



МИНИСТЕРСТВО
ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО
ХОЗЯЙСТВА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Коммунальное унитарное производственное
предприятие «МИНСКВОДОКАНАЛ»

МИНИСТЕРСТВО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В РАЗВИТИИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

МАТЕРИАЛЫ

**МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ,
посвященной 145-летию УП «Минскводоканал»**

В 2-х частях

Часть 2

13–14 ФЕВРАЛЯ 2019 г.



Коммунальное унитарное производственное предприятие
«МИНСКВОДОКАНАЛ»

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В РАЗВИТИИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

**МАТЕРИАЛЫ
МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ,
посвященной 145-летию УП «Минскводоканал»**

В 2-х частях

Часть 2

13–14 ФЕВРАЛЯ 2019 г.

Минск 2019

УДК 628:005.745(06)

ББК 38.761

Современные тенденции в развитии водоснабжения и водоотведения : материалы Междунар. конф., посвященной 145-летию УП «Минскводоканал», Минск, 13–14 февраля 2019 г. : в 2 ч. – Минск : БГТУ, 2019. – Ч. 2. – 324 с. – ISBN 978-985-530-738-0.

Сборник составлен по материалам докладов Международной конференции «Современные тенденции в развитии водоснабжения и водоотведения», посвященной 145-летию УП «Минскводоканал». В представленных материалах отражены перспективы и стратегии развития предприятий водопроводно-канализационного хозяйства, рассмотрены вопросы энергоэффективности и энергосбережения в процессах водоснабжения и водоотведения. Предложены новые технологии водоподготовки, очистки сточных вод и обработки осадка сточных вод, оборудование и материалы для систем водоснабжения и водоотведения. Ряд материалов отражает вопросы повышения качества предоставляемых услуг, рассматриваются цифровые технологии и автоматизация технологических процессов водоснабжения и водоотведения, экологические проблемы и пути их решения.

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

ПРЕДСЕДАТЕЛИ:

Войтов И.В. – ректор БГТУ, д-р техн. наук;
Аврутин О.А. – директор УП «Минскводоканал»

ЗАМЕСТИТЕЛИ:

Бычков А.В. – главный инженер – руководитель научно-практического центра УП «Минскводоканал»;
Цыганов А.Р. – первый проректор БГТУ, д-р с.-х. наук, профессор, академик НАН Беларуси;
Дормешкин О.Б. – проректор по научной работе БГТУ, д-р техн. наук, профессор;
Ивашечкин В.В. – декан факультета энергетического строительства БНТУ, д-р техн. наук, профессор

ISBN 978-985-530-738-0 (Ч. 2) © УО «Белорусский государственный
ISBN 978-985-530-736-6 технологический университет», 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Секция «ВОДОСНАБЖЕНИЕ»	8
<i>Абдурасулов И.А., Умаров Т.С., Сарымзакова Р.К.</i> К вопросу об очистке шахтных вод в Кыргызской Республике	8
<i>Амелишко И.Е., Ивашечкин В.В., Аврутин А.О., Ивашин А.А.</i> Реверсивная импульсно-реагентная обработка скважин на воду	13
<i>Ахмадиева Ю.И., Маркевич Р.М., Harsha Ratnaweera.</i> Подбор эффективных коагулянтов для подготовки малозагрязненных вод поверхностных источников на примере очистной водопроводной станции УП «Минскводоканал»	17
<i>Белов С.Г., Наумчик Г.О.</i> Перспективы применения озона вместо гипохлорита для обеззараживания питьевой воды при централизованном водоснабжении	21
<i>Бокиев Б. Р., Сафаров Б. Т., Бобоева Ш. С.</i> Текущее состояние водоснабжения и канализации города Душанбе.....	25
<i>Волчек А.А., Таратенкова М.А.</i> Характеристика качества поверхностных вод Брестской области	32
<i>Говорко А.П.</i> Перевод г. Минска на водоснабжение из подземных источников	37
<i>Грушник Н.С.</i> Особенности лабораторного контроля качества воды г. Минска	41
<i>Дмитриченко А. С., Качанов И. В., Кудин М. В., Шаталов И. М., Щербакова М. К., Быков К. Ю., Рабченя В.С.</i> Теоретическое и компьютерное моделирование движения огнетушащей жидкости в проточной части установки импульсного пожаротушения (УИП)	45
<i>Дмитриченко А. С., Качанов И. В., Кудин М. В., Шаталов И. М., Щербакова М. К., Быков К. Ю., Рабченя В.С.</i> Теоретическое и компьютерное моделирование истечения огнетушащей жидкости из ствола установки импульсного пожаротушения.....	49
<i>Дубенок С.А., Захарко П.Н.</i> Водопользование на объектах водопроводно-канализационного хозяйства	53
<i>Еловик В.Л.</i> Методика расчета потребляемой энергии частотно-регулируемым насосом за расчетный период	57
<i>Иванов С.А., Еловик В.Л.</i> Биологическая очистка подземных вод от железа и марганца.....	64
<i>Ивашечкин В. В., Кондратович А. Н., Мезин А.В.</i> Эффективность применения методов газоимпульсного и виброреагентного воздействия на призабойную зону скважин в УП «Минскводоканал»	69

<i>Качанов И. В., Кудин М. В., Шаталов И. М., Щербакова М. К., Быков К. Ю., Рабченя В.С.</i> Теоретические и компьютерные исследования дальнобойного пожарного лафетного ствола	74
<i>Кац Е.</i> Автоматические регуляторы давления и расхода в системах водоснабжения, производственная площадка и лаборатория гидравлики Vermad в России	78
<i>Линкевич Н.Н., Ануфриев В.Н., Линкевич А.Н.</i> Методы выявления утечек воды и обнаружение мест повреждений водопроводной сети	82
<i>Магарян М.П., Ивашечкин В.В.</i> Ремонтпригодная водозаборная скважина с фильтром телескопической конструкции	86
<i>Малков В.Б.</i> Выбор стратегии технологического контроля как основы эффективного проведения процесса хлораммонизации питьевой воды	91
<i>Медведева Ю.А., Ивашечкин В.В.</i> Двухствольная водозаборная скважина	96
<i>Медведева Ю.А., Ивашечкин В.В.</i> Устройство для обследования пескующих скважин	100
<i>Панасюгин А.С., Цыганов А.Р., Ломоносов В.А., Машерова Н. П., Григорьев С. В.</i> Модифицирование ионообменного комплекса клиноптилолита при создании высокоселективных сорбентов к ^{137}Cs	104
<i>Портнова Т.М.</i> Усовершенствованное управление качеством питьевой воды. Производство питьевой воды и транспортировка...	108
<i>Умаров Б., Азизов Ф.</i> Анализ ключевых проблем системы водоснабжения города Душанбе	114
<i>Феденко Ю.Н., Печончик И.Ю.</i> Влияние дозы бентонита на сорбционное извлечение Pb^{2+} и Cd^{2+}	118
<i>Шепелевич Н.И., Пузан А.С., Сухомлинов В.П.</i> Железобетонные трубы «Flowtech tm » для строительства напорных трубопроводов методом микротоннелирования	120
<i>Янута Ю.Г., Абрамец А.М.</i> Определение содержания водорастворимых гуминовых веществ в подземных и поверхностных водах ...	124
Секция «ВОДООТВЕДЕНИЕ»	129
<i>Антонов К.В.</i> Внедрение современных организационно-технических мероприятий при обслуживании наружных канализационных сетей в г. Минске	129
<i>Бунина В.Т.</i> Контроль качества очистки сточных вод на Минской очистной станции. Принцип составления графика лабораторного контроля за работой очистных сооружений.	133
<i>Войтов И.В., Марицун В.Н.</i> Проблемы и основные направления совершенствования обращения с осадками очистных сооружений канализации в Республике Беларусь	137

<i>Головнев И.Э., Марицун В.Н.</i> Использование ультразвуковой обработки для интенсификации и повышения эффективности биологической очистки сточных вод и улучшения свойств сырого осадка....	141
<i>Dzihora Yu.V.</i> Combination of moving bed biofilm reactor and membrane bioreactor for wastewater treatm.....	147
<i>Дубовик О.С.</i> Особенности биологических процессов в биореакторах МОС-2 в осенне-зимний период.....	151
<i>Знаков В.А.</i> Современные тенденции развития насосного оборудования для сектора водоотведения.....	155
<i>Иванович В.В.</i> Автоматизация процесса очистки сточных вод на Минской очистной станции. Автоматизированные процессы управления. Диспетчеризация.....	159
<i>Коваль М. Г., Кузьменко В. Г.</i> Сорбционный метод очистки сточных вод от органических красителей с использованием природных цеолитов	164
<i>Кривень А. П.</i> Сравнительный анализ эксплуатационных затрат на обезвоживание осадков малых и средних (до 100 000 м ³ /сутки) очистных сооружений.....	168
<i>Кулаков А.А.</i> Эффективный метод организации водоотведения малых населенных пунктов.....	174
<i>Kyrii S.O., Nechyporuk D.O, Kosogina I.V., Dontsova T.A.</i> Studying the red mud properties as sorbent.....	178
<i>Лиходиевский А.В., Маркевич Р.М.</i> Особенности биологической очистки сточных вод на очистных сооружениях птицефабрики.....	182
<i>Лобанов Ф. И.</i> Перспективный ресурс Зеленой экономики – биотрам коммунальных очистных сооружений.	185
<i>Маркевич Р.М., Нестер О.В., Лукашевич С.О.</i> Получение и применение гранулированного активного ила для очистки сточных вод разного состава в условиях аэрации.....	191
<i>Марицун В.Н.</i> Нормативное правовое регулирование обращения с осадками очистных сооружений канализации.....	195
<i>Марицун В.Н.</i> Сравнение вариантов обращения с осадками очистных сооружений канализации на основе анализа жизненного цикла	201
<i>Марицун В.Н.</i> Определение биогазового потенциала осадков очистных сооружений канализации.....	205
<i>Музыкин В.П.</i> Неорганизованный приток сточных вод в канализацию и его вероятностные расчетные критерии	209
<i>Павлов М.Ю.</i> Внедрение и применение биореагентной технологии очистки сточных вод при проектировании новых и реконструкции старых очистных сооружений. Экономические и экологические аспекты применения биореагентов	213

