обезжелезивания. Таким образом, даже при использовании только отходов были получены высокоэффективные гранулированные загрузки.

Список литературы

1 **Романовский, В.И.** Очистка промывных вод станций обезжелезивания с использованием отходов водоподготовки / В.И. Романовский, П.А. Клебеко, Е.В. Романовская // Вестник БрГТУ. Сер. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геология. – 2018. – № 2. – С. 90–92.

2 Recycling of iron-rich sediment for surface modification of filters for underground water deironing / V. Romanovski [et al.] // Journal of Environmental Chemical Engineering. – 2021. – № 9(4). – P. 105712.

3 **Клебеко, П.А.** Обезжелезивание подземных вод модифицированным огнеупорным шамотом / П.А. Клебеко, В.И. Романовский // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2021. – № 4. – С. 103–111.

4 Модифицированные антрациты для очистки подземных вод от железа и марганца / В.И. Романовский [и др.] // Промышленная экология : материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Минск : БНТУ, 2015. – С. 219–221.

5 Романовский, В.И. Влияние механохимической активации отходов ионитов на дисперсный состав и свойства получаемых продуктов / В.И. Романовский, В.Н. Марцуль // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Сер. Хім. навукі. – 2008. – № 2. – С. 111–117.

MODIFIED REFRACTORY CHARCOAST FOR GROUNDWATER IRON REMOVAL

P.A. KLEBEKO

State enterprise "Ekologiyainvest", Minsk, Republic of Belarus

УДК 628.21

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ МАЛОЙ КАНАЛИЗАЦИИ

Н.И. КУШНЕР

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель,
mikitos595@gmail.com*

Сельские населенные пункты, по сравнению с городами, экономически слабее, аграрные регионы менее развиты и не имеют возможности получить необходимую экономическую помощь для развития водопроводной и санитарной инфраструктуры. Для защиты водных ресурсов и повышения благосостояния населения важно развитие систем водоснабжения и водоотведения в сельской местности [1].

Цель работы – проанализировать способы очистки сточных вод центральной канализации и канализации сельской местности. Сравнить эффективность работы канализации малых населенных пунктов и городов.

К малой канализации относятся сети и сооружения, предназначенные для отведения и очистки бытовых и близких к ним по своему составу производственных сточных вод в количестве до 1400 м³/сут. Норма водоотведения бытовых вод в малых населенных пунктах при наличии благоустроенных домов не превышает 200 л/сут на одного жителя. Проектирование, строительство и эксплуатация малой канализации производится с соблюдением общих основных положений.

Выбор способа очистки небольших количеств сточных вод, комплекса очистных сооружений, их типов и конструкций в значительной степени зависит от местных условий: возможности выделения площади земли под очистные сооружения, удаленности этой площади от жилья, топографии местности, грун-

товых, гидрологических и климатических условий, характера и места расположения водоема, в который могут быть спущены очищенные воды [4].

Для канализации в малых населенных пунктах создаются групповые системы водоотведения, обслуживающие группы населенных мест, с крупными сооружениями для очистки и обеззараживания сточной воды или устраиваются локальные системы водоотведения малой производительности, с малыми установками для очистки и обеззараживания воды [2, 3].

В городских квартирах сточные воды из внутренней системы канализации собираются в центральные канализационные сливы. К сооружениям канализации относятся коллекторы, колодцы, трубопроводы, насосные станции, перекачивающие стоки на очистные сооружения и после очистки на выпуск. Поселки могут быть различными по населенности, для каждого есть свое решение: для 3–5 домов (до 5 м³/сут) подойдет автономная канализация в виде выгребной ямы или септика со сбросом очищенной сточной воды на рельеф, то есть инфильтрацией в грунт, при очистке более 5–10 м³/сут возможно применение септиков.

Система очистки поселковых стоков может быть полная (фекальные стоки, стоки от кухни и ванной) и частичная, если проживание сезонное и необходимо сэкономить средства (например, только от кухни и ванной).

Если в поселке есть очистные сооружения, то необходимо получить разрешение на подключение к ним. Если нет такой возможности, то на территории закапывается септик или делается выгребная яма. Выгребная яма должна находиться не ближе 10 метров от центрального водовода и не менее чем в 25 метрах от колодца питьевой воды.

Традиционно ямы для канализации выполняются в одной из трех модификаций [5]:

- поглощающие без дна – такой выгребной резервуар наиболее простой и дешевый. В грунте выкапывается яма нужной глубины и постепенно заполняется канализационными стоками. Жидкие компоненты при этом беспрепятственно проникают в почву, загрязняя все вокруг в довольно широком радиусе. Твердые компоненты оседают, прессуются, образуя тяжелую массу на дне траншеи. После заполнения такие ямы закапывают и готовят новые.

- герметичные с дном – в такую яму монтируется бетонная или металлическая емкость, не допускающая попадание стоков наружу. В сравнении с предыдущим типом, это более надежное и гигиеничное сооружение, но его строительство невозможно без использования спецтехники. Кроме того, выгребные ямы с дном требуют периодической чистки с помощью ассенизаторской машины.

- септик – пластиковый герметичный контейнер, является более современным способом обустройства канализации. От выгребной ямы он отличается возможностью частичного обеззараживания и осветления стоков. В жидкую среду добавляют бактерии, которые вызывают ускоренное разложение твердой массы. В результате на выходе удается получить воду, очищенную до 50–60 %. Для дальнейшей очистки требуется поле фильтрации.

Выгребные ямы, вне зависимости от их конструкции, не способны обеспечить удовлетворительное санитарно-гигиеническое состояние участка. А резервуары без дна запрещено использовать при суточном объеме стоков более 1 м³. Наиболее рациональным вариантом устройства автономной канализации на сегодняшний день является применение установки глубокой биологической очистки. Она обеспечивает качественную переработку стоков без вреда для окружающей среды.

Таким образом, основным отличием централизованной канализации от сельской является технологическая схема. В централизованной канализации применяется более масштабная схема, начиная от решеток и заканчивая обеззараживанием. В сельской местности преобладает установка локальных очистных сооружений, т. к. это экономически более выгодно.

Список литературы

1 Новикова, О.К. Системы канализации малых населенных пунктов: текущая ситуация и проблемные аспекты / О.К. Новикова, А.Б. Невзорова // Труды БГТУ. Сер. 2. Химические технологии, биотехнология, геоэкология. – 2020. – № 2 (235). – С. 183–188.

2 Малая канализация [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.clickpilot.ru/canaliz.php?wr=431>. – Дата доступа : 28.02.2022.

3 Очистные сооружения для поселка и города [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://acs-ppov.ru/ochistniye-sooruzeniya-dlya-poselka.html>. – Дата доступа : 21.02.2022.

4 Невзорова, А.Б. Организация центральной канализации в коттеджном поселке / А.Б. Невзорова А.Б., Ю.В. Хименкова // Водоснабжение, химия и прикладная экология : материалы Междунар. науч.-практ. конф.; под общей ред. Е.Ф. Кудиной. – Гомель, 2021. – С. 94–95.

5 Виды выгребных ям [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.topoleco.ru/news/articles/vidy-vygrebnykh-yam/>. – Дата доступа : 28.02.2022.

EFFICIENCY OF OPERATION OF PURIFICATION FACILITIES SMALL SEWER IN CLIMATIC CONDITIONS OF THE REPUBLIC OF BELARUS

N.I. KUSHNER

Belarusian State University of Transport, Gomel

УДК 628.312.5

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИОНОВ ХРОМА В СТОЧНЫХ ВОДАХ ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Е.В. ЛАШКИНА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель,

llashkina@mail.ru

Гальванотехника получила широкое распространение в промышленности, так как она содержит наиболее прогрессивные и выгодные составы

электролитов и режимы электролиза для получения покрытий наиболее известными металлами и сплавами, а также технические характеристики оборудования и приборов, материалы по нейтрализации и регенерации сточных вод и обработанных электролитов, контролю свойств получаемых гальванопокрытий.

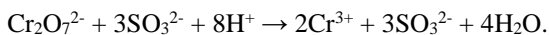
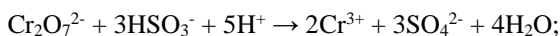
Особенностью использования воды в промышленности является частичный возврат её в реки и озера в виде сточных вод, количество которых, в том числе и содержащих вредные тяжёлые металлы, возрастает из года в год.

Цель работы – аналитическое определение ионов хрома в сточных водах металлургического предприятия.

Процесс хромирования осуществляется на механизированной автооператорной подвесной линии МЛГ-85. Толщина хрома при нанесении защитно-декоративных покрытий медь-никель равна 1 мкм. Хром наносится в универсальном электролите при плотности тока 15 А/дм³. Размеры ванны составляют 800×700×1000 мм. Объем электролита 550 л. Ванна имеет двусторонние бортовые отсосы и комбинированный теплообмен: коллектор нагрева на дне ванны и змеевик охлаждения вдоль ванн. Корпус имеет футеровку.

Определение хрома основано на объемном методе в присутствии разбавленной серной кислоты (H₂SO₄) 1:5, соли мора, перманганата калия (KMnO₄) и аммония надсернистого ((NH₄)₂S₂O₈). Появление розовой окраски свидетельствует о наличии общего хрома в электролите. Соединения шестивалентного хрома являются сильными окислителями. Cr₂O₃ при растворении в воде образует смесь полихромовых кислот [1].

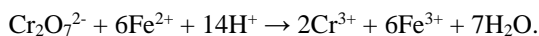
В разбавленном растворе образуется H₂[CrO₄], при средней концентрации – H₂[CrO₃(CrO₄)]. При дальнейшем увеличении концентрации образуется H₂[CrO₃(CrO₄)₂] и H₂[CrO₃(CrO₄)₂]. Все хромовые кислоты являются сильными. При обработке хромсодержащих сточных вод солями сернистой кислоты протекают следующие химические реакции:



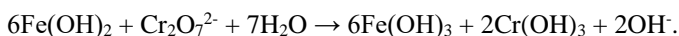
Сточные воды, сливаемые с отдельных гальванических ванн, объединяются в группы. В металлургии сточные воды гальванических ванн (концентрированные) особенно грязные и в неочищенном состоянии не могут быть сброшены в городскую канализационную сеть либо в водохранилища.

Хроматы и бихроматы калия и натрия, хромовый ангидрид и сульфат хрома разрушают каналы и сточные коллекторы и, уничтожая бактериальную флору, делают невозможным правильную работу станций биологической очистки сточных вод.

Группу хромистых сточных вод составляют промывные воды, образующиеся после электрохимического хромирования. Для очистки локальных сооружений предприятия используется метод электрохимической обработки с последующей гидрокоагуляцией [2]. При очистке сточных вод восстановление Cr^{6+} в Cr^{3+} происходит по схеме



В слабокислой и нейтральной средах восстановление шестивалентного хрома происходит за счет образующейся при анодном растворении гидроксида железа ($\text{Fe}(\text{OH})_2$)



Железосодержащий реагент, который нарабатывается электрохимическим способом, в процессе очистки сточных вод используется не только для обезвреживания шестивалентного хрома, но и как коагулянт, обеспечивающий эффективность очистки.

Установлено, что наибольшее содержание ионов хрома в сточных водах гальванического производства составило 0,031 мг/л, наименьшее – 0,011 мг/л.

Таким образом, в результате исследований концентрация хрома в сточных водах не превысила ПДК, а иногда ионы и вовсе отсутствовали после очистки воды. Это связано с использованием новых методик очистки сточных вод. Рассмотрены процессы хромирования, технологии электрохимических покрытий металлов, структура и механизм образования покрытий. Отслежены факторы, влияющие на данные процессы: корректировка ванн, плотность тока, температура, часть соединений, которая ушла на покрытие, поломка оборудования.

Практическое значение работы заключается в том, что полученные данные по содержанию ионов тяжелых металлов в сточных водах используются для проведения экологического контроля в области охраны окружающей среды природоохранного законодательства Республики Беларусь органами санитарного надзора.

Список литературы

- 1 **Богорад, Л.Я.** Хромирование / Л.Я. Богорад. – М. : Машиностроение, 1993. – 102 с.
- 2 **Виноградов, С.С.** Промывные операции в гальваническом производстве / С.С. Виноградов ; под ред. проф. В.Н. Кудрявцева. – М. : Глобус, 2007. – 158 с.

ANALYTICAL DETERMINATION OF CHROMIUM IONS IN ELECTROPLATING WASTEWATER

E.V. LASHKINA

Belarusian State University of Transport, Gomel

ДРЕВЕСИНА – МАТЕРИАЛ БУДУЩЕГО*М.С. МИЛЬТО, А.Ю. ИВАНЕНКО**Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель,
nasya9904229063@outlook.com, marymילו@yandex.ru.*

Разрабатывая новые строительные и конструкционные материалы, химики и технологи особое внимание уделяют их эксплуатационным свойствам. Такие критерии, как экологичность или расход сырьевых и энергоресурсов, отходят поначалу на второй план. Но, в конечном счете, они играют весьма заметную роль, потому что в значительной мере диктуют рыночную цену нового материала. Именно поэтому интерес к традиционным материалам на основе возобновляемых видов сырья стремительно растёт [1].

Типичным примером может служить древесина. Сегодня, благодаря новым технологиям, она может успешно конкурировать с металлами, полимерами и даже керамикой во многих областях.

Цель работы – проанализировать свойства натуральной древесины с позиций использования ее как конструкционного материала.

К главным недостаткам древесины при использовании в строительстве относят гниение, способность воспламеняться и ограниченную возможность формования древесины. Работы многих химиков и технологов направлены на устранение этих недостатков [2].

Так, специалисты Дрезденского технического университета запатентовали новую технологию обработки деревянных конструкций – уплотнение древесины. Процесс уплотнения осуществляется при температуре 150 °С прессом горячего прессования. При этом происходит сжатие микроструктуры древесины, и в результате получается древесина очень высокой плотности – примерно 1 кг/дм³.

Уплотненная древесина способна заменить стальные балки различного профиля в конструкции мостов с сохранением архитектурной гармоничности возводимого моста и обеспечением оптимальных эксплуатационных характеристик. Методом горячего прессования древесины без каких-либо потерь можно получить балки прямоугольного, трапецидального сечения, а затем и пустотелую трубу [3].

Уже разработаны методики спекания древесины с тонкомолотым карбидом кремния для получения древесины со свойствами керамики. Кроме соединений кремния, могут быть использованы и расплавы некоторых солей, что позволяет производить широкий ассортимент современных древесных керамик. Этот новый класс материалов, по мнению ученых, как нельзя лучше подходит для термозащиты космических аппаратов.

Также учеными Белорусского государственного университета транспорта разработаны конструкции из модифицированной древесины торцово-прессового деформирования, которые отлично служат в качестве антифрикционного материала в узлах трения различных машин и механизмов [4].

Продолжаются работы ученых по соединению древесины с полимерными материалами, что позволит избежать гниения и возгорания полученной древесины при эксплуатации [5].

Таким образом, дальнейшие исследования, направленные на улучшение физико-механических и эксплуатационных свойств древесины, позволят расширить области ее применения и использовать в качестве альтернативы искусственным материалам.

Список литературы

- 1 **Соболев, Ю.С.** Древесина как конструкционный материал / Ю.С. Соболев. – М. : Лесная промышленность, 1987. – 248 с.
- 2 **Москалева, В.Е.** Строение древесины и его изменение при физических и механических воздействиях / В.Е. Москалева. – М. : Высш. шк., 1989. – 165 с.
- 3 **Барташевич, А.А.** Материаловедение : учеб. пособие / А.А. Барташевич, Л.М. Бахар. – Ростов н/Д : Феникс, 2005. – 348 с.
- 4 Подшипники скольжения самосмазывающиеся на основе модифицированной древесины : [монография] / А.Б. Невзорова [и др.]. – Гомель : БелГУТ, 2011. – 254 с.
- 5 **Кудина, Е.Ф.** Рециклинг и утилизация целлюлозных отходов / Е.Ф. Кудина // Энерго- и материалосберегающие экологически чистые технологии : материалы Междунар. науч.-техн. конф. ; редкол.: А.И. Свириденко [и др.]. – Гродно, 2005. – С. 161–162.

WOOD IS THE MATERIAL OF THE FUTURE

M.S. MILTO, A.YU. IVANENKO

Belarusian State University of Transport, Gomel

УДК 378.147:54

ВЫБОР ВОССТАНОВИТЕЛЯ ПРИ СИНТЕЗЕ МАГНИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СОРБЦИИ НЕФТЕПРОДУКТОВ ИЗ ОТХОДОВ ГАЛЬВАНОШЛАМОВ

Т.М. МОНЯК

*Полоцкий государственный университет, г. Новополоцк,
Республика Беларусь, t.monjak@psu.by*

Рассматривая различные методы физико-химической очистки вод, загрязненных нефтепродуктами, одними из приоритетных являются сорбционные методы. В настоящее время в качестве сорбционных материалов

изучен следующий ряд: прежде всего это природные органические материалы (например, солома пшеничная, шелуха гречихи, кора осины, уголь бурый измельченный, древесные опилки); синтетические органические материалы (например, пенополистирол, полипропилен, лавсан, резиновая крошка); неорганические материалы (например, вспененный никель, стекловолокно, базальтовое волокно, перлит) или магнитные материалы на основе неорганических материалов [2]. Также перспективным направлением рассматривается применение в качестве сорбционных материалов отходов различных производств, при этом частично решается ещё одна важная экологическая проблема вторичной переработки отходов [3–5]. Данный метод очистки обладает рядом преимуществ: очистка водных объектов до требуемой концентрации загрязнений, возможность десорбции с повторным использованием сорбционного материала [1].