<i>Панасюгин А.С., Цыганов А.Р., Теран А.И., Михневич Э.И., Машерова Н. П., Григорьев С. В., Ануфриев В.Н.</i> Извлечение из водных растворов ионов меди фильтрующей загрузкой, содержащей оксиды кальция, железа, кремния, алюминия, магния.....	217
<i>Пономарёв И.Н.</i> Инновационные системы аэрации для биологической очистки сточных вод	220
<i>Пукемо М.М.</i> Экологичные решения – альтернатива центральному канализованию. Удаленный технолог-цифровой контроль и управление очистными сооружениями	224
<i>Сапон Е.Г., Марцуль В.Н.</i> Использование кальций и магнийсодержащих материалов для извлечения фосфора на очистных сооружениях канализации	229
<i>Свицков С. В., Малых О. С.</i> Очистные сооружения как источник запаха	232
<i>Смирнов А.В., Юрченко В.А.</i> Влияние редокс-потенциала при удалении биогенных элементов в современных схемах очистки сточных вод	236
<i>Солодовник Т.В.</i> Использование природных коагулянтов для очистки окрашенных водных растворов	242
<i>Станкевич Д.И.</i> Примеры применения инфильтрационных систем касетного типа для отведения очищенного стока.....	246
<i>Телушкин В. В.</i> Проблема утилизации осадков сточных вод городской канализации: обзор методов и новые способы решения.....	249
<i>Ткачев А. А.</i> Современные методы обеззараживания. Применение ультрафиолетового излучения	255
<i>Черный Т.С., Редька К.В., Столяренко Г.С.</i> Снижение токсичности сточных вод шламонакопителя производства синтетического волокна с получением цинка	258
<i>Шепелева Н. И., Марцуль В.Н., Войтов И.В.</i> Создание фитомелиоративных систем короткого цикла ротации на основе неэксплуатируемых иловых площадок	262
Секция «РАЗВИТИЕ СИСТЕМ ВОДОСНОбЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ»	265
<i>Аврутин О.А.</i> Цели устойчивого развития как ориентир деятельности УП «Минскводоканал»	265
<i>Ананич В.В., Ковалев К.А.</i> Организация системы дистанционного съема показаний с приборов учета расхода воды.....	270
<i>Болтрукевич А.О.</i> Анализ современных тенденций в сфере управления системами водоснабжения и водоотведения в странах Европы	274

<i>Гурский В.Л., Тернов Е.В.</i> О возможных направлениях совершенствования контроля и управления потреблением водных ресурсов в Республике Беларусь.....	277
<i>Дубенок С., Agnieszka Pola.</i> Онлайн-платформы как способ продвижения знаний о передовых технологиях в водном секторе.....	281
<i>Ексаев А.Р., Шумяцкий М.Г.</i> Комплексная информатизация в водоснабжении: практический опыт.....	285
<i>Китиков В.О., Гурский В.Л.</i> Роль транснациональных операторов в развитии водопроводно-канализационного хозяйства зарубежных стран.....	289
<i>Мацегоров Р. А.</i> «Цифровой водоканал»: об опыте автоматизации производственных служб водоканала Ростова-на-Дону.....	293
<i>Невзорова А.Б., Новикова О.К., Ратникова А.М.</i> Актуализация учебно-методологических подходов при подготовке специалистов по специализации «Системы водоснабжения и водоотведения»	297
<i>Недведцкий В.М.</i> Тарифное регулирование водоснабжения и водоотведения в Республике Беларусь	301
<i>Немеровец О.В., Иващечкин В.В., Верременюк В.В.</i> Расчет затопления поймы реки вилия при пропуске паводков и половодий.....	305
<i>Терентьева О.В.</i> Совершенствование систем учета услуг водоснабжения и водоотведения	309
<i>Урбанович Н.В.</i> Система оперативно-технического учёта объектов УП «Минскводоканал»	313
<i>Шевчук Н.П.</i> Образование, отвечающее требованиям новой городской среды: подготовка кадров в сфере водоснабжения и водоотведения.....	316
<i>Шум А.А.</i> Информационные технологии в технологических процессах УП «Минскводоканал».....	319

СЕКЦИЯ «ВОДОСНАБЖЕНИЕ»

УДК 628.1.03:16/556.1 (043)

И.А. Абдурасулов, профессор, доктор технических наук, КРСУ.
«Кыргызско-Российский Славянский университет
им. первого Президента России Б.Н. Ельцина», ilimidin@mail.ru
Т.С. Умаров, старший преподаватель кафедры «ГиМД»
КГТУ им.И.Раззакова, umarov_talantbek@mail.ru
Р.К. Сарымзакова, профессор, доктор химических наук,
Кыргызского Национального Университета им.Ж.Баласагына
sarimzakova@mail.ru

К ВОПРОСУ ОБ ОЧИСТКЕ ШАХТНЫХ ВОД В КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

Актуальность. На большинстве угольных месторождений используется технология очистки производственных шахтных вод с помощью горизонтальных и вертикальных отстойников, а также прудов-отстойников. Данная технология позволяет снизить содержание взвешенных веществ лишь до 40%, а минерализация остается очень высокой.

Цель работы – изучение гидрогеологических условий угольных месторождений, состава и свойства шахтных вод Кыргызстана и загрязнение окружающей среды этими водами, и разработка новой технологической схемы очистки шахтных вод с использованием водоочистных установок.

В свете выше изложенного для комплексного решения проблемы обработки шахтных вод были определены задачи для дальнейших решений.

«Подготовка шахтной воды перед опреснением и методика экспериментальных исследований» – исследованы закономерности процесса подготовки воды перед опреснением.

Для успешной работы технологической аппаратуры содержание взвешенного вещества в опресняемой воде не должно превышать 2 мг/л. Освобождение воды от взвешенных и коллоидных загрязнений до указанного показателя достигается путем осветления и фильтрования воды.

Осветление воды состоит из следующих процессов: предварительного безреагентного осветления, заготовки и дозирования реагентов, смешения их с обрабатываемой водой, формирования хлопьев сорбционного активного гидроксида, отстаивания отработанного сорбента и фильтрования воды. Далее необходимо опреснение воды.

Таблица 1

Объем и химический состав шахтных вод ПО «Сулюктинский»

Изученные шахты	Объем воды, м ³ /ч	рН	Содержание компонентов, мг/л						
			Взв. вещества	Fe ²⁺	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻
Шахтное поле №9	200	8,15	2270	128	44	89,2	93	678	1280
Шахтное поле 2/4	100	8,1	2270	190	30	64	20,4	312	2015
Кокинесай	100	7,8	2300	500	150	165	100	1700	1565
12-поле	130	7,8	2200	450-700	100	120	73	1700	3578
Северная	540	7,8	2120	660-880	200	152	63	-	-
Шахтное поле №8	890	8,05	2372	460	90	119,3	47,4	2954	1748
Шахтное поле №5	450	8,2	2100	50	150	69	22	450	3250
Шахтное поле Шураб	300	7,4	2100	200	50	88	35	1000	2014
Кокинесай Восточный	600	8,5	2713	1320	214	340	85	2350	2365

В исследовании фильтрования воды рассматривалось объемным способом, т.е. скорость фильтрования определялся по формуле:

$$C_{\phi} = \Delta P / [\mu \cdot (R_{\phi\pi} + r_o \cdot h)] \quad (1)$$

где C_{ϕ} – скорость фильтрования, м/с; ΔP – перепад давления на фильтре (движущая сила), Па; μ – динамическая вязкость воды; $R_{\phi\pi}$ – сопротивление фильтровальной перегородки, м⁻¹; r_o – удельное сопротивление осадка, м⁻²; h – высота слоя осадка, м.

Далее были изучены теоретические и экспериментальные материалы по осветлению шахтных вод и вопросы осветления воды.

«Теоретические основы и результаты экспериментальных исследований по обработке шахтных вод в лабораторных условиях» изучены ионообменные мембраны и они классифицированы по следующим признакам:

- I) по фазовому составу;
- II) по виду переносимых ионов;
- III) по виду фиксированных ионов;
- IV) по характеру поверхности.

По фазовому составу различают гомогенные и гетерогенные мембраны.

Наряду с гомогенными широко распространены гетерогенные мембраны, состоящие из смеси гомогенных частиц, скрепленных между собой пленкообразующим полимером.

При протекании тока через ионообменные мембраны концентрация электролита в при мембранных слоях изменяется – происходит поляризация мембраны. Поэтому для определения чисел переноса в конкретных условиях следует пользоваться прямыми аналитическими методами.

В состав экспериментальной установки для изучения осветления воды, принципиальная, входили устройства для подачи исходной воды, а также дозатор реагента, смеситель и камера хлопьеобразования со вращающейся с трубчатым отстойником.

Изменение концентраций взвеси в фильтруемой воде производилось с дозированием определенного количества щелочного раствора. Исходная вода обрабатывалась известковым раствором для поддержания рН раствора в пределах 7,0–7,2.

Во время экспериментальных исследований объемы смесителя и переливных бачков обеспечивали продолжительность контакта для полного хлопьеобразования взвеси содержащихся в обрабатываемой воды. Экспериментальные исследования для определения параметров работы фильтров при фильтровании воды, содержащей различные концентрации взвеси, проводились в лабораторных условиях, на модели фильтра

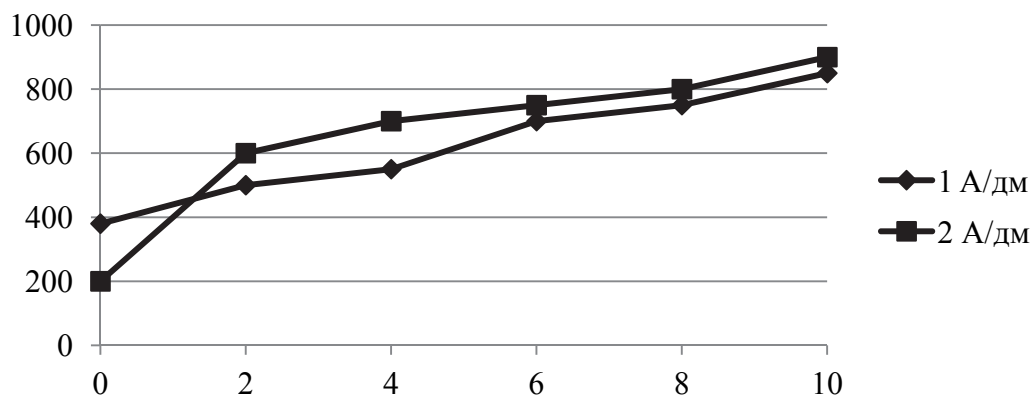


Рисунок.1. Изменение концентрации ионов Ca^{2+} в концентрате во времени при плотности тока 2(1) и 1 А/дм² (2) (цифры кривых – исходная концентрация Ca^{2+} , мг/л)

Наиболее важными технологическими показателями в данных исследованиях стали: продолжительность фильтроцикла, темпы прироста потерь напора, глубина проникновения загрязнений в толщу

фильтрующего слоя, степень и качество регенерации, оптимальная доза облучения. Для обеспечения максимальной технологической эффективности процесса очистки содержание взвешенных веществ в модельной воде принималось от 100 до 1000 мг/л.

«Экспериментальные и теоретические исследования процесса очистки шахтных вод» приведены результаты лабораторных и производственных исследований.

«Рекомендуемая технологическая схема обработки шахтных вод, материальный баланс и технико-экономические показатели водочистой установки» представлен анализ экономической эффективности реагентного и безреагентного (предлагаемого) способов очистки воды для очистных сооружений небольшой производительностью 50–200 м³/сутки.

С учетом предыдущих результатов был увеличен объем камеры хлопьеобразования при помощи цилиндрической вставки, длиной 90 см, которая была вмонтирована над конической частью камеры хлопьеобразования. Это дало возможность увеличить объем камеры хлопьеобразования, так, чтобы он обеспечивал бы оптимальное время пребывания обрабатываемой воды при скорости протекания воды в отстойнике 6÷9 м/ч.

Исследования проводились в натуральных условиях, на шахтной воде.

Таблица 2

Физико-химические показатели качества воды

Определяемые качественные показатели, единицы измерения	Значения показателей воды	Очищенная вода
Взвешенное вещество, мг/л	3100±500	до 1,5
Цветность, градус	1500,0±100	не более 20
Жесткость, мг-экв/л	14,5±0,5	4,3
Сухой остаток, мг/л	3484,5±18	749
Бихроматная окисляемость (ХПК), мгО ₂ /л	470,0±20	37
Перманганатная окисляемость, мгО ₂ /л	78±3	3,2

Кинетика выделения взвесей из воды в тонкослойном отстойнике носит, как уже отмечалось, циклический характер, и продолжительность осветлительного цикла работы отстойника составляет от 8 до 42 ч. Было установлено, что продолжительность осветлительного цикла работы отстойника зависит как от скорости протекания воды в ячейках отстойника, так и от концентрации задерживаемой взвеси.

Выводы

1. С использованием современных физико-химических, технологических, статистических и математических методов, выполнены экспериментальные исследования в лабораторных и полупроизводст-

венных условиях по определению технологических параметров тонкослойного отстойника и зернистого фильтра, которые входят в состав водоочистной установки заводского изготовления.

2. Полученные результаты экспериментальных исследований теоретически проанализированы и рекомендованы аналитические зависимости для практического использования: время пребывания воды в камере хлопьеобразования должна быть от 15 до 18 мин, скорость движения воды в тонкослойном отстойнике от 6 до 10 м/ч, скорость фильтрования воды в зернистом фильтре от 5 до 12 м/час, продолжительность фильтрацикла от 18 до 40 часов. Дозу реагентов следует определять по пробной методике технологии очистки воды.

3. Разработана технологическая схема обработки воды для очистки шахтных вод с использованием установок и аппаратов заводского изготовления, предложены рекомендации по использованию разработанной технологической схемы и определены технико-экономические показатели.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдурасулов И.А. «Водообеспечение и очистка сточных вод Кыргызской Республики» Монография. – Бишкек: Илим, 2004. – 448 с.

2. Абдурасулов И.А., Умаров Т.С., Абдиев А.Р. Охрана водных объектов при добыче твердых полезных ископаемых (статья) МНПК Вода - важный фактор для устойчивого развития.-Таджикский Технический Университет имени академика М.С. Осими. – Душанбе: Т.Т.У., 2018, С.37–40

3. Абдурасулов И.А., Умаров Т.С., Абдиев А.Р. Общая характеристика отдельных шахтных вод Кыргызстана Международный научный журнал «Инновационная наука», №12, ч. 3, Уфа: «Аэтерна». 2016, С.162–164

4. Умаров Т.С. Подготовка воды перед опреснительными установками (статья) Материалы МНПК «Современные проблемы и пути развития защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций», КРСУиМЧС КР, г.Бишкек: «Айат», 2016, С.220–221

РЕВЕРСИВНАЯ ИМПУЛЬСНО-РЕАГЕНТНАЯ ОБРАБОТКА СКВАЖИН НА ВОДУ

Одна из важнейших социальных задач – обеспечение населения качественной питьевой водой и создание благоприятных условий проживания [1]. По данным Департамента по геологии Минприроды в настоящее время на балансе водопользователей в Республике Беларусь находится более 36 тысяч разведочно-эксплуатационных скважин. В ходе их эксплуатации в большинстве случаев наблюдается снижение производительности, обусловленное отложением в отверстиях фильтров, порах гравийной обсыпки и водоносных породах осадков химического и биологического происхождения (кольматанта) [2]. К настоящему времени существует много разнообразных методов регенерации скважин, но они недостаточно эффективны и нетехнологичны. В связи с этим становится весьма актуальной проблема создания эффективных и простых методов регенерации. В БНТУ разработана конструкция реверсивной импульсно-реагентной установки для обработки скважин и на воду, работающей на принципе пневматического насоса вытеснения (рисунок 1).

Установка работает следующим образом.

Циркуляционные камеры 1, 2 соединяют с емкостью 25 гибким шлангом 26, на котором установлен вентиль 28 и обратный клапан 27. Устройство опускают на водоподъемных трубах эрлифта 19 в требуемый интервал фильтра скважины. При этом скважинная вода заполняет нагнетательные отсеки 11, 12 камер 7, 8. Далее открывают вентили 21, 22 и заполняют воздухом газовые отсеки 9, 10 камер 7, 8. Эластичные мембраны 5, 6 расширяются, заполняясь воздухом, и газовые отсеки 9, 10 занимают пространство камер 7, 8. Защитная сетка на отверстиях 13, 14 препятствует выходу эластичных мембран 5, 6 за пределы камер 7, 8 и попаданию в нагнетательные отсеки 11, 12 кольматирующих загрязнений.

После того, как манометры 29 и 30 покажут, что газовые отсеки 9, 10 полностью заполнены воздухом, вентили 21, 22 закрывают. Открывают вентиль 28 и сообщают емкость 25 с реагентом с циркуляционными камерами 1, 2. Одновременно открывают сбросные вентили 23, 24 и сбрасывают воздух из газовых отсеков 9, 10 в атмосферу. Эластичные мембраны 5, 6 сужаются, а реагент заполняет нагнетательные отсеки 11, 12. После того, как реагент полностью заполняет

циркуляционные камеры 1, 2 и нагнетательные отсеки 11, 12, открывают вентиль 21 и заполняют воздухом газовый отсек 9 камеры 7. Эластичная мембрана 5 расширяется, вытесняя реагент через отверстия 13 в закольцованную прифилтрованную зону. После того, как манометр 29 покажет, что газовый отсек 9 полностью заполнен воздухом, вентиль 21 закрывают. После открывают вентиль 22 и заполняют воздухом газовый отсек 10 камеры 8.