Одним из приоритетных направлений применения сорбентов для очистки нефтесодержащих вод является использование их способности проявлять магнитные свойства. В данной работе в качестве сорбционных материалов использовались образцы десяти гальванических шламов различных производств, из которых были получены порошки методом экзотермического горения в растворах. Образование магнитных фаз возможно за счет наличия в образцах никеля и железа. Анализ первоначального химического состава гальванических шламов показал, что образцы 1, 2, 5, 8 и 9 имели значения процентного содержания от общей массы ниже среднего значения – 15–27 %, образец 4 среднее значение – около 45 % и остальные образцы 3, 6, 7, 10 выше среднего – 62–82 %. При проведении реакции экзотермического горения в растворах были использованы четыре органических восстановителя: глицин, лимонная кислота, гексаметилентетраамин, мочеви́на.

В качестве критерия оценки эффективности сбора нефтепродукта полученными сорбентами был выбран показатель нефтеёмкости. Для её определения была выбрана стандартная методика: извлечение насыщенного нефтепродуктом сорбента из модельного раствора осуществлялось неодимовым магнитом. На рисунке 1 представлены результаты значений нефтеёмкости образцов сорбционных материалов.

Анализ полученных данных показал, что нефтеёмкость образцов сорбционных материалов вне зависимости от состава образца и применяемого восстановителя колеблется в пределах от 0,3 до 3 г/г.

Сорбенты, синтезированные при использовании глицина в качестве восстановителя, имеют значения наибольшей нефтеёмкости и относительно стабильные по всему ряду образцов (на уровне 1,6–3 г/г).

Практически отсутствие нефтеёмкости образца 5 согласуется с минимальным наличием в его составе железа (14,5 мас. %). В то же время содержание железа в образце 7 максимальное (69,3 мас. %), а в образце 2 находится на

среднем уровне (50,8 мас. %). Таким образом, совокупность таких факторов как количество образованных магнитных фаз и удельной поверхности будут определяющими в величине нефтеёмкости получаемого образца.

Данные результаты (см. рисунок 1) подтверждают, что использование глицина в качестве восстановителя наиболее перспективно, так как позволяет получать образцы с максимальным значением упомянутых факторов. Изученные сорбенты показывают схожие значения нефтеёмкости таких органических сорбционных материалов для сбора нефти и нефтепродуктов как кора осины/сосны – 0,5/0,3 г/г; уголь бурый измельчённый – 1–2 г/г; гранулы полипропилена – 1,6 г/г. Наименьшие значения исследуемой характеристики характерны для образцов, синтезированных с использованием гексаметилентетрамина в качестве восстановителя. Также необходимо отметить, что в результате проделанных опытов значения нефтеёмкости имели и отрицательные значения, а в случае применения восстановителя уротропина все полученные значения имели отрицательную величину. Это может быть также обосновано образованием фаз, не обладающих магнитными свойствами, и, как следствие, невозможностью извлечения образца из водной среды вместе с нефтепродуктом, что и привело к отрицательным значениям.

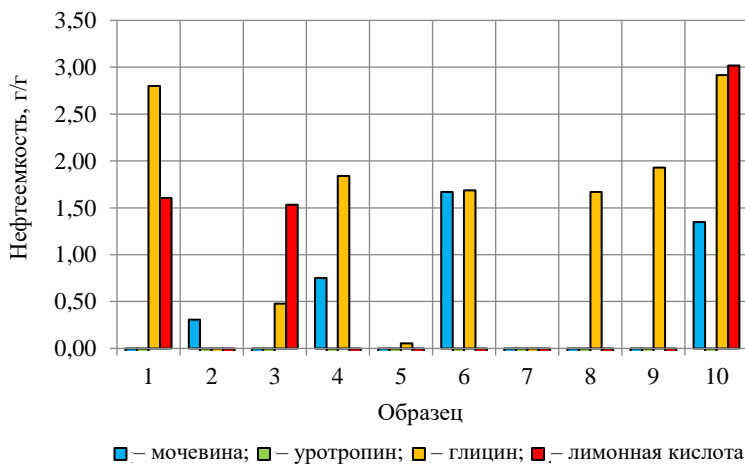


Рисунок 1 – Зависимость нефтеёмкости образца от применяемого восстановителя

Список литературы

1 Очистка нефтесодержащих сточных вод с помощью природных и искусственных сорбентов / Н. М. Привалова [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2015. – № 113. – С. 5–11.

2 **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. ; под общ. ред. Ю. И. Кулаженко. – Гомель : БелГУТ, 2018. – Ч. 1 – С. 215–216.

3 **Моняк, Т.М.** Анализ перспектив использования отходов гальванических производств / Т.М. Моняк, Л.В. Кульбицкая, В.И. Романовский // Вестник полоцкого государственного университета. Сер. Ф. Строительство. Прикладные науки. – 2020. – № 16 – С. 96–100.

4 **Романовский, В.И.** Вододерживающие свойства агрегатов, полученных из отходов отработанных ионообменных смол / В.И. Романовский, В.Л. Грузинова // Вестник БрГТУ. Сер. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2013. – № 2. – С. 101–103.

5 **Грузинова, В.Л.** Сорбционные свойства и эксплуатационные характеристики угольных волокнистых материалов / В.Л. Грузинова, В.И. Романовский // Вестник полоцкого государственного университета. Сер. Ф. Строительство. Прикладные науки. Инженерные сети, экология и ресурсоэнергосбережение. – 2015. – № 16. – С. 141–145.

THE CHOICE OF A REDUCING AGENT IN THE SYNTHESIS OF MAGNETIC MATERIALS FOR THE SORPTION OF OIL PRODUCTS FROM GALVANIC WASTES

T.M. MONAK

Polotsk State University, Novopolotsk, Republic of Belarus

УДК 628.3

МЕТОД ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

Ю.В. МУРАВЬЁВА

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель,
yulia_muraveva@list.ru*

Прежде неисчерпаемый ресурс – пресная чистая вода – становится исчерпаемым. Сегодня воды, пригодной для питья, промышленного производства и орошения, не хватает во многих районах мира. Следовательно, эту проблему надо решать как можно скорее и радикально пересмотреть проблему очищения промышленных сбросов.

На территории Гомельской области эксплуатируются 326 очистных сооружений, из них 22 – искусственной биологической очистки. Имеется 122 выпуска сточных вод в поверхностные водные объекты. С выпуском в поверхностные водные объекты работают 67 очистных сооружений, в том числе 4 – в составе полей фильтрации.

Цель работы – проанализировать используемые методы очистки воды.

Очистка сточных вод – обработка сточных вод с целью разрушения или удаления из них вредных веществ. Освобождение сточных вод от загрязнения – сложное производство. В нем, как и в любом другом производстве имеется сырье (сточные воды) и готовая продукция (очищенная вода).

К наиболее часто используемым методам очистки сточных вод относят механические, химические, физико-химические и биологические. Чаще на практике в Республике Беларусь используются комбинированные методы очистки сточных вод, когда несколько типов методов используется последовательно [1].

Сущность механического метода состоит в том, что из сточных вод решетками, ситами, песколовками, септиками, навозоуловителями различных конструкций путем отстаивания и фильтрации удаляются механические примеси, а поверхностные загрязнения – нефтеловушками, бензомаслоуловителями, отстойниками и др.

Химический метод заключается в том, что в сточные воды добавляют различные химические реагенты, которые вступают в реакцию с загрязнителями и осаждают их в виде нерастворимых осадков. Химической очисткой достигается уменьшение нерастворимых примесей до 95 % и растворимых – до 25 % [2].

При физико-химическом методе обработки из сточных вод удаляются тонкодисперсные и растворенные неорганические примеси и разрушаются органические и плохо окисляемые вещества, чаще всего из физико-химических методов применяется коагуляция, окисление, сорбция, экстракция и т. д.

Биологический метод основан на использовании закономерностей биохимического и физиологического самоочищения рек и других водоемов. Есть несколько типов биологических устройств по очистке сточных вод: биофильтры, биологические пруды и аэротенки.

Выбор оптимальных технологических схем очистки воды – достаточно сложная задача, что обусловлено преимущественным многообразием находящихся в воде примесей и высоким требованиями, предъявленными к качеству очистки воды. Последнее время на очистных сооружениях стала внедряться технология melt-blowing, которая позволила применять волокнистые полимерные системы, эффективно улавливающие и биологически инактивирующие нефтепродукты, органические растворители, ионы тяжелых металлов. Это позволяет существенно упростить решение проблем очистки сточных вод [3].

В целях водосбережения экономическое преимущество имеют, как правило, замкнутые системы водопользования – это система промышленного водоснабжения и водоотведения, в которой многократное использование воды в одном и том же производственном процессе осуществляется без сброса сточных и других вод в природные водоемы. И при этой системе использование волокнистых материалов для очистки имеет высокую степень эффективности и положительный экономический эффект [4].

Таким образом, применение того или иного метода очистки сточных вод в каждом конкретном случае определяется характером загрязнения и степенью вредности примесей. К часто используемым относятся механические и биологические методы очистки. Процесс внедрения безотходного водопользования длительный и требует хозяйственно-финансовой поддержки.

Список литературы

- 1 Новикова, О.К. Технология очистки сточных вод : учеб. пособие / О.К. Новикова. – Гомель : БелГУТ, 2020. – 302 с.
- 2 Кудина, Е.Ф. 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. – Днепрпетровск : Пороги, 2006. – 520 с.
- 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.

BASIC WASTEWATER TREATMENT METHODS

YU. V. MURAVYOVA

Belarusian State University of Transport, Gomel

УДК 543.24

ТИТРИМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В РАСТВОРАХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

Ю.В. МУРАВЬЕВА, Е.В. ЛАШКИНА

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

Очистка промышленных сточных вод остается одной из важнейших проблем современности. Сложность ее разрешения связана с чрезвычайным разнообразием примесей в стоках, количество и состав которых постоянно изменяется вследствие появления новых производств и изменения технологии существующих.

Проведение аналитического контроля на содержание катионов в гальванических ваннах обеспечивает правильность технологических процессов, при соблюдении которых качество гальванопокрытий улучшается. Электролитическое цинкование предназначено для защиты изделий из черного металла от коррозии.

Цель работы – комплексонометрическое определение содержания ионов цинка и кадмия в растворах электролитов технологических ванн металлургического предприятия г. Гомеля.

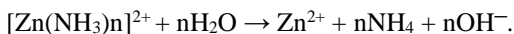
Процессы кадмирования и цинкования осуществляются на автоматической линии со стационарными ваннами различного типа (длина 600–1500 мм,

ширина 550–700 мм, высота – 800 мм). Детали в ваннах располагаются на подвесках. Химический анализ содержания ионов осуществляется каждый раз при запуске линии, но не реже одного раза в неделю.

Цинкование осуществляется в ванне колокольного типа ВК-40 в соответствии в ГОСТ 9.305-84. Отобранный электролит сбрасывается в станцию нейтрализации.

Процесс электролитического кадмирования осуществляется в ванне колокольного типа ВК-1. Используется состав электролита в соответствии с ГОСТ 9.305-84а.

Содержание ионов цинка определяется методом трилонометрического титрования в присутствии трилона Б и индикатора хромогена черного [1]. Компонентом электролита является стойкий комплекс $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_n]^{2+}$, который в результате диссоциации образует ионы цинка:



Определение ионов кадмия проводится комплексонометрическим методом в присутствии трилона Б и индикатора хромогена черного. Комплекс $[\text{Cd}(\text{NH}_3)_n]^{2+}$ при частичной диссоциации образует ионы кадмия двухвалентного [2].

Среднее содержание ионов цинка в ванне цинкования составляет 29,64 г/л, ионов кадмия в ванне кадмирования – 38,93 г/л. В период исследований были строго отслежены процессы ионообразования, продолжительность технологических операций при нанесении покрытий, дозировка химикатов. Содержание ионов цинка в электролитах для оптимального покрытия колеблется в пределах 10 – 38 г/л, ионов кадмия – 23 – 45 г/л.

Сточные воды гальванического производства очищаются с помощью электрокоагуляции. Под действием постоянного электрического тока происходит растворение анодов и переход ионов металлов в жидкую фазу. В очищаемой воде ионы кадмия и цинка подвергаются гидролизу с образованием гидроксидов соответствующих металлов. Среднее содержание ионов цинка составило 0,251 мг/л, кадмия – 0,023 мг/л.

По результатам проведенных исследований определено количественное содержание ионов цинка и кадмия в растворах электролитов гальванических ванн и сточных водах металлургического предприятия. Проведен аналитический контроль содержания тяжелых металлов в растворах электролитов. Полученные данные соответствуют технологическим требованиям гальванопокрытий на приготовление, эксплуатацию, корректирование и проведение химического анализа электролитов.

Список литературы

1 Окулов, В.В. Цинкование. Техника и технология / В.В. Окулов. – М. : Глобус, 2008. – 252 с.

2 Ильин, В.А. Цинкование и кадмирование / В.А. Ильин. – М. : Машиностроение, 1992. – 110 с.

TITRIMETRIC DETERMINATION OF HEAVY METAL CONTENT IN ELECTROLYTE SOLUTIONS

*YU.V. MURAVYEVA, E.V. LASHKINA
Belarusian State University of Transport, Gomel*

УДК 628.16.08

КАТАЛИТИЧЕСКОЕ ОКИСЛЕНИЕ КАК МЕТОД ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ ЖЕЛЕЗА

*Д.А. НАГОРНАЯ, О.Н. ГОРЕЛАЯ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель,
di.nagornaja@mail.ru*

В Беларуси проблема удаления железа из подземных и поверхностных вод является актуальной. Повышенное содержание железа наносит значительный вред здоровью человека. Избыток железа вызывает зарастание водопроводных сетей, водоразборной арматуры в системах водоснабжения.

Способ очищения от железосодержащих примесей зависит от формы содержащегося в воде железа. В поверхностных водах железо обычно встречается в виде органических и минеральных комплексных соединений либо коллоидных или тонкодисперсных взвесей. В подземных водах железо преобладает в виде бикарбоната $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$, но встречается также в виде сульфида FeS , карбоната FeCO_3 , сульфата $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$.

Наиболее распространенный в наши дни способ обезжелезивания – каталитическое окисление. Этот метод позволяет повысить производительность системы очистки воды от железа и сделать само производство более компактным. Реакцию в данной технологии ускоряют специальные химические реагенты – катализаторы. В фильтрующей среде гранулы железа после окисления оседают на поверхность и затем вымываются в дренажные слои при обратной промывке.

Катализатором процесса окисления является фильтрующая среда фильтра-обезжелезивателя. В первую очередь каталитические и фильтрующие свойства этих материалов определяются их высокой пористостью, обеспечивающей среду для протекания реакции окисления и обуславливающей способность к адсорбции. Установки для каталитического окисления и фильтрации компактны и отличаются достаточно высокой производительностью (0,5–20,0 м³/ч и более, в зависимости от сорбента, исходных качеств воды, геометрических характеристик резервуара – баллона из стек-

ловолокна). Реакция окисления железа происходит внутри резервуара установки на гранулах засыпки – специальной фильтрующей среды с каталитическими свойствами.

В качестве фильтрующих загрузок насыпных фильтров обезжелезивания используют природные, содержащие диоксид марганца, или искусственно модифицированные материалы, обогащенные диоксидом марганца в процессе их производства. Все гранулированные каталитические фильтрующие материалы, используемые для обезжелезивания и деманганации воды, схожи в том, что их каталитическая активность базируется на свойствах диоксида марганца, который определенным образом распределяется на развитой поверхности зерна катализатора. Основа материала матрицы катализатора может меняться, но функция диоксида марганца всегда остается неизменной: его способность сравнительно легко изменять свое валентное состояние.

На сегодняшний день окисление железа под действием катализатора и последующая его фильтрация являются наиболее распространенными методами обезжелезивания воды в системах высокой производительности. Таким образом, в реакциях окисления марганца не принимает участие дорогостоящий реагент (перманганат калия) и восстановление рабочей емкости загрузки происходит за счет окислительных свойств кислорода воздуха. Такой метод является гораздо более целесообразным с экономической точки зрения, особенно в отношении к промышленному его применению.

Список литературы

1 **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.

2 **Кулаков, В.В.** Обезжелезивание и деманганация подземных вод : учеб. пособие / В.В. Кулаков, Е.В. Сошников, Г.П. Чайковский. – Хабаровск : ДВГУПС, 1998. – 100 с.

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.

4 Каталитическое окисление [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://vodar.ru/info/articles/metody-ochistki-vody/kataliticheskoe-okislenie/>. – Дата доступа : 10.03.2022.

CATALYTIC OXIDATION AS A METHOD OF WATER PURIFICATION FROM IRON

D.A. NAGORNAYA, O.N. GORELAYA

Belarusian State University of Transport, Gomel

АНАЛИЗ РИСКОВ ИНФРАСТРУКТУРЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И КАНАЛИЗАЦИИ СЕЛИТЕБНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

А.Б. НЕВЗОРОВА

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

В настоящее время становится актуальной подготовка специалистов по стратегическому планированию и модернизации инфраструктуры водоснабжения и канализации (ВиК) селитебной территории [1].

Развитие и внедрение геоинформационных технологий (ГИС) для оцифровки систем ВиК позволяет создать цифровой двойник Водоканала в виде электронной модели, решающей оптимизационные задачи и осуществляющей адаптивное управление с прогнозированием развития событий в рамках заданных граничных условий и уставок. Однако роль цифровых двойников ограничена человеческим фактором и возникновением внезапных рисков аварийных ситуаций при эксплуатации сетей.

Внедрение ГИС сегодня диктуется жесткой необходимостью преодоления убыточности основных видов деятельности водоканалов, повышения энергоэффективности и экономических показателей производства [1–3]. В связи с этими значительными и растущими будущими потребностями коммунальным службам необходимо было найти надежный и эффективный способ управления и планирования технического обслуживания водоканалов и устранения возникающих рисков.

Существует достаточно много производителей ГИС, но наиболее часто на водоканалах внедряется российская ZuluGIS, которая адаптирована под потребности ВиК и в ней существует возможность создавать макросы на языке программирования Visual Basic Script (VBScript) и Java Script (JScript), что позволяет пользователю самостоятельно расширить «функциональные возможности системы», чтобы лучше планировать рост своих усилий по управлению активами ВиК в плане построения идеологии прогностической аналитики технологического обоснования модернизации, поддержки принятия технически и экономически эффективных решений по ремонту и развитию сетей для преодоления проблем возникновения рисков [4, 5].

Если рассматривать селитебную территорию с застройкой гражданских зданий с середины прошлого века, то построение базы данных по цифровизации инфраструктуры сетей ВиК обычно начинается с основных критериев, состоящих из подробных сведений о распределении воды; протяженности и процента изношенности водопроводных сетей; резервуаров хранения чистой воды и идентификации пользователей (население, промышленность и пр.); возраста, диаметра и материала труб; типа почвы, в которой залегает

сеть; давления; основных аварийных ситуаций в течение предыдущих двух лет; близости к крупным или критически важным пользователям; согласованности с проектами по благоустройству данного района; расположения новых сетей; дорожного покрытия; критичности клапанов и состояния футеровки труб и некоторых другие.

При планировании информационных ресурсов необходимо проводить разделение сетей по критериям на вероятность возникновения аварии (ВВА) и последствия аварии (ПА). Данные критерии помогут разработать систему управления рисками на водоканале после анализа его деятельности. Упрощенный качественный метод оценки рисков основан на экспертных оценках компетентных сотрудников водоснабжающей организации или органов госнадзора. При этом риск оценивается как «высокий», «средний» или «незначительный» в зависимости от оценки опасных факторов/событий по каждому типу аварии.

Для оценки степени риска используется информация из ретроспективных данных, опыта, знаний и суждений экспертов водоснабжающих организаций, а также из наилучшей практики сектора водоснабжения и современной технической и научно-технической литературы.

В зависимости от результатов оценки рисков возможен следующий алгоритм действий: 1 – если для опасного фактора риск классифицирован как «высокий» или «очень высокий», необходимо установить подтвержденные меры контроля (предотвращение/минимизация) рисков, 2 – при их отсутствии в срочном порядке разработать программу профилактических мероприятий по управлению рисками; 3 – если для опасного фактора риск классифицирован как «низкий» или «средний», его необходимо документально зафиксировать и регулярно пересматривать. Разработанная матрица, состоящая из ожидаемых, совокупных и групповых рисков, поможет в планировании будущей модернизации, например, в выявлении большой активности в определении того, какая труба будет заменена, и попытках сделать это своевременно и с экономичным подходом.

Используя критерии ВВА и ПА на сетях ВиК, необходимо создавать вариативные модели анализа рисков для полного обзора системы и определения приоритетов в рамках программы по модернизации инфраструктуры ВиК.

Таким образом, процесс идентификации, анализа и оценивания рисков при эксплуатации распределительных сетей ВиК непосредственно связан с цифровой моделью водоканала, с помощью которой можно описать участки системы водоснабжения, на которых может быть сбой, с точки зрения возможности реализации опасных факторов и опасных событий; оценку рисков, позволяющую интерпретировать, сравнивать и легко дифференцировать более значимые риски от менее значимых; проверять и разрабатывать достоверные планы технического обслуживания, просматривать, оценивать и отслеживать высокоприоритетные сети водоснабжения и канализации и их инфра-

структуру, чтобы планировать, какие из них необходимо будет заменить. Также иметь возможность визуализировать результаты анализа рисков, просматривать, где расположены магистрали ВиК и какие из них имеют наивысшую оценку риска. Это позволит планировать будущее техническое обслуживание, экономить время и финансы в долгосрочной перспективе, а также помогать обеспечить бюджет водоканалов, необходимый для поддержки и обслуживания сетей.

Список литературы

1 **Невзорова, А.Б.** Водоснабжение и водоотведение селитебной территории / А.Б. Невзорова, О.К. Новикова, Г.Н. Белоусова. – Гомель : БелГУТ, 2015. – 263 с.

2 **Баженов, В.И.** Цифровое развитие – путь совершенствования, повышения эффективности и надежности работы водоканалов / В.И. Баженов, Е.С. Гогина // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. – 2019. – № 3. – С. 28–40.

3 **Крицкий, А.В.** Цифровой двойник – новый инструмент в развитии водопроводно-канализационного предприятия крупного города / А.В. Крицкий, А.Р. Юсупов, А.Е. Мартыанов // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. – 2020 – № 2. – С. 24–31

4 **Соболевская, Е.А.** Цифровая трансформация: тренды, диктуемые временем (обзор) / Е.А. Соболевская // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. – 2021. – № 4. – С. 6–18.

5 СТБ ISO 31000–2015. Менеджмент рисков. Принципы и руководящие указания. – Введ. 2015–09–01. – Минск : Госстандарт, Минск : БелГИСС, 2015.

INFRASTRUCTURE RISK ANALYSIS WATER SUPPLY AND SEWERAGE RESIDENTIAL TERRITORIES

A.B. NEUZORAVA

Belarusian State University of Transport, Gomel

УДК 628.1:004.94

АКТУАЛЬНОСТЬ ИМИТАЦИОННОЙ И ЭЛЕКТРОННОЙ МОДЕЛИ ВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

А.Б. НЕВЗОРОВА, А.В. РАДЬКОВА, Е.А. ПЕХОТА

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель,
radkova876@gmail.com*

Водоканалы всего мира сталкиваются с растущими проблемами сохранения гидравлической целостности трубопроводов и качества воды в своих водораспределительных сетях. Эти проблемы обусловлены ростом численности населения и миграцией в города, которые продолжают увеличивать

нагрузку на стареющую, неэффективную и уже напряженную инфраструктуру. В связи с этим возникла острая необходимость в интеграции систем диспетчерского контроля и сбора данных с имитационными моделями сетей для активного управления этими сетями [1, 2].

Схема водоснабжения и водоотведения городского города представляет собой совокупность графического (схемы, чертежи, планы подземных коммуникаций на основе топографо-геодезической подосновы, аэрофото-съемочные материалы) и текстового описания технико-экономического состояния централизованных систем горячего водоснабжения, холодного водоснабжения и водоотведения и направлений их развития.

Целью построения электронной модели системы водоснабжения и водоотведения города является создание инструмента, обеспечивающего [3]:

а) графическое отображение объектов централизованных систем водоснабжения и (или) водоотведения с привязкой к топографической основе города;

б) описание основных объектов централизованных систем водоснабжения и (или) водоотведения;

в) описание реальных характеристик режимов работы централизованных систем водоснабжения и (или) водоотведения (почасовые показатели расхода и напора для всех насосных станций в часы максимального, минимального, среднего водоразбора, пожара и аварий на магистральных трубопроводах и сетях в зависимости от сезона) и их отдельных элементов;

г) моделирование всех видов переключений, осуществляемых на сетях централизованных систем водоснабжения и (или) водоотведения (изменение состояния запорно-регулирующей арматуры, включение, отключение, регулирование групп насосных агрегатов, изменение установок регуляторов);

д) определение расходов воды, стоков и расчет потерь напора по участкам водопроводной и канализационной сетей;

е) гидравлический расчет водопроводных и канализационных сетей (самотечных и напорных);

ж) расчет изменений характеристик объектов централизованных систем водоснабжения и (или) водоотведения (участков водопроводных и (или) канализационных сетей, насосных станций потребителей) с целью моделирования различных вариантов схем;

з) оценку выполнения сценариев перспективного развития централизованных систем водоснабжения и (или) водоотведения с точки зрения обеспечения режимов подачи воды и отведения стоков.

В базу данных электронной модели систем водоснабжения и (или) водоотведения входит:

– описание программы моделирования, ее структуры, алгоритмов, возможностей и ограничений при выполнении расчетов;

– описание модели системы подачи и распределения воды, модели системы сбора и отведения сточных вод;

– описание системы ввода, вывода и способа переноса исходных данных и характеристик объектов централизованных систем водоснабжения и (или) водоотведения в электронную модель систем водоснабжения и (или) водоот-

ведения, а также результатов моделирования в другие информационные системы.

Гидравлические модели и модели качества воды представляют собой наиболее эффективные и жизнеспособные средства для прогнозирования поведения сети систем распределения воды при различных нагрузках и условиях эксплуатации. Используя законы сохранения массы и энергии и кинетику реакций, модели определяют давление, расход и качество воды для заданных характеристик системы и условий эксплуатации. Прогностические возможности этих детерминированных моделей обеспечивают мощный инструмент для оценки реакции системы на различные альтернативы эксплуатации и управления, направленные на достижение конкретных целей производительности.

Чтобы быть эффективными, эти модели должны опираться на точное, постоянно обновляемое представление о состоянии водопроводной сети. Это может быть реализовано путем синтеза данных диспетчерского контроля и сбора данных (SCADA), которые в реальном времени используются в качестве граничных условий (например, уровни воды в резервуарах) и рабочих состояний (например, скорости насосов или статус включения/выключения, настройки клапанов) в модели сети.

Этот постоянный поток данных через определенные интервалы времени (например, через 15-, 30- или 60-минутные интервалы или дольше, в зависимости от потребностей конкретного приложения) в сочетании с возможностями моделирования сети позволяет операторам быстро оценивать развитие событий по мере их возникновения, выявлять потенциальные проблемы до того, как они достигнут критического уровня, решительно реагировать на оперативные проблемы и минимизировать последствия.

Например, операторы могут проанализировать влияние прогнозируемого низкого уровня резервуара для хранения на гидравлику сети и определить всех потребителей, на которых негативно повлияет низкое давление. Они могут придумать и сформулировать альтернативные сценарии работы, которые затем можно быстро и точно проанализировать и сравнить для определения соответствующих уровней улучшения и связанных с ними затрат; затем можно выбрать и реализовать наиболее желательный сценарий.

Операторы могут оценить последствия прорыва магистрали, остановки насосов, клапанов и резервуаров, другого планового технического обслуживания или ремонта, а также любых запланированных или незапланированных инцидентов.

Кроме того, наличие имитационной модели сети позволяет чрезвычайно просто создавать отчеты, необходимые для контролирующих организаций. Создание отчетов может быть полностью автоматическим и включать такую информацию, как ежечасные, ежедневные, еженедельные и ежемесячные данные, сопровождаемые графиками, содержащими минимальные, максимальные и усредненные значения по различным временным интервалам.

Электронная модель систем водоснабжения и водоотведения создается на базе программных комплексов, разработанных ООО «Поли-

терм» (г. Санкт-Петербург). Под электронной (имитационной) моделью систем водоснабжения и водоотведения понимается математическая модель этих систем, привязанная к топографической основе города и предназначенная для имитационного моделирования всех процессов, протекающих в ней.

Геоинформационная система Zulu и программно-расчетный комплекс ZuluHydro и ZuluDrain позволяет решать необходимый для разработки «Схемы водоснабжения и водоотведения» набор задач:

- автоматически создавать электронную модель систем водоснабжения и водоотведения при нанесении ее на карту города с графическим представлением объектов, с привязкой к топографической основе и полным топологическим описанием связности объектов (рисунок 1) [3];

- проводить паспортизацию систем водоснабжения и водоотведения;
- выполнять гидравлический расчет;
- моделировать все виды переключений, осуществляемые в системах;
- выполнять расчет балансов;

- проводить групповые изменения трубопроводов, потребителей по заданным критериям с целью моделирования различных перспективных вариантов схемы водоснабжения и водоотведения;

- строить пьезометрические графики и производить их сравнение для разработки и анализа сценариев перспективного развития коммуникаций;

- учитывать реконструкцию коммуникаций, связанную с увеличением диаметра трубопроводов для обеспечения перспективных приростов нагрузок;

- производить расчет отдельных элементов системы водоснабжения и водоотведения.

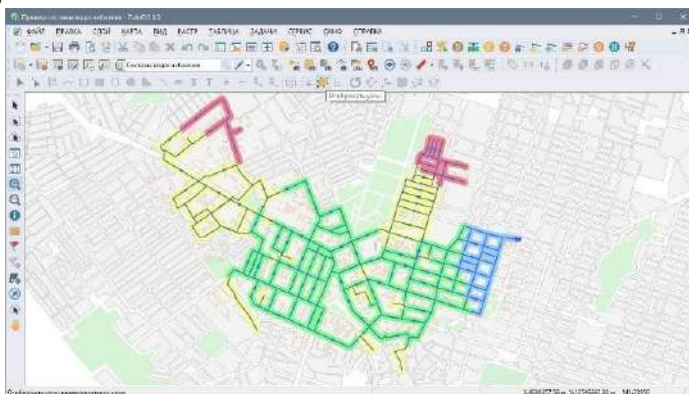


Рисунок 1 – Пример создания электронной модели системы водоснабжения с привязкой к топографической основе городской сети

Таким образом, разработанная и откалиброванная имитационная и электронная модели системы водоснабжения, соединенной с системой SCADA с автоматическим обновлением начальных граничных условий, могут быть использованы в реальном времени для мониторинга системы

города и обеспечения ее эффективной работы. В конечном итоге это приводит к повышению целостности сети, улучшению обслуживания сети и обслуживания клиентов.

Список литературы

1 Колмагорова, Е.М. Обзор российских описаний изобретений по водоснабжению: (за 2007–2008 годы) / Е.М. Колмагорова. – М. : Наука, 2008. – 103 с.

2 Невзорова, А.Б. Автоматизация технологических процессов систем водоснабжения и канализации : учеб-метод. пособие / А.Б. Невзорова. – Гомель : БелГУТ, 2022. – 151 с.

3 Электронная модель систем водоснабжения и водоотведения городского округа. – Кемерово : МЭС «Теплоэнергосервис», 2016. – 31 с.

RELEVANCE OF THE SIMULATION AND ELECTRONIC MODEL OF THE WATER SUPPLY NETWORK IN REAL TIME

A.B. NEUZORAVA, A.V. RADZKOVA, E.A. PEKHOTA

Belarusian State University of Transport, Gomel

УДК 628.179.3

ОСОБЕННОСТИ МОНИТОРИНГА СКРЫТЫХ УТЕЧЕК В ВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ

В.В. НЕВЗОРОВ

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

В настоящее время в городах и населенных пунктах Республики Беларусь состояние подземных трубопроводов водоснабжения достигло критических уровней: порядка 60 % трубопроводов находятся в неудовлетворительном состоянии. Около 50 % от общей протяженности трубопроводов систем водоснабжения исчерпали свой гарантийный срок службы [1]. Также много критических состояний по системам водоснабжения отмечается и в зданиях, построенных в прошлом веке [2]. Это связано как с окончанием жизненного цикла их эксплуатации, так и с явлениями коррозии, деформации, износа и других неблагоприятных явлений. Поэтому актуальной становится задача для ЖКХ – разработка мероприятий по снижению бездоходных потерь питьевой воды на всем протяжении ее подачи потребителю [3].

Цель работы – ресурсосберегающие технологии по мониторингу и диагностике скрытых утечек в водопроводной сети для определения и ликвидации мест прорыва.

Водопроводы – функционально значимые элементы системы и, как показывает практика эксплуатации, наиболее уязвимые. С середины прошлого века в большинстве городов Беларуси прокладывались напорные водопроводные сети в основном из низколегированной стали без коррозионной защиты, что в настоящий момент привело к значительным дефектам водопроводов.

Однако в последние годы статистика количества аварий на водопроводной сети г. Гомеля указывает на постепенное их снижение, что обусловлено увеличением объема работ по перекладке трубопроводов, их реновации, применением новых полимерных труб со значительно большим сроком эксплуатации и другие работы. Число повреждений соединений труб в колодцах снизилось за 5 лет на 50 %. Сокращается количество повреждений, ликвидация которых производится с помощью раскопок. Повышается надежность сетей. В связи с этим возрастает роль диагностики и мониторинга водопроводной сети.

В настоящее время поиск утечек и обнаружение места повреждения трубопровода производится с помощью приборов телевизионной диагностики, используют гидравлический и акустический методы и некоторые другие. Все перечисленные методы позволяют находить скрытую утечку и зоны подземного повреждения трубопровода в системах водоснабжения. Однако методы, позволяющие точно и эффективно определить потери воды на широком участке сети без его отключения, разработаны недостаточно. В настоящее время не существует универсального метода поиска утечки, позволяющего определить любую потерю воды (малую, большую), на трубопроводе из любого материала, поэтому только комплексное использование нескольких методов позволяет точно и быстро определять место утечки.

Например, Мосводоканал использует системы SebaLog и Zonescan. Принцип работы этих систем основан на постоянном сборе информации об утечках в трубопроводах с помощью акустических датчиков-регистраторов (логгеров) (рисунок 1). При утечке вытекающая вода создает шум (звуковые сигналы), которые фиксируются логгерами. Шум утечки постоянен, однако днем из-за высокого уровня помех (интенсивности уличного движения, высокого потребления воды, и так далее) прослушивание не производится. Акустические датчики-регистраторы программируются таким образом, чтобы шум утечек записывались ночью (например, с 2:00 часов до 4:00 часов).