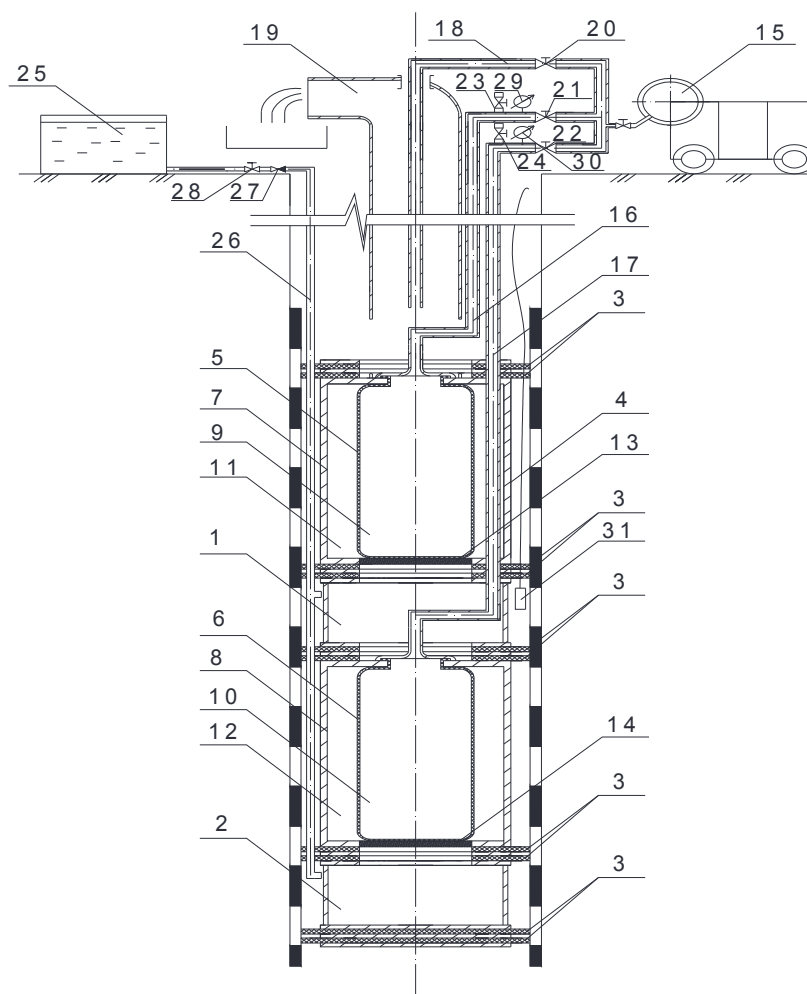


Рисунок 1. Схема установки для реверсивной

импульсно-реагентной обработки скважин на воду:

- 1, 2 – циркуляционные камеры; 3 – уплотнительные элементы (манжеты);
- 4 – двухкамерный пневматический насос вытеснения для подачи реагента;
- 5, 6 – эластичные мембраны; 7, 8 – камеры; 9, 10 – газовый отсек;
- 11, 12 – нагнетательный отсек; 13, 14 – отверстия с защитной сеткой;
- 15 – компрессор; 16, 17, 18 – воздухопроводы; 19 – эрлифт;
- 20, 21, 22, 28 – вентили; 23, 24 – сбросные вентили;
- 25 – емкость с реагентом; 26 – гибкий шланг; 27 – обратный клапан;
- 29, 30 – манометры; 31 – датчик электропроводности

Эластичная мембрана 6 расширяется, создавая избыточное давление, и вытесняя реагент в закольматированную прифилтровую зону через отверстие 14, одновременно открывают сбросной вентиль 23 и сбрасывают воздух из газового отсека 9, создавая в нем разрежение. Таким образом, реагент из-за разности давлений в нагнетательных отсеках 11, 12 перемещается по закольматированной прифилтровой зоне снизу из нагнетательного отсека 12 вверх в нагнетательный отсек 11. После того, как манометр 30 покажет, что газовый отсек 10 полностью заполнен воздухом, вентиль 22 закрывают. После открывают вентиль 21 и заполняют воздухом газовый отсек 9, реагент вытесняется, одновременно открывают сбросной вентиль 24 и сбрасывают воздух из газового отсека 10. Реагент перемещается по закольматированной прифилтровой зоне сверху из нагнетательного отсека 11 вниз в нагнетательный отсек 12. Таким образом, создавая одновременно в камере 8 избыточное давление, а в камере 7 разрежение, направляют реагент снизу вверх по прифилтровой зоне, а затем, создавая одновременно в камере 7 избыточное давление, а в камере 8 разрежение, направляют его сверху вниз по прифилтровой зоне, создавая в гравийной обсыпке возвратно-поступательное движение реагента.

Далее цикл закачки и откачки воздуха в газовые отсеки 9, 10 камер 7, 8 многократно повторяют.

При стабилизации электропроводности, фиксируемой датчиком электропроводности 31, погружное устройство перемещают на следующий интервал фильтра. Далее, открывают вентиль 20, подают воздух по воздухопроводу 18 в эрлифт 19 и все образовавшиеся загрязнения в процессе регенерации удаляют из скважины.

При увеличении скорости закачки и сброса воздуха из газовых отсеков камер, возрастает скорость фильтрации в прифилтровой зоне скважины и глубина проникновения раствора реагента в эту зону, а значит – повышается эффективность растворения отложений. Так же вместо компрессора можно использовать баллоны с жатым воздухом. С помощью вентиля 28 можно регулировать количество реагента, подаваемого в скважину, т.е. поддерживать нужную концентрацию раствора, а с помощью вентиля 21, 22 и сбросных вентиля 23, 24 изменять скорость закачки и сброса воздуха из пневмокамер, устанавливая оптимальный режим работы.

Погружное устройство для реверсивной импульсно-реагентной обработки скважин на воду (рисунок 2) было изготовлено на мастерских УП "Минскводоканал". 18 июля 2018 года были проведены заводские испытания, которые подтвердили работоспособность предложенного устройства.

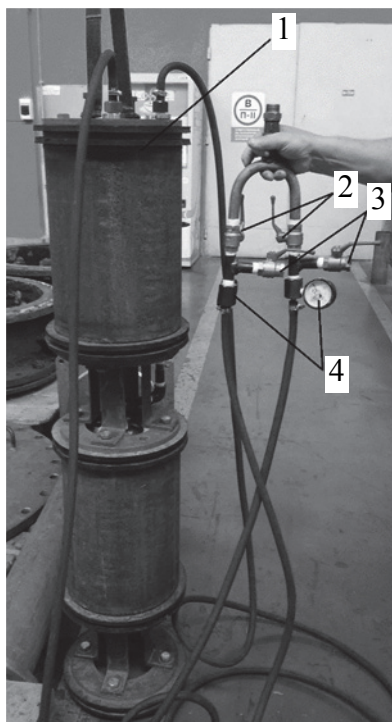


Рисунок 2. Погружное устройство
для реверсивной импульсно-реагентной обработки скважин на воду:
1 – устройство для реверсивной импульсно-реагентной обработки;
2 – вентили; 3 – сбросные вентили; 4 – манометры

ЛИТЕРАТУРА

1. Водный кодекс Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://kodeksy.by/static/vodnyu-kodeks.pdf>. Дата доступа: 21.06.2018.
2. Гаврилко, В.М. Фильтры буровых скважин. / В.М. Гаврилко, В.С. Алексеев. – Изд.2, перераб. и доп./ «Недра». – Москва, 1976. – 345 с.

Ю.И. Ахмадиева, инженер по внедрению новой техники и технологий
(УП «Минскводоканал», г. Минск)
Р.М. Маркевич, доцент, канд. хим. наук БГТУ, г. Минск)
Harsha Ratnaweera, профессор
(Норвежский университет естественных наук, г. Осло, Норвегия)

ПОДБОР ЭФФЕКТИВНЫХ КОАГУЛЯНТОВ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ МАЛОЗАГРЯЗНЕННЫХ ВОД ПОВЕРХНОСТНЫХ ИСТОЧНИКОВ НА ПРИМЕРЕ ОЧИСТНОЙ ВОДОПРОВОДНОЙ СТАНЦИИ УП «МИНСКВОДОКАНАЛ»

Очистная водопроводная станция (далее по тексту ОВС) – это комплекс сооружений и инженерных коммуникаций, обеспечивающий забор природной воды, ее подготовку и транспортировку питьевой воды потребителям. Подготовка природной поверхностной воды до питьевого качества в соответствии с требованиями СанПиН 10-124 РБ 99 осуществляется по классической двухступенчатой схеме: смесители, камеры хлопьеобразования, горизонтальные отстойники, скорые фильтры, резервуары чистой воды, насосная станция II подъема. Хлорирование воды производится в две стадии: перед смесителями (первичное хлорирование) и после фильтров (вторичное хлорирование).

Поверхностным источником водоснабжения г. Минск служит Вилейско-Минская водная система. Исходная вода поступает на ОВС по гравитационным водоводам из резервного водохранилища «Крылово», созданного с целью повышения надежности источника водоснабжения города.

По данным многолетнего опыта работы ОВС, существует четыре периода за год, характеризующихся сезонными колебаниями химических и микробиологических показателей исходной воды и различающихся температурными интервалами обрабатываемой воды: ноябрь-март (менее 6°C), апрель-май (от 6°C до 15°C), июнь-сентябрь (более 15°C), сентябрь-октябрь (от 6°C до 15°C).

Основным технологическим приемом удаления из воды грубодисперсных примесей, находящихся во взвешенном состоянии, и коллоидных органических загрязнений, присутствующих в воде в растворенном виде, является процесс коагуляции. И от того, как осуществляется этот процесс на водопроводной станции, в основном зависит качество питьевой воды [1].

Технология очистки воды малозагрязненных водоисточников практически не отличается от технологии очистки сильнозагрязненной

воды и требует проведения всех процессов обработки, включая коагулирование, осветление, фильтрование и обеззараживание. Самым простым и надежным методом улучшения процесса подготовки воды на действующих водопроводных станциях является увеличение дозы реагентов и коагулирование воды во все периоды времени года. Уменьшить расход реагентов при подготовке малозагрязненных вод за счет улучшения процесса коагулирования значительно сложнее, чем при обработке загрязненных вод, поскольку сокращение дозы реагентов может привести к нарушению некоторых процессов. Кроме того, дозы реагентов для очистки сравнительно чистой воды существенно меньше, поэтому и эффективность от их снижения ниже [2].

Для получения максимального эффекта очистки и обеззараживания воды с применением коагуляции необходимо учитывать в каждом конкретном случае особенности качественного состава обрабатываемой воды и уже с учетом этого применять тот иной коагулянт. Нередко реагенты, успешно применяющиеся в других регионах, оказываются неэффективными в конкретных условиях [3].

Для определения целесообразности внедрения новых реагентов в технологию водоподготовки ОВС проводится оценка их работы в условиях, максимально приближенных к существующей технологии.

Такие условия достигаются путем моделирования в лабораторных условиях процесса коагуляционной обработки воды на установке с механическим перемешиванием (флокулятор лабораторный программируемый) «JarTester PB-900TM» (рисунок 1), обеспечивающей имитацию режимов, соответствующих существующей технологии.



Рисунок 1. Флокулятор лабораторный программируемый

По опыту работы ОВС был подобран следующий порядок проведения испытаний в лабораторных условиях, обеспечивающий имитацию процесса водоподготовки:

- ввод хлорной воды, ручное перемешивание;
- ввод коагулянта, ручное перемешивание;
- перемешивание: скорость 50 об./мин, время 30 с;
- перемешивание: скорость 5 об./мин, время 30 мин;
- отстаивание: время 40 мин;
- отбор проб осветленной воды.

На протяжении всего времени работы флокулятора выполняется наблюдение за процессами хлопьеобразования и осаждения хлопьев. Результаты фиксируются через 15 мин перемешивания, 30 мин перемешивания и после 40 мин отстаивания.

По завершении времени отстаивания (40 мин) производится отбор проб осветленной воды из стаканов флокулятора через пробоотборные краны и выполнение физико-химических и микробиологических лабораторных испытаний проб исходной и осветленной воды по параметрам: рН, температура, цветность, мутность, остаточный алюминий, окисляемость перманганатная, биомасса фитопланктона, численность фитопланктона.

По результатам полученных экспериментальных данных выполняется расчет эффективности подготовки исходной воды при применении испытуемого и базового коагулянтов по контролируемым параметрам, производится статистическая обработка полученных данных, рассчитывается разница значений эффективности испытуемого и базового коагулянтов.

Для получения статистически достоверных результатов проводится не менее трех аналогичных экспериментов пробного коагулирования для одной марки испытуемого коагулянта в один характерный временной период.

Ряд проведенных исследований и апробаций позволил выявить наиболее эффективные реагенты для подготовки питьевой воды из малозагрязненного поверхностного источника (резервного водохранилища «Крылово») в условиях существующей технологии водоподготовки на ОВС. Ими оказались полиоксихлориды алюминия высокой основности.

Применение полиоксихлоридов алюминия высокой основности в условиях ОВС позволяет увеличить гидравлическую крупность скоагулированных хлопьев и достичь максимальной полноты их осаждения. При этом значительно увеличивается эффективность снижения контролируемых параметров (рисунок 2) при минимальном содержании остаточного алюминия в обработанной воде (рисунок 3), что открывает перспективу снижения рабочих доз (расхода) коагулянта.

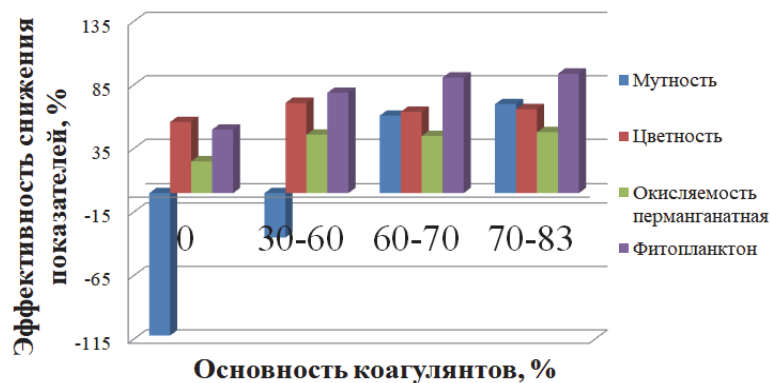


Рисунок 2. Эффективность снижения основных показателей



Рисунок 3. Содержание остаточного алюминия в пробах осветленной воды

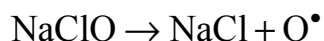
Результаты исследований новых марок коагулянтов, смоделированные на установке «JarTester РВ-900ТМ», находят подтверждение в ходе проведения опытно-промышленных испытаний в производственных условиях на ОВС, что свидетельствует о правильной постановке эксперимента и подтверждает работоспособность разработанной и применяемой на УП «Минскводоканал» методики оценки эффективности исследуемых марок коагулянтов и выбора наиболее эффективных из них для применения в существующих условиях.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Драгинский В.Л., Алексеева Л.П., Гетманцев С.В. Коагуляция в технологии очистки природных вод. – М. – 2005 г. – 576 с.
- 2 Оптимизация процессов очистки воды малозагрязненных источников водоснабжения. / Л. П. Алексеева [и др.] // Водоснабжение и санитарная техника. – 2014. – №9. – С. 10–19.
- 3 Эффективность использования полиоксихлоридов алюминия при очистке природных вод. / А. К. Кинебас [и др.] // Водоснабжение и санитарная техника. – 2013. – №9. – С. 52–56.

**ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ОЗОНА
ВМЕСТО ГИПОХЛОРИТА ДЛЯ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ
ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ПРИ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОМ
ВОДОСНАБЖЕНИИ**

В настоящее время для обеззараживания питьевой воды из подземных водозаборов в основном используются электрохимические гипохлоритные установки. Данные установки вырабатывают раствор гипохлорита натрия в концентрации 6...12 г/л по «активному» хлору, который дозируется в питьевую воду. Поставщики данных установок утверждают, что для обеззараживания 1 м³ воды необходимо соблюдать дозу гипохлорита 1 мг/л по «активному» хлору. Однако в процессе обеззараживания гипохлоритом окислителем является не «активный» хлор, а «активный» кислород, выделяющийся по реакции:



Соотношение массы «активного» хлора и образующегося по реакции атомарного кислорода в гипохлорите составляет 35,5:16 или 2,22:1. Из этого следует, что при сравнении окислительного действия гипохлорита с другими окислителями (например, с озоном) надо учитывать именно количество образующегося атомарного кислорода. Обычно на водозаборах для целей обеззараживания устанавливают электролизеры с производительностью, обеспечивающей дозу гипохлорита по «активному» хлору 2 мг/л, что соответствует дозе по «активному» кислороду 0,9 мг/л.

При этом следует отметить, что при обеззараживании гипохлоритом не происходит уничтожения некоторых видов бактерий и простейших микроорганизмов и многих видов вирусов. К примеру, на курортах Турции недавно был зафиксирован случай вспышки заболевания, вызванного вирусом Капсаки. Этот вирус распространялся и передавался исключительно через воду бассейнов, которая обеззараживалась с помощью гипохлорита. Многие вирусы даже при остаточной концентрации активного хлора 1,5 мг/л остаются живыми [1]. Также происходит постепенная адаптация даже чувствительных к действию гипохлорита бактерий и простейших микроорганизмов, по-

этому периодически приходится производить шоковое хлорирование высокими дозами реагента [2].

Перспективным реагентом для обеззараживания воды является озон. Электроокислительный потенциал озона намного выше, чем у гипохлорита. Озон уничтожает все виды микробов, простейших микроорганизмов, а также вирусы. Кроме того, озон дезодорирует обрабатываемую воду и снижает её цветность [3].

В связи с тем, что озон обладает высокой реакционной способностью, его обычно применяемые дозы для обеззараживания ниже, чем «активного» хлора [4]. Это объясняется тем, что во многих реакциях, особенно при контакте с живыми организмами, все 3 атома кислорода молекулы озона вступают в реакцию окисления. С учетом вышесказанного, для обеспечения процесса обеззараживания на водозаборе производительностью 1000 м³/ч необходима электролизная гипохлоритная установка, имеющая производительность 2000 г/ч по «активному» хлору, либо озонаторная установка с производительностью 1000 г/ч. Выполним приблизительное технико-экономическое сравнение электролизно-гипохлоритного и озono-окислительного метода обеззараживания.