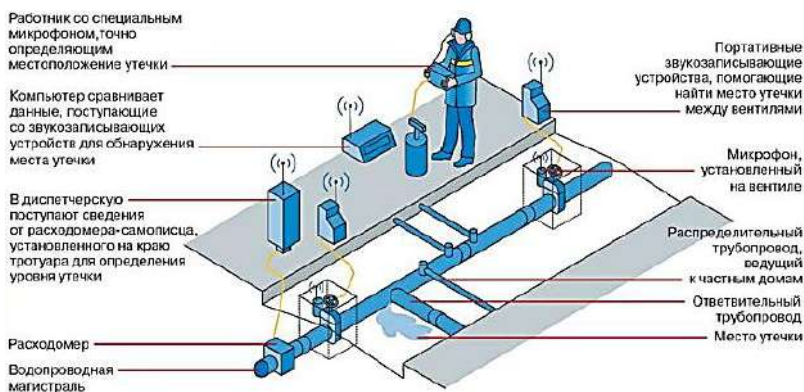


Рисунок 1 – Метод определения утечек вод из подземных трубопроводов

Система состоит из регистраторов уровня шума, блока управления и компьютера со специализированным программным обеспечением.

Единая сеть трубопровода разбивается на различные зоны, в которые регистратор в последующем будет устанавливаться. Затем устанавливаются параметры регистратора. На каждый километр сети трубопроводов необходимо определенное количество регистраторов, которое выбирается в зависимости от ряда параметров: напора, материала, из которого изготовлена труба, и ее диаметра, наличия ответвления/отводов.

Учитывая, что протяженность водопроводной сети в городах довольно большая, то охват сетей системами мониторинга скрытых утечек незначителен. Но в особо проблемных местах, где имеются крупные водопроводные узлы, работа по поиску скрытых утечек с помощью систем мониторинга показала их эффективность в обнаружении таких потерь воды.

Данные системы позволяют обнаружить аварию на ранней стадии, вследствие чего уменьшаются затраты на восстановление аварийного участка трубопровода. С технической точки зрения, этот метод более надёжен, чем другие существующие методы и позволяет охватывать доступную зону водопроводной сети, обнаруживать утечки на трубах из разных материалов [2].

Таким образом, эксплуатирующие организации «Водоканала» могут использовать целый набор диагностических устройств и приборов в зависимости от потребности и технической обоснованности, которые предоставят возможность использовать ресурсосберегающие технологии по мониторингу и диагностике водопроводных сетей, позволяющие быстро ликвидировать аварии, сокращать время выполнения работ и экономить трудовые ресурсы.

Список литературы

1 Правила пользования системами коммунального водоснабжения и канализации Республики Беларусь : утв. постановлением Правительства Республики Беларусь, 12 февр. № 167. – Минск : Минстройархитектуры, 1999 г.

2 Обнаружение скрытых утечек с использованием системы мониторинга водопроводной сети /А.Б. Косыгин [и др.] // Водоснабжение и санитарная техника. – 2010. – № 4. – С. 22–27.

3 **Невзорова, А.Б.** Мероприятия по снижению бездоходных потерь питьевой воды / А.Б. Невзорова // Проблемы безопасности на транспорте : материалы XI Междунар. науч.-практ. конф. В 2 ч. – Гомель : БелГУТ, 2021. – С. 232–234.

4 **Аширова, О.А.** Метод эффективного поиска скрытых мест утечек воды в подземных трубопроводах / О.А. Аширова, А.Т. Салохиддинов // Мелиорация и гидро-техника. – 2017. – № 2 (26). – С. 156–170.

5 **Лепеш, Г.В.** Диагностика и комплексное обслуживание инженерно-технических систем и оборудования зданий и сооружений / Г.В. Лепеш // Технико-технологические проблемы сервиса. – 2016. – № 1 (35). – С. 6–16.

FEATURES OF MONITORING HIDDEN LEAKAGES IN THE WATER NETWORK

V.V. NEVZOROV

Belarusian State University of Transport, Gomel

ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СПОСОБОВ И МЕТОДОВ ОЧИСТКИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Я.Ю. НОВАК

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

Сточные воды предприятий железнодорожного транспорта, производственные и поверхностные, относятся к опасным для окружающей среды. Они загрязнены нефтепродуктами, взвешенными веществами, тяжелыми металлами, щелочами, кислотами и другими соединениями.

Для разработки рациональной конструкции зоны механической очистки моноблочных очистных сооружений проведены теоретические исследования процесса потокораспределения в тонкослойном полочном блоке, установленном под углом β к направлению потока. С учетом закономерностей гидравлики переменной массы получены уравнения [1], позволяющие оценить совокупность факторов, влияющих на этот процесс, и с введением некоторых ограничений и допущений приближенно решена задача для частного случая равномерного распределения потока жидкости между тонкослойными элементами. Установлено, что при восходящем течении и прямом наклоне тонкослойных элементов одним из необходимых условий для равномерного распределения потока в них является изменение относительной глубины подводящего распределительного канала на его длине по зависимости

$$\frac{h_x}{H_0} = \frac{v_0 \left(1 - \frac{x}{L_{\text{вх}}}\right)^2}{v_0 \pm K_1 \frac{h_x}{H_0} \sin \alpha + \beta \frac{x}{L_{\text{вх}}}} \quad (1)$$

С использованием полученного уравнения (1) установлено, что в этом случае возникает неравномерность распределения потока между тонкослойными элементами, причем в отдельных из них фактические скорости потока существенно отличаются от средних скоростей по живому сечению блока. Величина и местоположение максимальных скоростей зависят от средней скорости потока v_0 и значений K_1 . В связи с этим изучено распределение потока в зоне механической очистки установки в диапазоне скоростей $v_0 = 1 \dots 8$ мм/с при различных углах наклона β тонкослойных модулей в отстойной зоне и соответствующих им значений K_1 . При этом распределение воды происходит из канала с линейным изменением его поперечного сечения.

Тонкослойное отстаивание позволяет обеспечить извлечение уже на стадии предварительной очистки до 80 % эмульгированных нефтепродуктов без введения химических реагентов и более 90 % при обработке их химическими реагентами, а также извлечь основное количество механических примесей, что повышает эффективность последующего фильтрования и адсорбционного извлечения оставшихся растворенных нефтепродуктов и тяжелых металлов. Наиболее широко применяемым сорбентом по-прежнему остается активированный уголь.

На основании исследований и полученных данных разработаны две схемы локальных очистных сооружений (ЛОС) с компактной моноблочной комбинированной установкой оригинальной конструкции, включающей зоны тонкослойного отстаивания, плавающего механического фильтра с полистирольной загрузкой и сорбционного фильтра, а также с отдельно стоящим отстойно-фильтрационным блоком и напорным сорбционным фильтром, загруженным активированным алюмосиликатным адсорбентом.

Технический результат от применения установки – повышение качества очистки сточной воды – в предложенной конструкции достигается при одновременном снижении капитальных и эксплуатационных расходов за счет высокой эффективности предварительной механической и фильтрационной очистки и глубокой доочистки сточных вод сорбцией при минимальных габаритах установки.

Данная разработанная установка не сложна в эксплуатации, компактна, занимает немного места и может располагаться как на территории цехов, так и за их пределами, обеспечивает снижение расхода промывной воды вдвое, адсорбент значительно дешевле традиционного активированного угля, потери его при регенерации меньше, а энергоемкость комплекса местных очистных сооружений и себестоимость очистки существенно ниже.

Список литературы

1 **Иванов, В.Г.** Распределение потока жидкости в тонкослойных элементах при переменном сечении подводящего канала. Новые исследования в областях водоснабжения, водоотведения, гидравлики и охраны водных ресурсов : Четвертые академические чтения (19–20 марта 2009 г.) / В. Г. Иванов, Ш. Ш. Эргашев. – СПб. : ОМ-пресс, 2009. – С. 108–111.

2 **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.

3 **Горелая, О.Н.** Влияние дозы восстановителя на свойства магнитных сорбентов из осадков станций обезжелезивания / О.Н. Горелая, В.И. Романовский // Водоснабжение и санитарная техника. – 2022. – № 1. – С. 32–37.

TRENDS AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF WAYS AND METHODS OF INDUSTRIAL WASTEWATER TREATMENT OF RAILWAY ENTERPRISES

Y.Y. NOVAK

Belarusian State University of Transport, Gomel

ОСОБЕННОСТИ ОБРАБОТКИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД НА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

О.К. НОВИКОВА, Д.П. КАРПЕНКО

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель,
ditakarpenko922@gmail.com*

Количество выделяющихся осадков при очистке сточных вод на современных очистных сооружениях составляет 2–10 % (189–200 тысяч тонн осадков сточных вод). В основном осадки сточных вод Республики Беларусь складированы и хранятся на территории очистных сооружений, что пагубно влияет на экологическую ситуацию вблизи города.

Главной причиной данной проблемы является отсутствие проработанного плана, в котором бы предусматривалось снижение экологической нагрузки на окружающую среду. Также необходимо проработать экономическую составляющую.

Нельзя завершить процесс очистки сточных вод, не имея эффективного и экологически безопасного способа утилизации осадков.

Цель работы – анализ и оценка вариантов обработки осадков сточных вод для очистных сооружений Республики Беларусь и выбор наиболее экономически и экологически эффективного варианта обработки.

Осадки, образующиеся в процессе очистки сточных вод (песок из песколовков, осадок первичных отстойников, избыточный активный ил и др.), должны подвергаться обработке с целью обезвоживания, стабилизации, снижения запаха, обеззараживания, улучшения физико-механических свойств, обеспечивающих возможность их экологически безопасной утилизации или размещения (хранения или захоронения) в окружающей среде [2].

Современная технологическая схема обработки осадков включает следующие процессы: уплотнение (сгущение), стабилизацию органической части осадков, кондиционирование, обезвоживание, утилизацию ценных продуктов, ликвидацию.

Уплотнение осадков сточных вод является первичной стадией их обработки и предназначено для уменьшения их объемов. Наиболее распространены гравитационный и флотационный методы уплотнения. Гравитационное уплотнение осуществляется в отстойниках-уплотнителях; флотационное – в установках напорной флотации. Применяется также центробежное уплотнение осадков в гидроциклонах, центрифугах и сепараторах. Перспективно вибрационное уплотнение путем фильтрования осадка сточных вод через фильтрующие перегородки или с помощью погруженных в осадок вибрационных устройств.

Сгущение осадков является одним из наиболее эффективных методов снижения их объемного количества и значения влажности. Метод сгущения осадков позволяет значительно сократить затраты при последующей обработке осадков, в первую очередь при их механическом обезвоживании за счет снижения количества рабочего оборудования с одновременным повышением технологической эффективности обезвоживания. Предварительное сгущение осадков сточных вод также эффективно на стадиях их подготовки к обработке в аэробных или анаэробных условиях, а также при обезвоживании на иловых площадках, обеспечивающих снижение рабочего объема сооружений и их габаритных размеров. Осадки, прошедшие стадию сгущения, сохраняют свойства текучести и могут транспортироваться стандартным насосным оборудованием [3].

Стабилизация осадков используется для разрушения биологически разлагаемой части органического вещества, что предотвращает загнивание осадков при длительном хранении на открытом воздухе (сушка на иловых площадках, использование в качестве сельскохозяйственных удобрений и т. п.). Стабилизация или минерализация органического вещества осадка может осуществляться в анаэробных условиях (метановое брожение) и в аэробных условиях.

Для разрушения коллоидной структуры осадка органического происхождения и увеличения их водоотдачи применяют кондиционирование осадков, в основном реагентный метод. В качестве реагентов могут применяться хлорид железа, известь, в настоящее время получил распространение флокулянт Praestol.

Обезвоживание осадков сточных вод предназначено для получения осадка (кека) влажностью 50–80 %. Обезвоживание осуществляется в основном сушкой осадков на иловых площадках. Однако низкая эффективность такого процесса, дефицит земельных участков в промышленных районах и загрязнение воздушной среды обусловили разработку и применение механического обезвоживания: центрифугирование, фильтрпрессование, термическая сушка. При проектировании цеха механического обезвоживания иловые площадки предусматриваются как аварийные, при производительности свыше 25000 м³/сут.

Ликвидация осадков сточных вод применяется в тех случаях, когда утилизация их является невозможной или экономически нецелесообразной.

Выбор рациональной технологической схемы обработки осадков является сложной инженерно-экономической и экологической задачей, но в любом случае технологическая схема строится на комбинации различных методов обработки осадков, так как технологические схемы зависят от многих факторов: свойств осадков, их количества, климатических условий, наличия земельных площадей и пр.

В зависимости от производительности очистных сооружений и последующего направления утилизации осадков сточных вод могут быть использованы следующие схемы.

1 Сырой осадок из первичных отстойников поступает в бак-накопитель с решеткой-дробилкой и далее на центрифугу. Фугат от центрифуг отводится в аэробный стабилизатор. Туда же подается избыточный активный ил из вторичных отстойников либо после кратковременно уплотнения в уплотнителе. Минерализованная смесь избыточного активного ила и фугата сырого осадка после уплотнения в уплотнителе подается на центрифугу, затем поступает в стабилизатор. Обезвоженный осадок из центрифуг поступает на дальнейшую обработку. В схеме предусмотрены резервные к мехобезвоживанию иловые площадки. Обезвоженный осадок сушится в барабанных сушилках, после чего может использоваться в качестве удобрений [1].

2 Сырой осадок из первичных отстойников поступает в насосную станцию и далее поступает на сбраживание в метантенк. Сброженный осадок из метантенка после промывки и уплотнения подается на сооружения обезвоживания (иловые площадки). Обезвоженный осадок дегельминтизируется в аппаратах с инфракрасными горелками. Далее направляется на площадки или бункеры-накопители для складирования обработанного осадка.

Предложенные технологические схемы обработки осадков сточных вод могут быть использованы при проведении реконструкции очистных сооружений в зависимости от направления утилизации обезвоженных осадков.

Список литературы

1 Технологические схемы утилизации осадков сточных вод [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://alternativa-sar.ru/tehnologu/organizatsiya-i-tehnologii-pishchevykh-proizvodstv/zueva-zartsyna-ekozashchitnye-tehnologii/26_50-3-4-tehnologicheskie-skhemuy-utilizatsii-osadkov-stochnykh-vod. – Дата доступа : 26.02.2022.

2 **Новикова, О.К.** Обработка осадков сточных вод : учеб-метод. пособие / О.К. Новикова. – Гомель : БелГУТ, 2015. – 96 с.

3 Особенности сетчатых гравитационных сгустителей ленточного и барабанного типов, применяемых на очистных сооружениях [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://watermagazine.ru/analitika/obzori/24582-osobennosti-setchatykh-gravitatsionnykh-sgustitelej-lentochnogo-i-barabannogo-tipov-primenyaemykh-na-ochistnykh-sooruzheniyakh.html>. – Дата доступа : 26.02.2022.

PECULIARITIES OF WASTEWATER SLUDGE TREATMENT AT PURIFICATION FACILITIES OF THE REPUBLIC OF BELARUS

O.K. NOVIKOVA, D.P. KARPENKO

Belarusian State University of Transport, Gomel

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ГОМЕЛЬСКОЙ И МИНСКОЙ ОБЛАСТЕЙ

Г.Л. ОСИПЕНКО

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

С каждым годом загрязняется все большее количество как поверхностных, так и подземных вод. В результате антропогенной деятельности оказывается негативное влияние на поверхностные воды путем сброса в них сточных вод. Поступающие загрязнения могут оказывать негативное действие.

Цель работы – провести анализ качества поверхностных вод Гомельской и Минской областей.

Экологическое состояние поверхностных водных объектов определяется на основании гидробиологических показателей, а также проводится определение гидрохимических и гидроморфологических показателей. Эти данные определяются при проведении мониторинга поверхностных вод. Согласно данным Белгидромета преобладающее количество поверхностных водных объектов Беларуси в 2019 и 2020 годах соответствовало отличному и хорошему экологическим статусам по гидрохимическим и гидробиологическим показателям. Если сравнить 2020 год по отношению с 2019 годом, то можно отметить увеличение количества водных объектов с отличным экологическим статусом по гидрохимическим показателям в бассейнах таких рек: Западная Двина, Западный Буг, Припять – в бассейнах р. Неман, Днепр [1].

Согласно данным государственного водного кадастра сбросы сточных вод в окружающую среду составили в 2019 году – 1142,0 млн м³, в 2020 году произошло незначительное увеличение – 1152,0 млн м³. Из которых в поверхностные водные объекты в 2019 году – 1019,1 млн м³, а уже в 2020 году – 1034,5 млн м³. Отмечается увеличение на 15,4 млн м³. Так, в Гомельской области сброс сточных вод в поверхностные объекты в 2019 году составил 143,0 млн м³, в 2020 году – 144, 1 млн м³. Можно отметить, что по городу Гомелю происходит в этих же годах незначительное понижение количества – в 2019 году сброшено 72, 4 млн м³, а уже в 2020 году происходит уменьшение данного показателя до 70, 9 млн м³. Минская область отличается многократным увеличением этих данных по сравнению с Гомельской областью. Так, в Минской области сброс сточных вод в 2019 году составил 154,4 млн м³, что выше аналогичного показателя Гомельской области на 11, 4 млн м³. В 2020 году – 149, 2 млн м³, опять же выше показатель по сравнению с Гомельской областью на 5, 1 млн м³. Сброс сточных вод в поверхностные объекты в городе Минск значительно превышает эти показатели в городе Гомель. Для сравнения: в городе Минске в 2019 году сброс составил 209,3 млн м³, что выше

аналогичного показателя в городе Гомеле в 2,9 раз. Тоже самое можно отметить и в 2020 году – в городе Минске показатель составил 213,3 млн м³, что превышает идентичный показатель в городе Гомеле в 3 раза. Также отмечается повышение количества сброшенных сточных вод в анализируемых годах на 4 млн м³.