Электролизная установка ЭКГ-2000 «Сиваш» состоит из 2-х электролизеров. Каждый электролизёр имеет энергопотребление – 5,5 кВт/ч и требует расхода соли – 5 кг/ч (по паспортным данным [5]). Таким образом, электролизная установка ЭКГ-2000 потребляет 11 кВт/ч электроэнергии и 10 кг/ч соли. Кроме того, для работы электролизера необходимо использовать умягченную воду. Водоумягчительная установка также потребляет некоторое количество соли для регенерации ионообменной смолы, и некоторое количество электроэнергии для размешивания перекачки регенерационных растворов.

Современные озонаторные установки, производительностью по озону – 1 кг/ч имеют энергопотребление 5...25 кВт/ч при работе на осушенном воздухе или кислороде [6]. Таким образом, при обеззараживании методом озонирования по сравнению с электролизным гипохлоритным методом может экономиться до 6 кВт/ч электроэнергии и 10 кг/ч соли.

Поскольку стоимость электроэнергии для предприятий составляет 0,25 руб за 1 кВт, а стоимость 1-го килограмма соли — 0,4 руб., то в течение часа обеззараживания питьевой воды, на водозаборе, производительностью 1000 м³/ч экономия денежных средств составляет 5,5 руб. Это без учета затрат на доставку соли к электролизной установке.

В процессе эксплуатации происходит пассивация электродов у элек-

тролизеров гипохлоритных установок. В связи с этим при эксплуатации гипохлоритных установок необходимо производить периодическую чистку электродов от пассивирующей пленки, что усложняет эксплуатацию. Следует отметить, что в состав электродов входят элементы платиновой группы, поэтому они очень дорогие (стоимость электродов составляет почти половину стоимости всей установки). При этом электроды имеют ограниченный срок службы, который в несколько раз меньше, чем срок службы остальных элементов гипохлоритной установки. Также для эксплуатации гипохлоритных электролизных установок необходима организация солевого хозяйства (смесители, баки, дозаторы, насосы, обслуживающий персонал).

Современная озонаторная установка обладает высокой степенью автономности и поэтому не требует постоянного обслуживания со стороны работников водозабора. Также для эксплуатации озонаторной установки не требуется организации реагентного хозяйства, поскольку сырьем для производства озона служит атмосферный воздух. Введение озона в обрабатываемую воду как правило производится с помощью эжектора. Возможная схема введения озона для целей обеззараживания на водозаборе показана на рисунке 1.

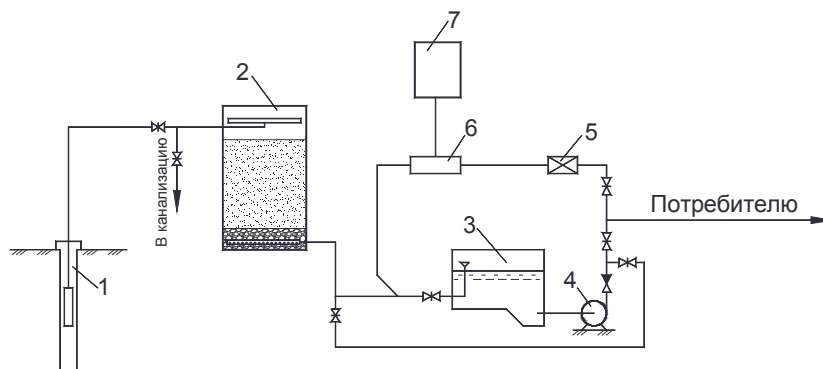


Рисунок 1. Технологическая схема введения озона на водозаборе:

- 1 – скважина; 2 – скорый безнапорный фильтр; 3 – РЧВ;
- 4 – насос 2-го подъема; 5 – регулятор давления;
- 6 – диспергатор; 7 – озонатор

ЛИТЕРАТУРА

1. Воронов, Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод / Ю.В. Воронов, С.В. Яковлев. – М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2006. – 704 с.
2. Кедров, В.С. Водоснабжение и водоотведение / В.С. Кедров, Ю.В. Кедров, В.А. Чухин. – М: Стройиздат, 2002. – 184 с.

3. Бараке, К. Технические записки по проблемам воды: Пер. с англ.: в 2 т. / К. Бараке, Ж. Бебен, Ж. Бернар и др.; Под ред. Т.А. Карюхинрой, И.Н. Чурбановой – Т. 2. – М. : Стройиздат, 1983. – 609 с.

4. Калицун, В.И. Гидравлика, водоснабжение и канализация / В.И. Калицун, В.С. Кедров, Ю.М. Ласков, П.В. Сафонов. – М: Стройиздат, 1980. – 359с.

5. Производственно-коммерческое общество с ограниченной ответственностью Интехмонтаж [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://intechmontaj.by/?page_id=91/. – Дата доступа: 14.10.2018.

6. Инновационные озоновые технологии Экозон [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ecozon.pro/>. – Дата доступа: 14.10.2018.

Бокиев Б. Р.¹, кандидат технических наук, доцент
Сафаров Б. Т.¹, старший преподаватель
Бобоева Ш. С., магистр
Таджикский технический университет имени акад. М.С. Осими
(г. Душанбе, Республики Таджикистан)

ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И КАНАЛИЗАЦИИ ГОРОДА ДУШАНБЕ

Централизованное водоснабжение столицы Республики Таджикистан (города Душанбе) было начато строительством в 1932 г. очистной станции Напорного водопровода (ОСНВ) с первоначальной проектной мощностью 16 тыс. м³ в сутки (а в настоящее время производительность данной станции составляет 60 тыс. м³ в сутки). По мере развития города в 1952–1957 гг. была построена следующая очистная станция Самотечного водопровода (ОССВ) с проектной мощностью 65 тыс. м³ в сутки (а в настоящее время производительность данной станции может достигать до 300 тыс. м³ в сутки) Источником этих очистных станций (ОСНВ и ОССВ) является поверхностная вода из реки Варзоб. В настоящее время ОСНВ и ОССВ совместно обслуживают 45-50% территории города Душанбе.

Водоснабжение из поверхностных источников

Забор воды для очистной станции Напорного водопровода (ОСНВ) и для очистной станции Самотечного водопровода (ОССВ) осуществляется из деривационного канала берущие начало с горной реки Варзоб. Основные параметры поверхностного источника: мутность воды в пределах от 5,0 до 30,0 тыс. мг/л (во время паводков); жесткость 1,5–2,5 мг.экв./л; температура 6–17 градусов по С; рН 7,5–8,5; цветность- в пределах допустимого; запах- в пределах допустимого; прозрачность – от 0 до 30см и более.

Очистная станция напорного водопровода (ОСНВ) имеет: отстойные пруды (ковши), общий объем которых равен 90 тыс. м³; реагентное хозяйство; фильтровальная станция, состоящее из шести скорых песчаных фильтров производительностью 60,0 тыс. м³ в сутки; резервуары чистой воды с общим объёмом 1050 м³; установки для обеззараживания воды с помощью гипохлорита натрия; насосные станции первого и второго подъемов, расположенные в одном помещении; трансформаторная подстанция; ультразвуковые расходомеры и др. Подготовка воды для потребления из поверхностного источника осуществляется путем обработки, отстаиванием, фильтрованием на ско-

рых фильтрах и обеззараживанием. Подготовка подземных вод осуществляется хлорированием.

Очистная станция Самотечного водопровода (ОССВ) имеет: бассейн суточного регулирования (БСР) с общим объемом 405,0 тыс. м³, который используется для отстаивания и хранения воды; реагентное хозяйство; два земснаряда для очистки БСР от отложившихся наносов; три действующих сифонных труб (в настоящее время начато строительство четвертого сифона); фильтровальная станция, состоящая из десяти скорых песчаных фильтров общей производительностью 150,0 тыс. м³ в сутки (в настоящее время начато строительство второй очереди фильтровальной станции, также из десяти скорых песчаных фильтров и общей производительностью 150,0 тыс. м³ в сутки); один контактный резервуар объемом 2900,0 м³ (в настоящее время начато строительство второго контактного резервуара объемом 2900,0 м³); резервуары чистой воды с общим объемом 4000,0 м³; цех по производству гипохлорита натрия; насосная станция; трансформаторная подстанция; ультразвуковые расходомеры и др.

К сожалению, необходимо отметить, что за последние 25 лет вокруг ОСНВ и ОССВ появились незаконные жилые застройки и поэтому санитарная зона нарушена. А подводящий деривационный канал на расстоянии более 16 км, также не защищен от попадания в него бытовых отходов и сточных вод.

Очевидно, что вода из поверхностных источников может быть загрязнена взвешенными веществами. Для их осаждения прибегают к коагулированию (физико-химической очистке), которые осуществляются в ковшах (отстойниках) ОСНВ и Бассейне суточного регулирования ОССВ. Основным методом, позволяющим довести качество воды до требуемых норм является фильтрация.

Сущность метода заключается в пропуске осветленной воды через фильтрующий материал (кварцевый песок), проницаемый для воды и не проницаемый для взвешенных частиц.

После физико-химической очистки и фильтрации воды из скорых песчаных фильтров удаляется значительная часть бактерий (до 95%), однако, среди оставшейся части могут оказаться и болезнетворные бактерии, поэтому профильтрованную воду обеззараживают по новой технологии для Таджикистана, но широко используемой во всем мире – гипохлорированием.

Обеззараживание воды на очистных станциях города в настоящее время осуществляется гипохлоритом натрия концентрацией 0,8%, полученного электролизом поваренной соли собственного производства. 2011 году в ГУП «Душанбеводоканал» впервые была внедрена элек-

тролизная установка Newtec. Данная установка обеспечивает обеззараживание воды в объеме более 300,0 тыс. м³ в сутки (эквивалент 40,0 кг активного хлора в час).

Процесс обеззараживания воды гипохлоритом натрия является надежным средством для предотвращения вспышки брюшного тифа, дизентерии и др.

Преимуществом данного метода является отказ от использования жидкого хлора, что исключает риска отравления и отрицательного воздействия на окружающую среду.

Водоснабжение из подземных источников

Следует отметить, что в связи бурного развития и резкого расширения города Душанбе в период 70–80-х годов двадцатого века возникла необходимость строительство еще двух дополнительных водозаборных сооружений. Нехватка питьевой воды стало причиной бурения много водоподъемных скважин на территории бассейна реки Каферниган. Для забора подземной воды были построены правобережная Каферниганская насосная станция (КНС) и Юго-западный водозабор (ЮЗВ). В настоящее время КНС и ЮЗВ совместно обслуживают 50–55% территории города Душанбе.

Правобережная Каферниганская насосная станция (КНС) состоит: из 55 водоподъемных скважин; три насосных станций второго подъема; три резервуаров чистой воды; установки гипохлорита натрия для обеззараживания воды, трансформаторные подстанции, ультразвуковые расходомеры и др. Данная станция введена в эксплуатацию в 1972г. Среднесуточная производительность данной станции составляет 170 тыс. м³ в сутки.

В 1977 г. введен в эксплуатацию Юго-Западный водозабор с среднесуточной производительностью 160 тыс. м³ в сутки. Юго-западный водозабор состоит: 24 водоподъемных скважин; насосной станции второго подъема; два резервуара чистой воды; установки гипохлорита натрия для обеззараживания воды, трансформаторные подстанции, ультразвуковые расходомеры и др.

В настоящее время КНС и ЮЗВ совместно обслуживают 50-55% территории города Душанбе.

Разведанный суточный запас подземных вод для хозяйственно-питьевых нужд (по данным Управления Геологии Республики Таджикистан) составляет: для Каферниганской насосной станции 289 тыс. м³ в сутки; для Юго-Западного водозабора – 416 тыс. м³ в сутки.

Следует отметить, что более 30 крупных предприятий города имеют собственные водозаборы (скважины) общей мощностью до 80 тыс. м³ в сутки.

Полив улиц и зеленых насаждений города, в основном, осуществляется из трех самотечных каналов, берущих воду из рек Варзоб и Душанбинка общей мощностью до 30 тыс. м³ в сутки, а также частично из городской водопроводной сети. (см. схему).

В настоящее время фактическая среднесуточная подача воды из всех водозаборов в город составляет 520,0 тыс. м³. Из них: до 210,0 тыс. м³ в сутки из поверхностных источников и более 310,0 тыс. м³ в сутки из подземных источников.



Схема расположения водозаборных (водоочистных) станций и станции по очистке сточных вод города Душанбе

Состояние водопроводной сети

Протяженность водопроводных сетей Душанбе составляет более 700,0 км, из них стальные трубы – 60%, чугунные – 38 %, пластмасса и асбестоцемент – 2 %. В водопроводных сетях города, для равномерного распределения воды, имеются резервуары чистой воды общим объемом 80 тыс. м³. Регулирование подачи воды осуществляется при помощи 17,0 тыс. задвижек, установленных в 10,7 тыс. колодцах. Количество насосных станций третьего подъема (подкачек) в городской сети равно 124.

Состояние водопроводной сети Душанбе в настоящее время крайне неудовлетворительно, что ведет к значительным потерям воды. Износ сети составляет около 70%.

Канализационные сети

Строительство канализационных сетей Душанбе началось в 1934 г. Общей протяженностью 16 км. Интенсивная застройка правобережной части города в 1960-80 годах привела к необходимости строительства

новых канализационных сетей, очистных сооружений, перехода (строительства дюкера) через р. Душанбинка и двух насосных станций для перекачки сточных вод. В настоящее время 70% территории города Душанбе охвачено централизованной системой канализации. Общая протяженность канализационных сетей составляет 478 км, в том числе: уличная сеть – 136 км, коллектора - 112 км, дворовая и внутриквартальная сеть – около 230 км. Глубина заложения канализационных сетей составляет от 1,5 м и на некоторых участках достигает до 8 м. Общее число канализационных колодцев более 15,0 тыс. шт. Трубы из разных материалов керамические, чугунные, асбестоцементные, бетонные и железобетонные.

За последние годы из-за длительной эксплуатации и отсутствия надлежащего технического обслуживания состояние канализационных сетей резко ухудшилось. Имеются закупоренные участки сетей (просадка грунта, обрастание труб корнями деревьев и т.д.), которые требуют срочной перекладки. Кроме того, низкая культура пользования канализацией населением: сброс в колодцы камней, банок и бытового мусора, отходов животноводства, отработанных нефтепродуктов, кража перекрытий, люков и крышек колодцев в значительной степени способствуют заиливанию и закупорке канализационных сетей. В результате сточные воды попадают в арычную сеть, используемую для полива огородов, мойки автомашин и другие бытовые нужды, что может стать источником различных болезней. В санитарном отношении наиболее опасным является техническое состояние перехода (дюкера) канализационной линии диаметром 1200 мм через р. Душанбинка. Переход выполнен из стальной трубы и сильно изношен. Попадание канализационной воды в реку может привести к негативным последствиям (экологическим нарушениям) ниже по течению реки.

Канализационные очистные сооружения

Канализационные очистные сооружения (КОС) принимают сточные воды со всего города и после очистки осуществляют их сброс в р. Кафирниган, которая служит источником водоснабжения для ниже расположенных населенных пунктов. КОС строился в три очереди: первая – проектной мощностью 120 тыс. м³ в сутки – введена в эксплуатацию в 1965–1969 годах; вторая - проектной мощностью 164,5 тыс. м³ в сутки – в 1976–1984 годах; третья – мощностью 10 тыс. м³ в сутки (проектная мощность 215,5 м³ сут., к сожалению данный объект не достроен). В настоящее время фактическая мощность КОС города Душанбе составляет 294,5 тыс. м³/сутки. На КОС осуществляется ме-

ханическая очистка сточных вод, биологическая очистка сточных вод, доочистка сточных вод и утилизация осадков.

Общая площадь КОС составляет 128 га. В состав сооружений входят:

- механизированные решетки
- песколовки (аэрируемая горизонтально-прямоточная и с круговым движением воды), песковые площадки
- первичные радиальные отстойники
- аэротенки
- вторичные радиальные отстойники
- биологические пруды доочистки с ВВР (высшей водной растительностью)

Для обработки осадки предусмотрены:

- илоуплотнители
- илоперегниватели
- иловые площадки

За последние годы техническое состояние КОС Душанбе значительно ухудшилось. Уменьшилась доля промышленных стоков, в основном на КОС поступают хозяйственные сточные воды, в которых преобладает аммонийный азот, для уменьшения содержания которого необходимо налаживать работу сооружений биологической очистки и доочистки на биопрудах. Однако, из-за износа и поломки необходимого оборудования, все сооружения работают как обычные отстойники и сильно заилены. Можно констатировать тот факт, что биологическая очистка не функционирует. Доочистка сточных вод осуществляется на биологических прудах, которые наполнены осадком, в связи с чем в летний период вода в биопрудах вторично загрязняется. Показатели загрязненности стоков: аммонийный азот – 10–20 мг/л при норме 2 мг/л, БПК – 15–20 мг/л при норме 4–5 мг/л, коли-индекс – 100–1000 раз превышает норму. Не полноценная очистка сточных вод приводит к загрязнению р. Кафирниган и может вызвать вспышку различных инфекционных заболеваний.

Итоговый анализ проблем водоснабжения и водоотведения города. Так, источниками загрязнения питьевой воды города являются сели, осадки, смыв почвы, сброс отходов в водные источники, выпас и водопой скота, застройка зоны санитарной охраны водоемов (река Варзоб и деривационный канал). По данным наблюдений Агентства по гидрометеорологии и Охраны окружающей среды наблюдается значительное увеличение состава взвешенных наносов и мутности реки Варзоб и его притоков (Такоб, Оджук, Лучоб, Харангон, Курортная,

Гурке, Ходжа-оби-Гарм, др). Это свидетельствует о возросшей степени антропогенного воздействия на природную среду, активизируя эрозийные процессы, обезлесивание и опустынивание. В качестве типа загрязнителей можно назвать мутность и коли-индекс воды, превышающую ГОСТ.

Относительно канализации города, такие как загрязнение рек. Кафирниган и Душанбинка ниже по течению, снижение качества жизни, экономический ущерб, экологические мигранты, другие потери.

ГУП «Душанбеводоканал» своими силами и средствами не в состоянии полностью искоренить существующие проблемы, поэтому необходимо срочные инвестиционные капитальные вложений.

В этой связи, Исполнительным органом государственной власти города Душанбе в 2017 году утвержден новый генеральный план города Душанбе, где предусматривается в скором будущем восстановления водопроводных сетей города, строительство новой канализационной очистной станции мощностью 500,0 тыс. м³ в сутки и восстановления других объектов ГУП «Душанбеводоканал».