Хочется отметить, что в 2020 году произошло сокращение объемов сброса недостаточно очищенных сточных вод. Для сравнения использовались данные двух областей. В ходе анализа установили, что в Минской области характерно наибольшее количество недостаточно очищенных сточных вод – 84,4 %, что является самым большим показателем на территории всей страны. Гомельская область характеризуется же самым наименьшим показателем – 3,9 %. Рекреация, рыбоводство, туризм и спорт значительно увеличивают антропогенную нагрузку на поверхностные водные объекты. В качестве сравнения можно привести данные о количестве водных объектов на территориях анализируемых областей, предоставленных в аренду для различной деятельности. Так, например, в Минской области в 2019 году 110 водных объектов, в 2020 году – 111. В Гомельской области этот показатель значительно ниже, причем отмечено уменьшение их количества – в 2019 году 72 объекта, а в 2020 году происходит уменьшение до 52. Увеличение количества населения приводит к увеличению количества мест отдыха вблизи водных объектов, что и приводит к загрязнению водных источников. Так, в 2019 году количество территории для отдыха возле водных источников Минской области составило 132 мест, в 2020 году произошло незначительное понижение до 125. В Гомельской области 49 и 48 мест соответственно. Хочется отметить, что в данные внесены места, определенные местными исполнительными и распорядительными органами. В то же время имеется большое количество мест неорганизованного отдыха и, как следствие, отсутствие контроля за загрязнением поверхностных вод [1].

Таким образом, нами отмечено, что показатели качества поверхностных вод значительно ниже в Минской области и городе Минске ввиду того, что основное количество населения, предприятий республики сосредоточено на данной территории, которые и оказывают отрицательное воздействие на качественное состояние поверхностных вод.

Список литературы

1 Состояние природной среды Беларуси : экологический бюллетень / под общ. ред. С.А. Дубенюк. – Минск : РУП «ЦНИИКИВР», 2021. – 150 с.

ANALYSIS OF THE STATE OF SURFACE WATER IN GOMEL AND MINSK REGIONS

G.L. OSIPENKO

Gomel State University named after F. Skorina, Republic of Belarus

**УПРАВЛЕНИЕ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ
В Н.П. СТАРЫЕ ДЯТЛОВИЧИ**

Э.Ю. ОСМИНКО

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель,
osminko1199@mail.ru*

Одним из элементов, определяющих качество жизни населения, является уровень доступа к водоснабжению и канализации. Управление водными ресурсами в отдельных районах и в целом в стране, обеспечивающее увеличение доступа населения к водоснабжению и канализации, является одним из факторов, определяющих качество жизни в стране.

Разработка рекомендаций по реконструкции систем водоснабжения и канализации для населенных пунктов Республики Беларусь может быть выполнена только на основании комплексного анализа эффективности работы систем и оценки технического состояния сооружений и оборудования в каждом конкретном населенном пункте.

Объектом исследования является н. п. Старые Дятловичи Гомельского района. Водопотребителями в населенном пункте являются население, проживающее в частных и многоквартирных домах, МЧС, больница, магазин, котельная. По состоянию на 2021 численность населения составляет 129 человек. Фактическое водопотребление составляет 6070 м³/год.

Источником водоснабжения населенного пункта являются две скважины глубиной 50 м. Вода от одной скважины подается в водонапорную башню и далее в водонапорную сеть потребителей. Вода со второй скважины подается напрямую в водонапорную сеть к потребителям.

Водопроводные сети населенного пункта частично закольцованы, имеются тупиковые участки длиной свыше 100 м. Общая протяжённость водопроводной сети составляет 4,42 км, на сети установлены пожарные гидранты (14 шт.). Сети проложены из асбестоцементных и чугунных труб (диаметром 100 мм), стальных – диаметром 50 мм. Глубина прокладки водопроводной сети составляет 1,8–2,0 м.

Показатели качества воды из скважин приведены в таблице 1.

Качество воды по содержанию железа не соответствует требованиям СанПиН 10-124 РБ-99 [1]. Вода с низким содержанием хлоридов, сульфатов и низкой минерализацией очень пресная и безвкусная.

Для обеспечения населения н. п. Старые Дятловичи качественной питьевой водой необходимо проведение модернизации, включающей следующие технологические решения:

- строительство станции обезжелезивания с подключением к существующей системе водоснабжения;
 - замену изношенных участков водопроводных сетей;
 - закальцовку тупиковых участков водопровода.
- Система канализации в н.п. Старые Дятловичи отсутствует.

Таблица 1 – Качественный состав воды из скважин

Показатель	Концентрация, мг/дм ³		Нормы ПДК в питьевой воде, мг/дм ³
	скважина 1	скважина 2	
Цветность	30	30	20 (35)
Мутность	2,35	1,9	1,5
Сухой остаток	175,5	175,5	1000
Хлориды	1,0	1,0	350
Сульфаты	2,26	2,26	500
Медь	0,098	0,098	1,0
Общая жесткость	2,77	2,77	7
Железо	1,9	1,82	0,3

Для улучшения санитарного состояния населенного пункта рекомендуется устройство системы канализации со строительством очистных сооружений с применением инновационных технологий.

Для очистки сточных вод от загрязняющих веществ может быть реализована схема очистки в установке заводского изготовления или с применением грунтово-растительных площадок после предварительного осветления сточных вод [2].

Реализация разработанных проектных предложений позволит обеспечить население качественной питьевой водой, сократить неучтенные расходы воды, снизить отрицательные воздействия на окружающую среду.

Список литературы

- 1 СанПиН 10–124 РБ 99. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Санитарные правила и нормы. – Минск : Минздрав, 1999. – 12 с.
- 2 **Новикова, О.К.** Технология очистки сточных вод / О.К. Новикова. – Гомель : БелГУТ, 2020. – 301 с.

WATER MANAGEMENT IN THE VILLAGE OLD DYATLOVICH I

E.Y. OSMINKO

Belarusian State University of Transport, Gomel

ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ИЗ ОТХОДОВ СТАНЦИЙ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ

М.В. ПИЛИПЕНКО

РУП «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов», г. Минск, Республика Беларусь, marinaby@yandex.by

Подземные воды являются основным источником питьевого водоснабжения в Республике Беларусь. В процессе очистки промывных вод образуются осадки, содержащие преимущественно FeOOH и примеси SiO_2 и карбонатов, а также примеси других элементов в меньшей концентрации.

При проведении исследований предложено использовать данные осадки для выщелачивания железа и использования полученных растворов для синтеза железосодержащих фотокатализаторов методом экзотермического горения в растворах [1–3].

Фотокаталитические свойства полученных образцов исследовали по эффективности деструкции 10 мг/л раствора красителя метиленового синего. Синтез проводили с использованием четырех различных восстановителей [4, 5].

Лучший результат по степени деструкции красителя показали образцы, синтезированные с помощью мочевины (удельная поверхность образца 103,3 $\text{m}^2/\text{г}$) и гексаметилентетраамина (удельная поверхность образца 116,3 $\text{m}^2/\text{г}$). Образцы, полученные с использованием глицина и лимонной кислоты, показали эффективность ниже ультрафиолета.

При дозе 100 мг/л константа скорости реакции возрастает в 3,59 раза для образца, синтезированного с гексаметилентетраамином, и в 3,45 раза для образца, синтезированного с мочевиной. Дальнейшее увеличение дозы катализатора до 400 мг/л приводит к увеличению константы скорости реакции на 21,8 и 23,4 % соответственно.

В таких же условиях были синтезированы образцы с использованием мочевины и гексаметилентетраамина из чистого нитрата железа и протестированы для фотокаталитической деструкции красителя. Сравнительный анализ деструкции в течение 45 минут показал, что для образца, синтезированного с использованием мочевины и чистого нитрата железа, эффективность выше на 0,7 %, чем образца, полученного из отходов, а для образца, синтезированного с использованием гексаметилентетраамина и чистого нитрата железа, эффективность выше на 1,3 % соответственно.

Список литературы

1 Романовский, В.И. Железо-молибден-содержащие фотокатализаторы из осадков очистки промывных вод фильтров обезжелезивания / В.И. Романовский, Д.М. Кули-

чик, М.В. Пилипенко // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2019. – № 6 (180). – С. 73–78.

2 Железосодержащие фотокатализаторы из осадков очистки промывных вод фильтров обезжелезивания / В.И. Романовский [и др.] // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2019. – № 3 (177). – С. 24–28.

3 **Романовский, В.И.** Железо-цинк-содержащие фотокатализаторы из осадков очистки промывных вод фильтров обезжелезивания / В.И. Романовский, Д.М. Куличик, М.В. Пилипенко // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2019. – № 4 (178). – С. 71–77.

4 **Горелая, О.Н.** Магнитный сорбент из отходов водоподготовки для удаления нефтепродуктов из водных сред / О.Н. Горелая, Н.Л. Будейко, В.И. Романовский // Вестник полоцкого государственного университета. Сер. Ф. Строительство. Прикладные науки. – 2020. – № 16 – С. 52–57.

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.

PHOTOCATALYTIC MATERIALS FROM WASTE OF IRON REMOVAL STATIONS

M.V. PILIPENKO

CRICUWR, Minsk, Republic of Belarus

УДК 621.644

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И КАНАЛИЗАЦИИ

Н.А. САВКОВ

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель,
mikita.saukou@eneca.by*

В настоящее время использование BIM-технологий при проектировании является неотъемлемой частью, как и стандартные чертежи в 2D-формате. Такие программы как Revit, 3D Max, Civil 3D позволяют более полно визуализировать процесс проектирования, а также с полной детализацией представить проект заказчику на всех этапах проектирования [1].

В качестве примера рассмотрим учебный проект систем водоснабжения и канализации промышленного предприятия.

Первым этапом является расчёт расходов на водоснабжение и канализацию согласно исходным данным от технического отдела (ТХ) – численность работающих в корпусе принята по штатному расписанию и согласована Заказчиком. Задание от архитектурного раздела состоит из количества душевых сеток, данных для расчёта системы пожаротушения здания, а также самого архитектурного проекта, выполненного в Revit.

Производится расчёт секундного, часового и суточного расходов воды на ХВС и ГВС, а также расход системы водоотведения. Произведён подбор и расчёт требуемого расхода на пожаротушение.

Далее на основании гидравлического расчёта, который также может производиться программой «Таблицы Шевелева», изображённой на рисунке 1, подбираются трубопроводы требуемого диаметра и материала.

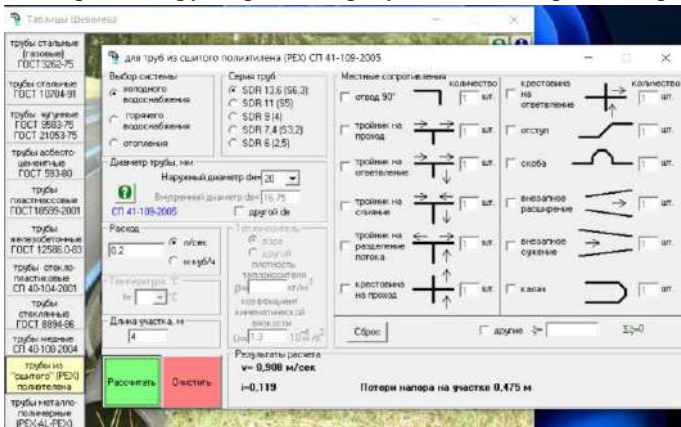


Рисунок 1 – Программа для гидравлического расчёта трубопроводов «Таблицы Шевелева»

Затем следует подбор водомерного узла, противопожарной насосной установки, пожарных кранов.

После данных этапов происходит само проектирование систем с размещением самих сантехнических приборов, согласованных с Заказчиком, присоединение их к системе трубопроводов, соединяющей здание с городскими системами водоснабжения и канализации.

Фрагмент спроектированной системы представлен на рисунке 2.

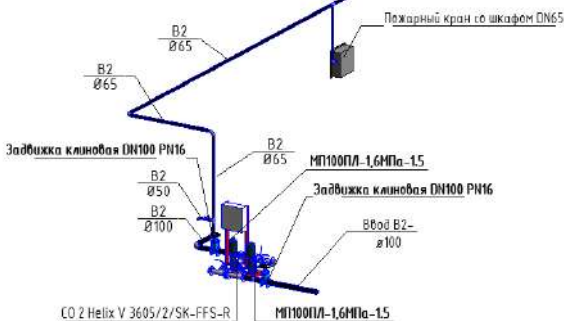


Рисунок 2 – Фрагмент системы противопожарного водоснабжения

Помимо проектирования систем, используя 3D-модели, программа Revit позволяет выполнять спецификации, оформленные листы для печати согласно стандартам, а также выполнять как плоские, так и объёмные схемы, аксонометрии и разрезы, производить анализ систем трубопроводов на избыточное давление и скорости, находить неприсоединённые части, фитинги.

Однако немаловажным преимуществом технологий BIM является возможность создавать, загружать, дополнять «семейства» любых используемых моделей: кирпич, труба, тройник, отвод, вентиль, унитаз и т. д.

На данный момент все крупные производители имеют свои библиотеки BIM-моделей для проектировщиков.

Список литературы

1 Невзорова, А.Б. Основные принципы информационного моделирования зданий / А.Б. Невзорова, М.С. Афонченко. – Гомель : БелГУТ, 2017. – 107 с.

THE USE OF BIM-TECHNOLOGIES IN THE DESIGN OF WATER SUPPLY AND SEWERAGE SYSTEMS

N.A. SAVKOV

Belarusian State University of Transport, Gomel

УДК 504.5:631.859

РОЛЬ ФОСФАТОВ В ГИДРОСФЕРЕ

Л.В. САМУСЕВА, В.Б. КАЙСТРУК, В.Е. СОЛОВЬЁВА, К.В. ПЕРЕЦ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель,
viktoriakaystruk@mail.ru

Фосфаты являются важными биогенными элементами. Они необходимы для полноценного функционирования всех живых организмов. В воде фосфаты находятся в виде неорганических, органических и органоминеральных соединений, а также входит в состав клеток гидробионтов. Стоит отметить, что максимальной биодоступностью обладают неорганические соединения [1].

Фосфаты – это соли фосфорных кислот, которые входят в состав удобрений и используются для производства многих лекарственных средств. С фосфатами человек сталкивается всюду: они содержатся в промышленных и бытовых сточных водах, моющих средствах (средства для мытья посуды, стиральных порошков, и других детергентов). Виды фосфатов представлены на рисунке 1.



Рисунок 1 – Виды фосфатов

Больше половины стиральных порошков, которыми мы пользуемся, содержат вещество, особо опасное для водного бассейна – триполифосфат натрия (ТПФ). Его содержание в порошке колеблется от 15 до 40 %. При стирке ТПФ снижает жесткость воды, усиливая действие поверхностно-активных веществ (ПАВ), тем самым улучшает моющее действие порошка [2].

Повсеместное использование моющих средств наносит вред окружающей среде. Вода со стиральным порошком после стирки попадает в реки и озера, так как современные городские очистные сооружения оставляют в воде значительную часть этих соединений.

В водоемах, перенасыщенных фосфором, начинается неконтролируемый процесс роста биологической продуктивности. Это проявляется в цветении воды и размножении цианобактерий, продуцирующих токсины. Такого рода токсины вызывают нехватку кислорода, мор рыбы, отравление людей и животных. Большое количество биомассы в верхнем слое воды не пропускает солнечный свет на глубину.

Организмы, а в частности это рыбы и животные, которые питаются донными растениями, постепенно исчезают. В грунте пострадавшего водного объекта происходит разложение отмерших организмов без доступа кислорода с выделением ядовитых веществ, таких как фенол, метан, сероводород.

Экосистема данного водного объекта трансформируется, гибнет большая часть флоры и фауны, воду больше нельзя пить и использовать в быту.

С целью сохранения окружающей среды фосфаты в моющих средствах (стиральных порошках) можно заменить на минеральные вещества, которые улучшают качество стирки и не вредят экологии [3]. К ним относится, например, дисиликат натрия – природный минерал, который присутствует в земной коре в большом количестве. Он смягчает воду для стирки и защищает стиральную машину от накипи. Стиральные порошки, безопасные для экологии, могут содержать более 50 % дисиликата натрия.

Другой природный минерал вулканического происхождения – цеолит. В составе стирального порошка цеолит способствует механическому очищению белья от загрязнений, не нанося вреда экологии.

В состав стиральных порошков, не наносящих вреда экологии, иногда входят энзимы. Энзимы – это известные всем ферменты. Стиральные по-

рошки с энзимами лучше отстирывают белковые загрязнения на одежде. При производстве стиральных порошков важно, чтобы энзимы производились без генно-модифицированных организмов.

Список литературы

1 Ваггаман, В. Фосфорная кислота, фосфаты и фосфорные удобрения / В. Ваггаман : пер. с англ. М. В. Бренера ; под ред. А. И. Шерешевского. – М. : Госхимиздат, 1957. – 724 с.

2 Кудина Е.Ф. 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 Безопасность водных экосистем и проблемы реализации процесса очистки сточных вод от биогенных веществ / Козачек А.В. [и др.] // Вестник российских университетов. Математика. – 2015. – № 1. – С. 219–222.

THE ROLE OF PHOSPHATES IN THE HYDROSPHERE

L.V. SAMUSEVA, V.B. KAYSTRUK, V.E. SOLOVYOVA, K.V. PERETZ

Belarusian State University of Transport, Gomel

УДК 70.25

ДЕЗАКТИВАЦИЯ СТОЧНОЙ ВОДЫ НА ПРИМЕРЕ ЛЕЧЕБНО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКОГО ЦЕНТРА

Д.Д. СЕВЕРИН

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

В связи с развитием ядерной энергетики и расширением области применения радиоактивных изотопов в медицине, возникла необходимость дезактивации сточной воды в медицинских центрах.

Дезактивация воды имеет свои особенности. Это и необходимость высокой степени очистки, ограниченность допустимых методов и необходимость обезвреживания или захоронения выделенных из воды радиоактивных веществ.

Поэтому дезактивировать сточную воду можно только двумя способами: выдерживанием ее перед подачей в городскую канализационную сеть в течение определенного промежутка времени (способ деконтаминации); удалением из нее взвешенных или растворенных радиоактивных веществ. Так как рассматривается лечебно-профилактический центр с применением методов радиационной медицины, применим первый метод по причине загрязнения короткоживущими изотопами или жидкими радиоактивными отходами низкой активности. Такие отходы при значительном разбавлении неактивными стоками можно сбрасывать в канализационную сеть.

Рассмотрим применения данного способа. Загрязненная сточная вода поступает в приемный бассейн, откуда с помощью насосов перекачивается в бассейны хранения. Насосы включаются при наличии разрешающего сигнала с датчика уровня, расположенного в насосной. Программа устройства управления регистрирует количество включений насоса (время работы) и определяет, какой из насосов в данный момент времени находится в работе (основной) и какой в резерве (недельное подключение). Заполнение бассейнов для хранения загрязненной сточной воды производится поочередно. Программа устройства управления, учитывая сигналы от датчиков уровня, выдает соответствующие сигналы на клапаны.

Блоки детектирования измеряют радиоактивность сточной воды и результаты выводятся на центральный пульт радиационного контроля. Установка для измерения объемной активности радиоактивных газов в воздухе контролирует радиоактивность воздуха в помещении деконтаминации. Блок детектирования измеряет интенсивность радиоактивного излучения на выпуске сточной воды в городской коллектор.

Программное обеспечение надзорного компьютера выдает оператору подсказку об истечении срока хранения и о величине интенсивности радиоактивного излучения. Выпуск сточной воды из бассейнов осуществляет оператор при выполненном условии – радиоактивность ниже нормы, выдавая соответствующую команду на устройство управления с надзорного компьютера. Если в процессе выпуска воды поступит сигнал о превышении допустимой нормы интенсивности радиоактивного излучения, программа устройства управления закрывает один клапан и открывает другой, направляя сточную воду обратно в насосную станцию. В случае если все бассейны заполнены, а ни из одного из них не разрешен выпуск воды, оператор должен освободить бассейн, в котором наименьший уровень радиоактивности.

Решение проблемы дезактивации воды осложняется большим разнообразием химических свойств радиоизотопов. Поэтому чрезвычайно важно наличие эффективного радиометрического контроля.

Список литературы

- 1 О радиационной безопасности : Закон Респ. Беларусь от 21 дек. 2005 г. № 72-3. – Минск, 2019. – 26 с.
- 2 Обезвреживание и дезактивация радиосодержащих солевых отходов / Ю.П. Кудрявский [и др.] // ЭКиПР. – 2007. – № 4. – С. 43–45.
- 3 Кузнецов, Ю.В. Основы очистки воды от радиоактивных загрязнений / Ю.В. Кузнецов, В.Н. Щebetковский, А.Г. Трусов ; под ред. В.М. Вдовенко. – М. : Атомиздат, 1974. – 360 с.

DECONTAMINATION OF WASTE WATER ON THE EXAMPLE OF A TREATMENT AND PREVENTION CENTER

D.D. SEVERIN

Belarusian State University of Transport, Gomel

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ ПЕРВОГО ПОДЪЁМА

А.П. СЕЛЮЖИЦКАЯ

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

Функционирование насосных станций первого подъёма происходит равномерно и без перерывов на протяжении суток. Они оснащены как минимум двумя ведущими насосами и одним или двумя резервными, что ведет за собой большое энергопотребление. Совершенствование систем управления электроприводами связано не только с воздействием электропривода на качество технологического процесса, но и с уменьшением потребления электроэнергии при внедрении мероприятий по энергоэффективности [1, 2].

Цель работы – выявить причины высокого потребления электроэнергии и привести методы моделирования энергопотребления.

Причины низкой эффективности насосных станций первого подъёма могут быть следующими.

1 Напор установленных насосов может значительно превышать фактические потребности. В последние 20 лет водопотребление снижается, уменьшаются объемы перекачки и потери напора в трубопроводах. Они влекут потери электроэнергии и, соответственно, существенные переплаты.

2 Работа насосов в режиме значительного превышения по подаче правой границы рабочей области. Увеличивается нагрузка на вал и подшипники, возникает кавитация, повышается вибрация. Как следствие, ресурс подшипников и уплотнений снижается, вал ротора ломается, насос преждевременно выходит из строя. Для некоторых объектов характерна эксплуатация с подачей за пределами левой границы рабочей области. Это может привести к рециркуляции перекачиваемой жидкости на входе и выходе рабочего колеса и вызвать снижение ресурса рабочего колеса, подшипников и уплотнений.

3 Падение напорных характеристик и снижение КПД насосов происходит, когда насосы работают длительное время без ремонта или в перекачиваемой жидкости повышено содержание твердых частиц, увеличивается зазор в щелевых уплотнениях рабочего колеса из-за их износа. В результате возрастают протечки. КПД может снизиться на 10 % и более.

На ряде насосных станций насосы работают в режиме кавитации из-за изменения параметров на входе. Происходит это при снижении уровня подающего резервуара, засорении водозаборных решеток, падении отметки уровня водоема на водозаборе.

При проведении обследования на расход электроэнергии:

– определяют типовые режимы работы насосной станции (НС), параметры сети, профиль и диапазон их изменения;

– выясняют соответствие установленного оборудования характеристикам сети;

– выявляют конкретные элементы сети, модернизацией или изменением режима работы которых можно сократить энергопотребление;

– оценивают размер экономии;

– выдают необходимые рекомендации.

Методы моделирования энергопотребления [3, 4].

Применение энергоэффективного насосного оборудования и ЧРП (частотно-регулируемого привода) позволит обеспечить эксплуатацию насоса в режимах высокого КПД во всем диапазоне подач насосной станции.

Одним из мероприятий, направленных на повышение эффективности использования электроэнергии, является применение в качестве способа регулирования производительности насосов, изменения их скорости вращения. На основании вышесказанного выделяются два основных наиболее перспективных пути энергосбережения: использование регулируемого электропривода и оптимизация режимов работы насосных агрегатов на основе компьютерной математической модели.

Наиболее весомое уменьшение затрат связано с применением регулируемого электропривода насосных агрегатов взамен традиционно используемого нерегулируемого, что на большинстве насосных станций продолжается эксплуатация технологических схем, не использующих регулируемые электроприводы, препятствием чему служит то, что подобная модернизация требует значительных капитальных затрат.

Можно установить насосы с пониженным значением напора и увеличенным значением номинальной подачи.

В ходе исследования показано, что в ряде случаев в качестве основного либо в дополнение к указанным способам можно изменить регламент работы насосов на объекте. Экономия электроэнергии при модернизации составляет от 10 до 60 %, а срок окупаемости данных мероприятий не превышает 2–5 лет.

При выборе способа повышения энергоэффективности НС необходимо учитывать не только начальную стоимость оборудования и затраты на обслуживание, но и планы по изменению объемов перекачки. Это позволит подобрать оборудование нужного типоразмера и избежать необоснованных затрат.

Список литературы

1 **Грунтович, Н.В.** Развитие методического обеспечения диагностирования и прогнозирования энергоэффективности технологических систем водоснабжения и водоотведения / Н. В. Грунтович, Д. Р. Мороз, А. А. Капанский // Энергоэффективность. – 2015. – № 1. – С. 20–23.

2 Водное хозяйство и ЖКХ [Электронный ресурс]. – Режим доступа : **Ошибка! Недопустимый объект гиперссылки.** – Дата доступа : 03.03.2022.

3 Анализ причин низкой энергоэффективности насосного оборудования на промышленных предприятиях [Электронный ресурс]. – Режим доступа : **Ошибка! Недопустимый объект гиперссылки.** – Дата доступа : 03.03.2022.

4 **Невзорова, А.Б.** Автоматизация технологических процессов систем водоснабжения и канализации : учеб-метод. пособие / А.Б. Невзорова. – Гомель : БелГУТ, 2022. – 151 с.

SIMULATION OF ENERGY CONSUMPTION OF THE FIRST LIFT PUMPING STATION

A.P. SELYUZHITSKAYA

Belarusian State University of Transport, Gomel

УДК 631.432:631.559

ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА И КОЛИЧЕСТВА ГРУНТОВЫХ ВОД НА УРОЖАЙНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ

А.В. ТУРЦЕВИЧ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель, sashka.392@mail.ru

В условиях глобальных изменений климата, влияющего на жизнедеятельность растений и урожайность сельскохозяйственных культур, актуальной является оценка влияния грунтовых вод на урожайность сельскохозяйственных культур с целью дальнейшего планирования сельскохозяйственного производства [1].

Цель работы – проанализировать влияние качества и количества грунтовых вод на урожайность сельскохозяйственных угодий.

Грунтовая вода – это вода первого от поверхности Земли постоянно существующего водоносного горизонта, расположенного на первом водоупорном слое. Имеет свободную водную поверхность. Обычно над ней нет сплошной кровли из водонепроницаемых пород. В связи с неглубоким залеганием от поверхности уровень грунтовых вод испытывает значительные колебания по сезонам года: он то повышается после выпадения осадков или таяния снега, то понижается в засушливое время. В суровые зимы грунтовые воды могут промерзать. Эти воды в большей мере подвержены загрязнению.

Грунтовые воды образуются за счёт насыщения атмосферными осадками, водами рек и озёр, притоком поверхностных вод. Область питания грунтовых вод обычно совпадает с областью распространения водоносного горизонта. Мощность горизонта непостоянна и зависит от свойств водосодержащих пород, расстояния до области разгрузки, интенсивности питания, испарения, темпера-

туры и даже от хозяйственной деятельности человека (строительство гидротехнических и гидромелиоративных сооружений, откачка воды и нефти из недр, добыча полезных ископаемых, удобрение сельскохозяйственных земель, промстоки и др.). Расположение грунтовых вод на территории Республики Беларусь отображено на карте (рисунок 1) [2].

Главная характерная особенность грунтовых вод, отличающая их от более глубоких артезианских вод, – отсутствие напора.

В грунтовых водах есть ещё подвид, так называемая «верховодка» – сезонное скопление вод в верхнем водонасыщенном слое грунта над водоупорными глинистыми или суглинистыми породами.

Уровень грунтовых вод определяется весной, когда он наиболее высокий, когда таяние зимнего снега происходит очень интенсивно. Высокий уровень этих вод может быть и осенью вследствие затяжных дождей. Уровень определяется замером расстояния от поверхности грунта до зеркала воды в ближайших колодцах или в скважинах.

Факторы, влияющие на уровень урожайности сельскохозяйственных культур, условно можно разделить на природно-климатические и антропогенные, т. е. связанные с воздействием человека на урожайность сельскохозяйственных культур [3].

Влияние грунтовых вод на растения может быть как положительным, так и отрицательным. Растения угнетаются и гибнут, если в корнеобитаемом слое накапливаются за счет грунтовых вод повышенные концентрации легкорастворимых солей и происходит заболачивание с развитием бескислородной обстановки и накоплением ядовитых закисных соединений железа и марганца.



Рисунок 1 – Глубина водоносных горизонтов грунтовых вод Республики Беларусь

Наблюдения за влиянием грунтовых вод на сельскохозяйственные культуры показывают, что при залегании грунтовых вод глубже 3–4 м их режим является нейтральным, индифферентным по отношению к растениям. При глубине грунтовых вод ближе 0,5–1,0 м от поверхности в большинстве случаев режим грунтовых вод оценивается как критический. Если грунтовые воды залегают на глубине от 0,5 (1,0) до 3,0 (4,0) м, то их режим, в зависимости от степени минерализации воды, может характеризоваться или как оптимальный, или как критический. Слабоминерализованные грунтовые воды (менее 0,5 г/л) в пределах этих глубин оказывают разное положительное влияние в зависимости от сельскохозяйственных растений, а воды повышенной минерализации всегда действуют негативно, в зависимости от экологических особенностей растений и степени минерализации воды.

При грунтовых водах повышенной минерализации или слабоминерализованных, но со щелочным составом, действует общее правило для всех растений. В зоне основного обитания корней не должно происходить десуктивно-выпотное накопление солей, так как это приводит к снижению уровня плодородия. Глубина залегания пресных грунтовых вод представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Оптимальная глубина залегания пресных грунтовых вод для различных растений

Растения	Глубина воды, см	Растения	Глубина воды, см
Пшеница	90–110	Яблоня	140–200
Ячмень	90–110	Груша	140–200
Овес	80	Слива	120–160
Лен	80–100	Вишня	120–160
Кукуруза	100–120	Грецкий орех	160
Картофель	100–120	Виноград	110–150
Хлопчатник	100–150	Абрикос	150–200

Уровень грунтовых вод, при котором начинается угнетение и гибель растений, называется критическим. В условиях умеренно сухих и засушливых (при коэффициенте увлажнения менее 1,0) критическая ситуация возникает, главным образом, из-за высокой минерализации грунтовых вод (более 0,5–1,0 г/л). Однако в прирусловых частях пойм и среди песчаных массивов грунтовые воды могут быть пресными и их негативное влияние в этих случаях определяется только возможным фактором заболачивания. Во влажных условиях при климатическом коэффициенте увлажнения более 1,0 повышение минерализации в водах встречается редко, и их влияние на растения зависит от глубины залегания зеркала грунтовых вод.

Таким образом, целесообразнее в местах большого скопления грунтовых вод устраивать лесопосадки с быстрорастущими деревьями (ива, верба, то-

поль и другие), которые в дальнейшем после вырубki могут быть использованы в виде топливных гранул и брикетов в твердых топливных котлах для получения тепловой и электрической энергии в здании.

Список литературы

1 Грунтовые воды и их экологическая значимость [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://scicenter.online/ekologiya-pochv-scicenter/gruntovyye-vodyi-ekologiches-kaya-165354.html>. – Дата доступа : 26.02.2022.

2 Грунтовые воды [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.project-house.by/groundwaters>. – Дата доступа : 26.02.2022.

3 Зависимость урожайности сельскохозяйственных культур [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://bseu.by:8080/bitstream/edoc/72525/1/Pod_khvatilina_S.S._s._23_27.pdf. – Дата доступа : 26.02.2022.

INFLUENCE OF THE QUALITY AND QUANTITY OF GROUNDWATER ON THE YIELD OF AGRICULTURAL LAND

A.V. TURTSEVICH

Belarusian State University of Transport, Gomel

УДК 721:004.94(476)

ВНЕДРЕНИЕ BIM-ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И КАНАЛИЗАЦИИ

A.V. УРИЦКАЯ, О.К. НОВИКОВА

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

Реальный объект завершеного строительства имеет 80 % отклонений от проектной документации. С помощью BIM-технологий можно снизить количество ошибок и повысить качество проектирования. Информационная модель решит большинство задач, возникающих и на последующих этапах строительства, осуществит полноценный контроль над сдачей проекта в эксплуатацию [1].

Цель работы заключается в рассмотрении преимуществ BIM-технологий, возможностей и проблем их внедрения в Республике Беларусь.

Технологии информационного моделирования (BIM-технологии) – это подход к построению процессов, которые начинаются с создания интеллектуальной 3D-модели и обеспечивают возможности управления на протяжении всего жизненного цикла проекта (планирование, проектирование, строительство, эксплуатация и обслуживание) [2]. Преимущества BIM-технологий:

- все данные о строительстве объединяются в одной среде, где можно увидеть текущий ход работы в любое удобное время;
- качество проектирования возрастает и сокращается число коллизий;
- отслеживаются сроки производства работ, выявляются отставания, рассчитываются ресурсы, фиксируются отступления от проекта;
- рутинные работы автоматизируются.

За рубежом BIM-технологии уже давно приобрели популярность.

В Великобритании уровень применения технологии в 2019 г. составил 70 %. В США с 2007 г. введено обязательное использование технологии при разработке кадастровых и геопространственных данных. В Сингапуре в 2010 г. был разработан проект дорожной карты по внедрению BIM для перехода 80 % отрасли на BIM-технологии уже к 2015 г. Европейский союз в 2014 г. оценил экономическую выгоду от использования BIM и стал создавать условия для его более активного внедрения. В целом объем мирового рынка BIM в 2019 г. составил 4,9–5,2 млрд дол. К 2027 г. ожидается, что он достигнет уровня 15,1–15,6 млрд дол. [4].

На развитие BIM в Беларуси повлияли эра digital-технологий и цифровизация экономики государства. Однако при его внедрении столкнулись с некоторыми проблемами: недостаточность законодательного регулирования; дефицит кадров; существенные первоначальные затраты и снижение эффективности работы за счет внедрения BIM-технологий; слабая информированность компаний строительной отрасли о преимуществах технологии.

Для решения кадрового вопроса компании взаимодействуют с вузами. Ежегодно студентов старших курсов приглашают на преддипломную практику, чтобы поработать вместе с действующими проектировщиками и понять специфику будущей профессии.

Пример выполненного проекта систем водоснабжения и канализации приведен на рисунке 1.

В Республике Беларусь BIM-технологии применяются отдельными проектными институтами и компаниями («Белпромпроект», «Белгоспроект», «Гомельский ДСК», ООО «Технологии управления проектами», ЭНЕКА) преимущественно в рамках реализации пилотных проектов, включенных в государственные программы [32].

План внедрения BIM предусматривает организацию обучения специалистов в отношении применения BIM в рамках высшего образования, дополнительного образования (рисунок 2) [2].

В настоящее время в Республике Беларусь проводится достаточно большое количество мероприятий различного формата по тематике информационного моделирования в строительстве: Республиканские семинары, BIM-завтраки, BIM-марафоны, вебинары, конкурсы.

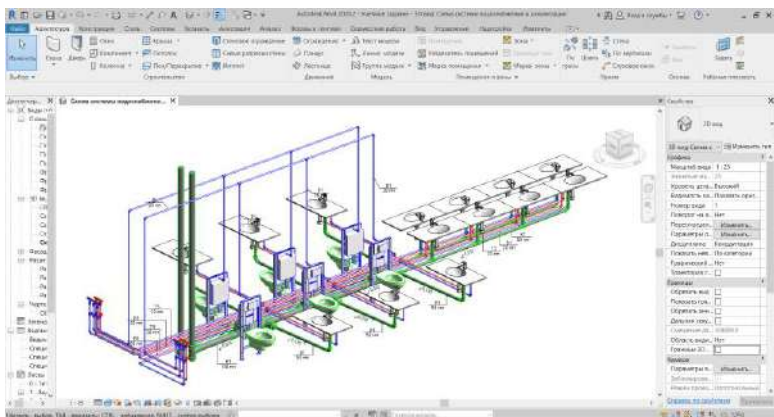


Рисунок 1 – 3D-модель систем водоснабжения и канализации



Рисунок 2 – Пример учебного проекта

Эти мероприятия, с одной стороны, содействуют популяризации технологии BIM, а с другой – являются площадкой для взаимодействия специалистов, обмена опытом, обсуждения многочисленных проблем.

Беларусь находится в самом начале пути внедрения BIM-технологии, по которому давно и успешно движутся многие страны.

В республике выполняется план внедрения информационного моделирования в строительную отрасль, однако руководители многих проектных компаний и институтов пока не могут совершить качественный переход от традиционного проектирования к информационному моделированию.

Несмотря на существующие препятствия при внедрении BIM-технологий, в скором времени они станут необходимостью для поддержания конкурентоспособности компаний на строительном рынке.

Внедрение информационного моделирования в строительную отрасль является необходимым условием прогресса.

Список литературы

1 **Невзорова, А.Б.** Основные принципы информационного моделирования зданий / А.Б. Невзорова, М.С. Афонченко. – Гомель : БелГУТ, 2017. – 107 с.

2 **Ефремова, А.М.** Перспективы и барьеры при внедрении технологий информационного моделирования в России / А.М. Ефремова // Стратегии бизнеса. – 2021. – Т. 9. – № 4. – С. 106–109.

3 **Кисель, Е.И.** Особенности внедрения BIM-технологий на инвестиционной стадии жизненного цикла объектов строительства / Е.И. Кисель, Л.Г. Срывкина // Организация строительного производства : материалы II Всероссийской науч. конф. – СПб. : СПГАСУ, 2020. – С. 70–84.

4 **Брылева, И.** Как BIM-технологии повышают КПД проектной организации? / И. Брылева // С.О.К. Сантехника. Отопление. Кондиционирование. – 2022. – № 1. – С. 17–20.

IMPLEMENTATION OF BIM TECHNOLOGY FOR DESIGN WATER SUPPLY AND SEWERAGE SYSTEMS

A.V. URITSKAYA, O.K. NOVIKOVA

Belarusian State University of Transport, Gomel

УДК 628.31

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОНТЕЙНЕРОВ GEOTUBE И ИЛОВЫХ ПЛОЩАДОК ПРИ ОБЕЗВОЖИВАНИИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

Т.С. ХОН

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

Цель работы – анализ методов обработки осадков сточных вод в контейнерах Geotube и на иловых площадках.

Применение иловых площадок зависит от местных условий: специфики климата, наличия дополнительных источников энергии, свободных площадей. В зависимости от степени использования природных процессов пло-

щадки можно разделить на две основные категории: естественного обезвоживания и сушки и интенсивного обезвоживания и сушки.

К первой категории относятся площадки, в которых используются природные процессы испарения и декантации без существенного изменения по сравнению с теми же процессами, происходящими в естественной среде. Как правило, это площадки на естественном основании с поверхностным отводом воды и площадки-уплотнители.

Ко второй категории относятся площадки, в которых определенные факторы природного цикла видоизменены и интенсифицированы. Как правило, это площадки с искусственным дренажом, подогревом, созданием вакуума в дренажной системе, искусственным водонепроницаемым покрытием [1].

На иловых площадках естественного обезвоживания осадок по мере подсыхания теряет часть влаги в основном за счет испарения, а часть влаги фильтруется через грунт. Осадок подсушивается до влажности 75 %, вследствие чего его объем уменьшается в 3–8 раз, отводится к месту утилизации [2].

Площадки с отстаиванием и поверхностным удалением иловой воды рекомендуется обустраивать на очистных сооружениях с производительностью 10 тыс. м³/сут [2].

Сущность метода обезвоживания в контейнерах Geotube 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 [3].

Обезвоживание в контейнерах геотуб характеризуется отсутствием выноса веществ в почву и позволяет достичь величины конечной влажности 55–60 %. Применение контейнеров геотуб позволяет выполнять проекты со значительной экономией времени, средств и места (территорий), не нарушая при этом экологию и естественный природный баланс. Геотубы могут укладываться друг на друга в несколько ярусов, что сокращает требуемые площади. Сокращение сроков реализации проектов обезвоживания с применением геотуб обуславливается высокой скоростью обезвоживания веществ в геотубах. Обезвоженные в геотубах вещества могут храниться в этих же геотубах неограниченное время, при этом обезвоженные вещества не будут увлажняться и вымываться из внутреннего объема геотуб атмосферными осадками, паводками и иными явлениями. Заполненные геотубы представляют собой очень прочные и устойчивые структуры, а содержащиеся в геотубах обезвоженные вещества не оказывает никакого негативного влияния на окружающую среду, достаточно часто заполненные геотубы оставляют на месте в качестве защитных армогрунтовых конструкций. Часто поверх геотуб отсыпается грунт и выполняется посев трав [4].

Таким образом, на выбор схемы обезвоживания влияют местные условия, свойства осадков, возможность и эффективность утилизации, обеспеченность топливом, сырьем, технологическим транспортом и пр.

Иловые площадки применяются при небольшой производительности очистных сооружений и являются наиболее простым и лёгким в эксплуатации инженерным сооружением, но требуют наличия больших площадей и являются источниками значительного воздействия на окружающую среду.

Технология Geotube позволяет снизить влажность осадка сточных вод до 55–60 %, сократить площади, обезвоживать осадок по месту последующего захоронения, значительно снизить воздействие на окружающую среду из-за герметичности конструкции, снизить финансовые затраты, время проведения строительных работ.

Список литературы

1 Иловые и песковые площадки [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://www.ecovod.ru/informatsiya/ilovye-i-peskovye-ploshchadki>. – Дата доступа : 05.01.2022.

2 Новикова О.К. Технология очистки сточных вод : учеб. пособие / О.К. Новикова. – Гомель : БелГУТ, 2020. – 302 с.

3 Принцип работы геотуб [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://admirea.ru/about-technology-geotube/about-the-technology/the-principle-of-operation-of-the-geotubes/>. – Дата доступа : 05.01.2022.

4 Магомедов, Х.К. Гигиеническая оценка метода геотубирования осадков городских очистных сооружений канализации [Электронный ресурс] / Х.К. Магомедов, К.Б. Фридман, А.С. Белкин, С.Н. Носков. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/gigienicheskaya-otsenka-metoda-geotubirovaniya-osadkov-gorodskih-ochistnyh-sooruzheniy-kanalizatsii>. – Дата доступа : 05.01.2022.

USE OF GEOTUBE CONTAINERS AND SLUDGE PLATES FOR WASTEWATER SLUDGE DEHYDRATION

T. S. KHON

Belarusian State University of Transport, Gomel

УДК 614.842.004.94

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПОЖАРОТУШЕНИЯ

А.Д. ЧЕРЕДНИЧЕНКО, Н.П. СЕРЕДА

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель,
kolya.sereda.2015@mail.ru*

Система пожаротушения – это комплекс оборудования и методов, задачей которых является тушение очагов возникновения пожаров посредством специального огнетушащего вещества.

Наиболее широко в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности используют водяные системы автоматического пожаротушения, которые не оказывают вреда для здоровья человека. Статистические данные указывают на то, что в половине случаев возникновения пожара автоматические установки водяного пожаротушения не обеспечивают тушение или локализацию пожара. Современные средства имитационного моделирования пожара позволяют количественно оценить влияние на время блокирования выходов из здания различных отклонений в работе автоматических установок водяного пожаротушения [1, 2].

На сегодняшний день самым эффективным способом потушить огонь в помещениях является правильно настроенная система пожаротушения, срабатывающая при возгорании в автоматизированном режиме и воздействующая на пламя путем выброса специальных веществ или воды, препятствующих горению.

Моделирование системы пожаротушения разрабатывается для возможности определить опасные зоны на объектах, выделить недостатки систем защиты от огня и проверить эффективность работы системы пожаротушения.

Виды огнетушащих веществ: вода, пена, газ, порошок, аэрозоль. Наиболее распространенное – водяное огнетушащее вещество. Оно является наиболее экологичным и обеспечивает безопасность различных производств, паркингов, спорткомплексов и т. п.

По конструктивному исполнению делятся на сплинклерные и дренчерные. Дренчерная имеет открытые оросители, а сплинклерные оросители закрыты специальным тепловым замком. Главное отличие в конструкции их распылительных головок. Сплинклерная система (рисунок 1) срабатывает, когда открывается тепловой замок, а дренчерная система – вручную или от сигнализации. Более качественной является сплинклерная система.

Визуализация технических коммуникаций значительно помогает принять наиболее грамотное техническое решение даже в самых стесненных условиях, что позволяет значительно ускорить процесс разработки проекта системы газового пожаротушения.

Система пожаротушения – это залог того, что имущество и человек находятся под эффективной защитой от возможного пожара.

Наличие такого оборудования позволит быстро ликвидировать пожар и упростит задачу пожарным службам.

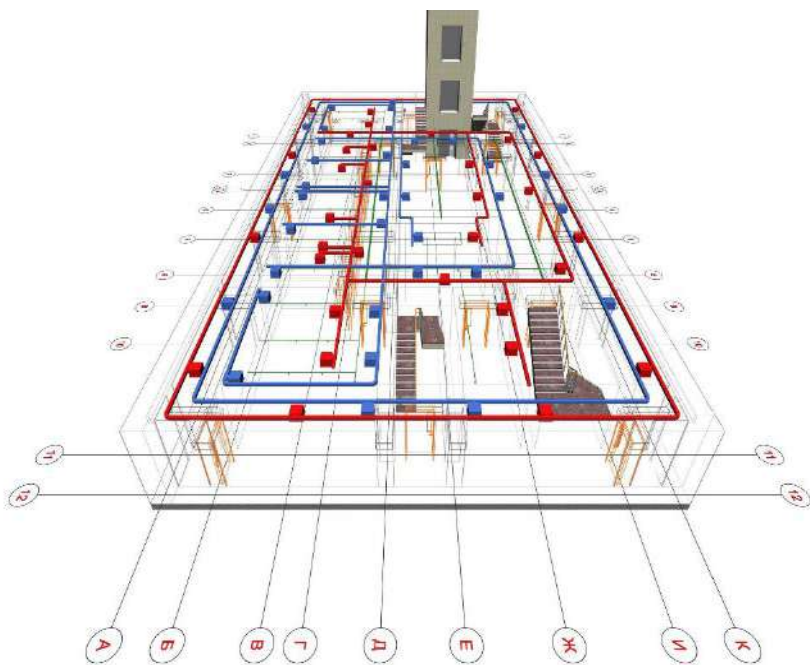


Рисунок 1 – Сплинкерная система пожаротушения

Так же необходимо произвести правильный расчет, выбрать наиболее качественное и экономически выгодное оборудование системы пожаротушения. Например, для административных зданий автоматические установки пожаротушения разрабатываются на основании СП 5.13130.2009. Принимается автоматическая спринклерная система с огнетушащим веществом (водой), которая представляет собой сеть водонаполненных пластиковых трубопроводов, оборудованных спринклерными оросителями присоединенных к повысительной насосной станции.

Список литературы

- 1 **Иванов, О.И.** Водоснабжение в системе территориального планирования / О.И. Иванов // АБС. – 2020. – № 1 (38). – С. 20–30.
- 2 **Журкин, И. Г.** Геоинформационные системы / И.Г. Журкин, С.В. Шайтура. – М. : КУДИЦ-ПРЕСС, 2009. – 240 с.

SIMULATION OF A FIRE EXTINGUISHING SYSTEM

A.D. CHEREDNICHENKO, N.P. SEREDA
Belarusian State University of Transport, Gomel

МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЙ ПОДХОД В ОРГАНИЗАЦИИ ИЗУЧЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ

Л.В. ЧЕРНЫШЕВА

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель,
ludacher2610@rambler.ru*

Целью учебно-воспитательного процесса технического вуза является формирование профессионально компетентного молодого специалиста, обладающего профессиональными знаниями, умениями и личными характеристиками, которые помогут ему успешно адаптироваться в современном обществе. К одним из важнейших таких умений следует отнести способности комплексного использования профессионально значимых знаний в своей специальности; умение успешно преобразовывать имеющийся опыт для успешного применения в других сферах деятельности, а также способности к самообразованию и самообучению.

Данная цель может быть успешно реализована в случае внедрения в учебно-воспитательный процесс новых элементов, а именно использования в педагогической практике междисциплинарного подхода.

Междисциплинарный подход представляет собой взаимодействие двух или более научных дисциплин, каждая из которых имеет свой предмет и методы исследования. Причем сами дисциплины после подобного интегрирования не прекращают своего существования, а лишь обогащаются новыми принципами исследования.

Целью работы является педагогическое обоснование повышения эффективности обучения химическим дисциплинам студентов технического вуза на основе междисциплинарного подхода.

В процессе обучения дисциплинам химического профиля междисциплинарный подход будет способствовать решению следующих дидактических задач:

- повышению уровня научности учебной информации;
- повышению мотивации и активизации учебно-познавательной деятельности студентов;
- формированию целостной картины о взаимосвязи;
- становлению способности применять установленные междисциплинарные связи для решения смоделированных ситуаций из будущей профессиональной деятельности;
- формированию научных убеждений.

В рамках выделенных задач вся педагогическая деятельность была направлена на следующие направления.

Первым направлением явилось выделение компонентов междисциплинарного характера в каждом разделе химии для строительных, инженерных специальностей, которые в будущем послужат теоретическим фундаментом для понимания специальных и прикладных дисциплин. Кроме этого, при изучении дисциплин химического блока студентами мы широко используем теоретические понятия, законы и знания из других дисциплин, таких как основы экологии, транспортная экология, методы исследования строительных материалов, отраслевая экология, рациональное использование водных ресурсов, водопроводные сети, защита населения и объектов от чрезвычайных ситуаций и другие [1, 2].

Следующим направлением нашей работы стало использование химических задач с природоохранным содержанием, в которых обсуждаются вопросы регулирования состояния окружающей среды, изыскания и разработки мер по преодолению или предупреждению негативных последствий антропогенного воздействия.

На втором курсе нами используется составление химических задач и упражнений студентами под руководством преподавателей, показывающих природные процессы, протекающие в атмосфере, гидросфере, литосфере и биосистемах под воздействием абиотических факторов или неблагоприятных экологических воздействий.

Не менее важным направлением педагогической работы в русле междисциплинарного подхода является расширение педагогических форм и методов, используемых для организации лекционных, практических, и лабораторных занятий.

Сегодня многие практические занятия по химическим дисциплинам проводятся в виде семинаров-дискуссий с использованием проблемно-поискового метода организации учебно-познавательной деятельности. Такие формы занятий создают творческую атмосферу, способствуют активизации умственной деятельности студентов.

Другой часто используемой формой организации практических занятий является тренинг. Для таких занятий составляется несколько типов заданий (по 5–6 в каждом типе), а также может проводиться интерактивный опрос студентов с использованием стандартных форм, которые можно взять с интернета [3].

Находит свое применение и метод «четыре угла». В этом случае для проведения занятия выбирается четыре наиболее важных вопроса по теме занятия, составляются к ним вопросы, упражнения для обсуждения, задания и расчетные задачи. В начале занятия озвучиваются четыре вопроса темы, и для их решения студенты разбиваются на четыре группы, расходятся в четыре угла аудитории и выполняют задания по поставленным вопросам. Через некоторое время студенты собираются вместе из двух групп и обсуждают выполненные задания, при этом объясняют друг другу выполненные упражнения, решенные задачи. Затем группы объединяются в новые пары и повторяют

всю процедуру обсуждения своих вопросов или задач с новой группой студентов и т. д. В конце занятия обязательно организуется рефлексия по пройденному материалу и идет накопление базовых знаний для дальнейшего использования при изучении специальных дисциплин [1, 4].

Таким образом, для использования междисциплинарных связей необходимо на основе анализа научного содержания дисциплины выявить их характер и виды; создать элементы нового содержания и структуру соответствующих курсов (разделов); определить время и место изучения междисциплинарного материала; выбрать методические приемы реализации междисциплинарных связей.

Список литературы

1 **Чернышева, Л.В.** Педагогические условия формирования безопасности жизнедеятельности на железнодорожном транспорте как компетенции будущего специалиста посредством дисциплин химического блока / Л.В. Чернышева // Проблемы безопасности на транспорте : материалы XI Междунар. науч.-практ. конф.: в 2 ч. Ч. 2 ; под общ. ред. Ю. И. Кулаженко. – Гомель : БелГУТ, 2021. – С. 201–203.

2 **Чернышева, Л.В.** Использование интерактивных методов обучения как инновационный подход в преподавании дисциплин химического профиля / Л.В. Чернышева // Педагогические инновации: традиции, опыт, перспективы : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Витебск : ВГУ им. П. Машерова, 2010. – С. 187–188.

3 **Невзорова, А.Б.** Выбор веб-сервиса для создания цифрового образовательного мероприятия / А.Б. Невзорова, Н.С. Горошко // Цифровая трансформация. – 2020. – № 4. – С. 34–43.

4 **Невзорова, А.Б.** Накопление базовых знаний у студентов / А.Б. Невзорова, В.В. Невзоров // Непрерывная система образования «школа – университет». Инновации и перспективы : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию БНТУ. – Минск : БНТУ, 2020. – С. 264–267.

INTERDISCIPLINARY APPROACH IN THE ORGANIZATION ON CHEMICAL DISCIPLINES STUDY IN A TECHNICAL UNIVERSITY

L.V. CHERNYSHOVA

Belarusian State University of Transport, Gomel

УДК 628.16

ВЫБОР РЕЖИМА НИЗКОДЕБИТНОЙ ВОДОПОДГОТОВКИ ВЫМОРАЖИВАНИЕМ

К.Я. ШАБЛОВСКИЙ, И.Е. МОНАРХОВИЧ, Л.В. САМУСЕВА
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель,
k.shablovsky@yandex.ru

Вымораживание воды эффективно очищает её от растворимых примесей [1]. Тем не менее на современном этапе к такому способу водоподго-

товки многие специалисты относятся скептически. Водоподготовку вымораживанием дискредитировали предпринимавшиеся до середины прошлого века попытки опреснения воды таким способом [2, 3], признанные экономически нецелесообразными. Это, безусловно, справедливо, если исходить из того, что проблема опреснения воды обычно сопряжена с жаркими климатическими условиями, в которых принудительное замораживание больших объёмов воды крайне затратно. Техничко-экономическая сторона проблемы резко меняется, если водопотребление невелико, а замораживание происходит естественным путем. Речь идёт о водоподготовке в частных домовладениях, приусадебных хозяйствах и т. п., имеющих собственный наземный источник воды.

Такие источники, имея малый дебит, нередко дают воду очень высокого качества, в особенности ключевые колодцы. В зимнее время потребительские качества воды из таких источников легко улучшить «вымораживанием примесей».

В основе этого метода лежит фундаментальный химический эффект вытеснения примесей из льда в незамерзающий водный раствор. Это явление обусловлено тем, что лёд имеет кристаллическую структуру, в которую могут встраиваться только гелий либо фторид аммония [4]. Любое другое вещество не может внедриться в структуру льда, не разрушая её кристаллического порядка, и потому вытесняется из образующегося льда в сосуществующий с ним водный раствор.

Опыты проводились с водой из скважины глубиной 8,5 м на участке в садовом товариществе Гомельского района. Результаты наших исследований позволяют сделать следующие выводы:

- замораживание должно быть неполным, очищенную воду получают в виде «опрокинутого ледяного стакана», который изымают из рабочей ёмкости и растапливают;

- предпочтительно, чтобы рабочая ёмкость расширялась снизу вверх, но не наоборот;

- основание рабочей ёмкости следует утеплить, предпочтительно заглубить в деревянный или пенопластовый помост, можно вкопать в землю и присыпать снегом, и т. п.;

- стенки рабочей ёмкости и её крышка должны иметь малую толщину и высокую теплопроводность (эмалированная сталь и т. п.);

- наилучший результат достигается при размещении рабочей ёмкости на возвышении в свободно продуваемом месте, например, в ветрозащищённой ёмкости при температуре минус 20–22 °С лёд образуется медленнее, чем при температуре минус 5 °С в ёмкости, свободно обдуваемой ветром со скоростью 10–12 м/с.

Список литературы

- 1 Стадник, А.С. Вымораживание как метод концентрирования примесей в водах / А.С. Стадник, Ю.М. Дедков // Химия и технология воды. – 1981. –Т.3. – № 3. – С. 227–233.
- 2 Пучко, В.И. Новый способ опреснения воды методом вымораживания / В.И. Пучков // Гидротехника и мелиорация. – 1949. – № 3. – С. 46–55.
- 3 Митин, М.Ф. Опреснение воды методом естественного вымораживания / М.Ф. Митин // Гидротехника и мелиорация. – 1963. – № 2. – С. 20–27.
- 4 Белослудов, В.Р. Теоретические модели клатратообразования / В.Р. Белослудов, Ю.А. Дядин, М.Ю. Лаврентьев. – Новосибирск : Наука, 1991. – 128 с.

SELECTION OF LOW-RATE WATER TREATMENT MODE FREEZING

K.YA. SHABLOVSKY, I.E. MONARCHOVICH, L.V. SAMUSEVA

Belarusian State University of Transport, Gomel

УДК 551.4 (476.13)

ГРУППОВЫЕ ВОДОЗАБОРЫ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Е.И. ШАКУРА, Е.Ф. КУДИНА

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель,
liza.shakura@yandex.by*

Важнейшим минерально-сырьевым ресурсом Республики Беларусь являются подземные воды, пресноводный тип которых на 95–97 % обеспечивает хозяйственно-питьевое водоснабжение всей страны. Объем пресных подземных вод в пределах Беларуси варьируется от 7,85 до 10,47 тыс. км³ [1].

Естественные ресурсы пресных подземных вод оценивают величиной 43,56 млн м³/сут, а прогнозные эксплуатационные ресурсы – 49,6 млн м³/сут. При величине эксплуатационных ресурсов подземных вод 18 104 млн м³/год и численности населения 9, 255 млн чел. потенциальные возможности водообеспечения в республике достигают около 2 005 м³/г. на одного человека. Такой уровень водообеспечения в 2 раза превышает уровень, достаточный для развития и социально-экономических потребностей, который по данным материалов ООН оценивается в 1 000 м³/г.

В целом для Республики Беларусь свойственны маломинерализованные (от 15–50 до 500–700 мг/дм³) подземные воды преимущественно гидрокарбонатного кальциевого состава, которые в основном не имеют хозяйственных загрязнений и удовлетворяют общим требованиям европейского и белорусского стандартов [2].

Эксплуатация пресных подземных вод осуществляется как одиночными скважинами (более 40 тыс.), так и групповыми водозаборами (до 150–155 тыс.).

Из утвержденных запасов на водозаборах в 2001 г. водоотбор составил 1817,6 тыс.м³/сут или 41 % от разведанных. В 2002 г. общий водоотбор из подземных и поверхностных источников составил примерно 2 км³. Потребление воды на одного жителя составляет примерно 218 л/сут, что выше, чем в большинстве стран Европы (100–150 л/сут).

Среди водозаборных сооружений наибольший интерес представляют скважины, вскрывающие пласты, содержащие подземные воды [3, 4]. Поэтому их бурение носит наиболее массовый характер. Для добычи воды бурят одиночные скважины или группы скважин, в связи с чем водозаборы подземных вод делят на групповые и одиночные.

Групповые подземные водозаборы, состоящие из нескольких одновременно работающих скважин, расположены на расстояниях, при которых они могут взаимодействовать в определенных условиях режима эксплуатации. Одиночные подземные водозаборы представляют единичные скважины и группы скважин, которые находятся вне зоны возможного взаимодействия или расположены недалеко одна от другой, но работают в разное время. При работе одиночных подземных водозаборов осуществляется только очередное действие скважин, остальные в это время являются резервными.

На участках крупных водозаборов в малоизученных районах первоначально необходимо проводить разведочное бурение и опытные работы.

В районах с хорошо изученными гидрогеологическими условиями на участках, перспективных в отношении количества и качества подземных вод для проектируемого группового водозабора, бывает целесообразно без предварительной разведки начать сразу эксплуатационную разведку скважинами большого диаметра. После того как эти скважины выполняют свое назначение – разведку и опробование водоносного горизонта, их оснащают эксплуатационными водоподъемниками и превращают в источники постоянного водоснабжения.

Одиночные скважины на воду бурят, как правило, без предварительной разведки. Поскольку данные мероприятия должны сочетаться с созданием эксплуатационного инженерного сооружения, к ним необходимо предъявлять ряд жестких требований.

Скважинные водозаборные сооружения применяются во всех случаях, когда целесообразно эксплуатировать несколько водоносных горизонтов. Для централизованных систем водоснабжения целесообразно создавать групповые водозаборные сооружения, состоящие из большого количества скважин (десятков, иногда сотен). Для откачивания воды из скважины применяют поверхностные (при глубине уровня до 7–10 м) или погружные насосы, а также эрлифтные установки. Шахтные колодцы применяются, как правило, при водозаборе из первых от поверхности безнапорных водоносных горизонтов, сложенных рыхлыми породами сравнительно ограниченной мощности (до 10–20 м).

Список литературы

1 Государственный водный кадастр [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://178.172.161.32:8081/watstat/data/>. – Дата доступа : 08.03.2022.

2 **Кудина, Е.Ф.** 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 Групповые водозаборы подземных вод. Схемы водозаборов. Основные элементы водозаборов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://studopedia.ru/5_94472_grupповие-vodozabori-podzemnih-vod-shemi-grupповih-vodozaborov-osnovnie-elementi-vodozaborov.htm. – Дата доступа : 03.03.2022.

4 Водозаборные сооружения для подземных вод [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://studme.org/1028040527725/tovarovedenie/vodoza_bornye_sooruzheniya_dlya_zahvata_podzemnyh_vod. – Дата доступа : 03.03.2022.

GROUP WATER INTAKES OF UNDERGROUND WATER

E.I. SHAKURA, E.F. KUDINA

Belarusian State University of Transport, Gomel

УДК 628.16

ПРИМЕНЕНИЕ КОАГУЛЯНТОВ ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ ВОДООЧИСТНОЙ СТАНЦИИ г. МИНСКА

А.Ю. ШУБЕРТ

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель,
a.shubert0333@gmail.com*

Для придания воде потребительских качеств с возможностью применения в питьевом водоснабжении [1, 2] применяют многоступенчатую очистку, включающую разные методы водоподготовки, одним из которых является метод коагуляционной обработки воды [3]. Несмотря на достаточно широкий перечень методов очистки природных вод, реагентные методы водоподготовки с использованием коагулянтов на сегодняшний день остаются одними из наиболее эффективным, относительно бюджетным и компактным решением.

При применении коагулянтов возможно возникновение некоторых проблем. К примеру, коагулянты на основе железа приводят к коррозии метала, а применение коагулянтов на основе алюминия приводит к увеличению остаточного алюминия в питьевой воде, который, в свою очередь, относится к 2 классу опасности (высоко опасное вещество) санитарно-токсикологического признака вредности.

Оптимальный выбор коагулянта при данных условиях является одной из важнейших задач при оптимизации работы водоочистной станции.

Цель работы – проведение анализа эффективности и экономической целесообразности применения коагулянтов, получивших заключение УП «МИНСКВОДОКАНАЛ» о пригодности для использования в технологии водоподготовки на очистной водопроводной станции (ОВС) с целью интенсификации процесса коагуляционной обработки природной воды, снижения требуемых доз коагулянта и затрат на закупку химического реагента.

В результате анализа эффективности работы водоочистой станции установлено, что для нужд ОВС ежегодно производится закупка коагулянта объемом около 1500 т (суммарно более чем на 1 млн рублей). В технологическом процессе подготовки питьевой воды на данный момент могут быть применены коагулянты следующих марок: «АКВА-АУРАТTM» модификации «АКВА-АУРАТTM 10» (базовый), ПОЛВАК марка 68, Pro-AQUA SB, «БОПАК-Е», AQUAMix-BV, «ОА-10». Применение коагулянта в технологии подготовки питьевой воды может производиться в течение всего года.

При проведении коагуляционной обработки исходной воды в холодные периоды года установлено снижение эффективности очистки по основным показателям качества воды, что влечет за собой увеличение дозы вводимого реагента (а как следствие, повышенный расход товарного продукта), увеличение содержания остаточного алюминия в осветленной воде до 0,594 мг/дм³.

Сравнительный анализ результатов пробного коагулирования воды (доза коагулянта 7,5 мг/дм³, показатели качества исходной воды: температура – 18,5 °С, мутность – 5,84 мг/дм³, цветность – 16 град, перманганатная окисляемость – 6,74 мгО/дм³, клетки фитопланктона – 241375 кл/см³, биомасса фитопланктона – 15,38 мг/дм³) с применением коагулянта марки «AQUAMix-BV» относительно базового коагулянта показал:

- увеличение эффективности очистки по показателям цветность на 16,7 %, остаточный алюминий – 51,4 %, мутность – 10,0 %, клетки фитопланктона – 15,9 %, биомасса фитопланктона – 19,1 %;

- уменьшение эффективности очистки по показателю перманганатная окисляемость на 1,1 %.

Сравнительный анализ результатов пробного коагулирования воды (доза коагулянта 4,5 мг/дм³, показатели качества исходной воды: температура – 11,6 °С, мутность – 0,91 мг/дм³, цветность – 17 град., перманганатная окисляемость – 5,70 мгО/дм³, клетки фитопланктона – 37453 кл/см³, биомасса фитопланктона – 2,36 мг/дм³) с применением коагулянта марки «ОА-10» относительно базового коагулянта показал:

- увеличение эффективности очистки по показателям цветность на 12,5 %, остаточный алюминий – 8,1 %, мутность – 37,3 %, перманганатная окисляемость – 2,7 %;

- уменьшение эффективности очистки по показателям клетки фитопланктона на 135,5 %, биомасса фитопланктона – 145,4 %.

Результаты проведения производственных испытаний на базе ОВС с использованием коагулянтов марок AQUAMix-BV и «ОА-10» на этапе «исходная – осветленная»:

– AQUAMix-BV: эффективность очистки по показателям: мутность – 40 %, цветность – 57 %, перманганатная окисляемость – 31 %, клетки фитопланктона – 49 %, биомасса фитопланктона – 49 %; остаточный алюминий – 0,324 мг/дм³ (доза коагулянта 7,0 мг/дм³, средние показатели качества исходной воды за период испытаний: температура – 15,4 °С, мутность – 5,39 мг/дм³, цветность – 16 град., перманганатная окисляемость – 6,84 мгО/дм³, клетки фитопланктона – 254458 кл/см³, биомасса фитопланктона – 16,49 мг/дм³);

– «ОА-10»: эффективность очистки по показателям: мутность – минус 1 %, цветность – 53 %, перманганатная окисляемость – 28 %, клетки фитопланктона – 66 %, биомасса фитопланктона – 68 %; остаточный алюминий – 0,448 мг/дм³ (доза коагулянта 4,0 мг/дм³, средние показатели качества исходной воды за период испытаний: температура – 8,1 °С, мутность – 0,72 мг/дм³, цветность – 16 град., перманганатная окисляемость – 5,60 мгО/дм³, клетки фитопланктона – 5102 кл/см³, биомасса фитопланктона – 0,12 мг/дм³).

В результате проведения производственных испытаний установлена возможность использования коагулянтов марок в технологии водоподготовки на очистной водопроводной станции города Минска. Применение коагулянтов AQUAMix-BV и «ОА-10» обеспечивает очистку воды на технологических сооружениях ОВС до требований, регламентированных установленными гигиеническими нормативами, определяющими показатели безопасности питьевой воды.

Список литературы

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

2 Гигиенический норматив «Показатели безопасности и безвредности воды водных объектов для хозяйственно-питьевого и культурно-бытового (рекреационного) использования и воды в ванне бассейна»: утв. постановлением Совета Министров Респ. Беларусь 25 янв. 2021 г. № 37 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа : <http://rpsch.by>. – Дата доступа : 11.02.2022.

3 Буря, А.И. Вода – свойства, проблемы и методы очистки : [монография] / А.И. Буря, Е.Ф. Кудина. – Днепрпетровск : Пороги, 2006. – 520 с.

APPLICATION OF COAGULANTS IN OPTIMIZING THE OPERATION OF THE WATER PURIFICATION PLANT IN MINSK

A.Y. SHUBERT

Belarusian State University of Transport, Gomel

Научное издание

**ВОДОСНАБЖЕНИЕ, ХИМИЯ
И ПРИКЛАДНАЯ ЭКОЛОГИЯ**

Материалы Международной научно-практической конференции

Издается в авторской редакции

Технический редактор *В. Н. Кучерова*

Корректор *Я. А. Васьевиц*

Подписано в печать 16.06.2022 г. Формат 60x84¹/₁₆.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать на ризографе.
Усл. печ. л. 9,07. Уч.-изд. л. 8,55. Тираж 20 экз.
Зак. № 1382. Изд. № 22.

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