ХАРАКТЕРИСТИКА КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ

Введение. Все большую роль в формировании экологической обстановки отводится факторам техногенного характера. Водные ресурсы не являются исключением. Бассейны рек подвергаются воздействию атмосферных осадков, являются приемником сточных вод, стока с животноводческих комплексов и сельскохозяйственных территорий и т.д.

Целью данной работы является оценка изменения гидрохимического режима рек Брестской области под действием антропогенных факторов.

Основная часть. Объектом исследования выбраны реки Брестской области с размером Водосборов от 1200 до 50900 км² и средними расходами воды от 2,40 до 48,3 м³/с. Для оценки пространственно-временной изменчивости использованы следующие показатели за 2016 год: среднемесячный расход, минерализация, удельная электропроводность, содержание основных катионов и анионов в воде, рН, общее железо, медь, марганец, цинк, взвешенные вещества. Показатели этого года выбраны потому, как они являются типичными для данного региона.

Наблюдения за гидрохимическим режимом водотоков и водоемов на территории Брестской области ведутся с 60-х годов XX в. Данные этих наблюдений [1] можно принять за естественные фоновые значения, т.к. территория не подвергалась интенсивной хозяйственной деятельности.

Особенностью данного региона является повышенное содержание фоновых концентраций железа общего. Это прослеживается при рассмотрении внутригодового распределения по рекам (рис. 1). Наиболее стабильное распределение показателя железо общее наблюдается на реках Припять и Горынь, однако и здесь зафиксированы превышения фоновых концентраций (для данных рек фоновая концентрация общего железа составляет 0,515 мг/дм³): для р. Припять – этот период приходится с марта по август; для р. Горынь превышения наблюдаются на протяжении всего года, за исключением декабря месяца. Неравномерное распределение общего железа наблюдается на р. Ясельда и р. Лесная.

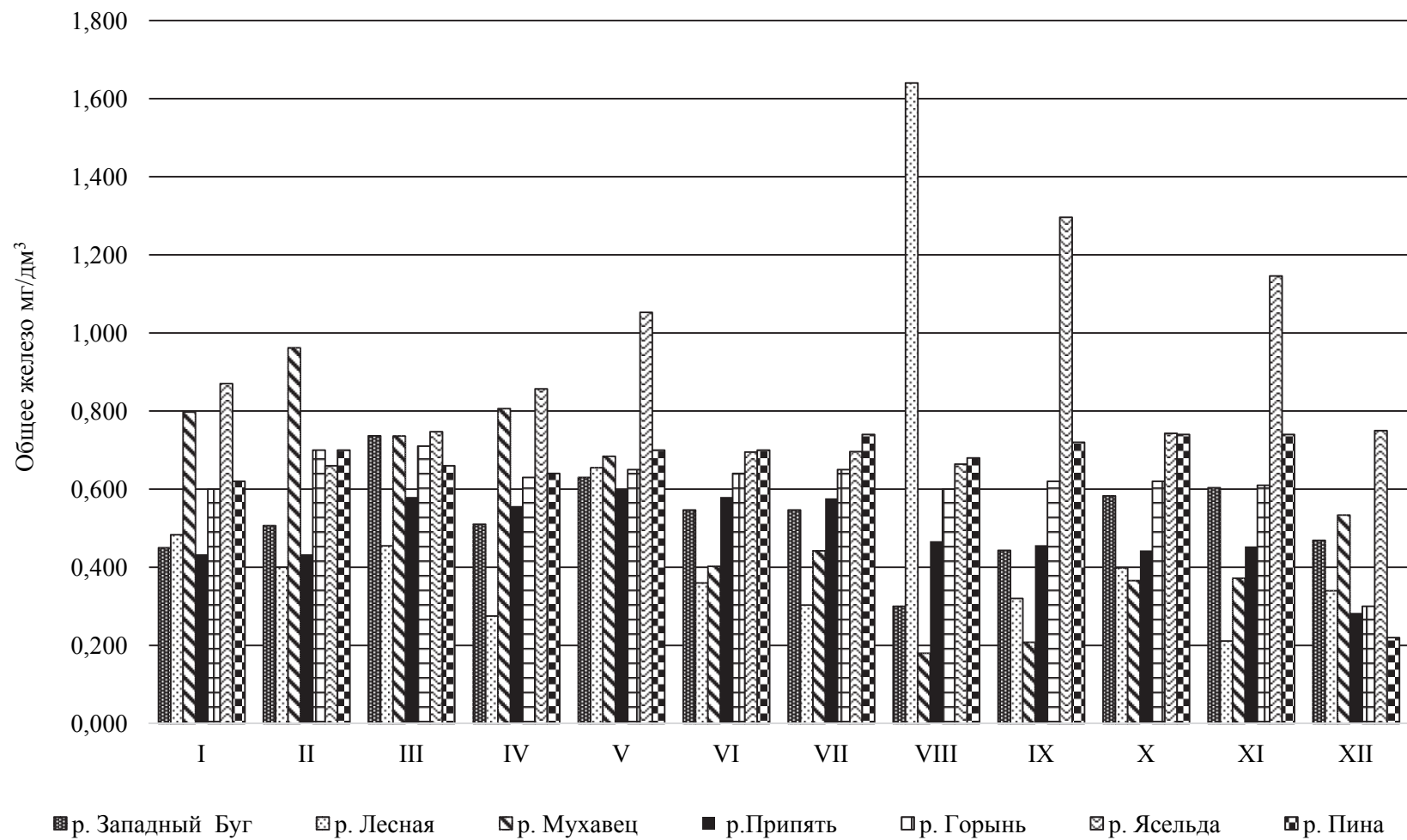


Рисунок 1. Внутригодовое распределение общего железа по рекам Брестской области.

Здесь отмечаются пиковые значения, которые приходится на август и май, сентябрь, ноябрь соответственно. Одной из возможных причин такой ситуации на р. Ясельда является недостаточно очищенные сточные воды городов, расположенных на реке. Что касается р. Лесная, то вероятнее всего скачок общего железа произошел поступления в реку органических остатков с поймы, что вызвало заморы рыбы, что в свою очередь увеличило содержание железа летом 2016 г.

Более сложная ситуация наблюдается в распределении таких показателей как марганец и цинк. При рассмотрении сезонной изменчивости марганца почти на всех реках за исключением Горыни, наблюдается пиковое значение, приходящееся на январь. Что касается распределения цинка то на р. Мухавец, р. Западный Буг и р. Лесная пиковые значения приходятся на май, а на р. Лесная еще и на декабрь. На р. Припять и р. Горынь данный элемент ведет себя более стабильно и его значения фиксируются в диапазоне $0,005 - 0,015 \text{ мг/дм}^3$, что не превышает фоновую концентрацию данного элемента на рассматриваемой территории.

Сезонное изменение меди на всех реках кроме р. Ясельда и р. Припять имеет более равномерное распределение и диапазон варьирования составляет $0,001 - 0,006 \text{ мг/дм}^3$. На р. Ясельда пиковое значение приходится на май и превышает над среднегодовым показателем составляет 4,5 раза.

Что касается таких показателей как свинец, кадмий, хром общий и никель, то зафиксированные значения не превышают ПДК.

Внутригодовое распределение взвешенных веществ по всем рекам кроме р. Западный Буг и р. Ясельда носит стабильный характер, диапазон варьирования составляет $5 - 10 \text{ мг/дм}^3$. Река Западный Буг отличается большим диапазоном изменения данного показателя от 8 до 39 мг/дм^3 . Пиковые показатели приходятся на конец весны-начало лета. Это, скорее всего, вызвано снижением расхода воды в реке.

Таким образом, очевидно, что характер сезонной изменчивости различных показателей качества речных вод региона разнообразен, что свидетельствует о сложной комбинации факторов, влияющих на состав этих вод.

Первый фактор, который необходимо учитывать – это гидрологический режим территории. Сезонные изменения минерализации в умеренном климате отражают изменение роли подземных вод и атмосферных осадков в питании водотоков [1]. В весеннее половодье реками выносятся соединения, накопившиеся в снежном покрове, а в дождевые паводки происходит смыв материала, недостаточно прочно закрепленного в почве и растительности [4].

По мимо гидрологического режима еще одним важным фактором изменения качества речных вод является антропогенная нагрузка. Увеличение содержания органических веществ в природных водах приводит к комплексообразованию их с металлами, что с одной стороны приводит к инактивации металлов, но в тоже время усложняет процесс водоподготовки [2].

Современные наблюдения свидетельствуют об увеличении показателя общей минерализации, следовательно, и об изменении катионо-анионного состава поверхностных вод и показателя удельной электропроводности. Зависимость минерализации от удельной электропроводности и расхода представлены на рис. 2. Зависимость минерализации от расхода воды нелинейна, и при паводках минерализация меняется незначительно даже при значительном увеличении расхода.

Зависимость электропроводности от минерализации (рис. 2) лучше всего описывается степенным законом. Данная зависимость свидетельствует о том, что помимо основных ионов натрия (Na^+), калия (K^+), кальция (Ca^{2+}), хлора (Cl^-), сульфата (SO_4^{2-}), гидрокарбоната (HCO_3^-), которые и обуславливают электропроводность, в речных водах содержатся и большое количество таких ионов, как трехвалентное и двухвалентное железо (Fe^{3+} и Fe^{2+}), марганец (Mn^{2+}) и др.

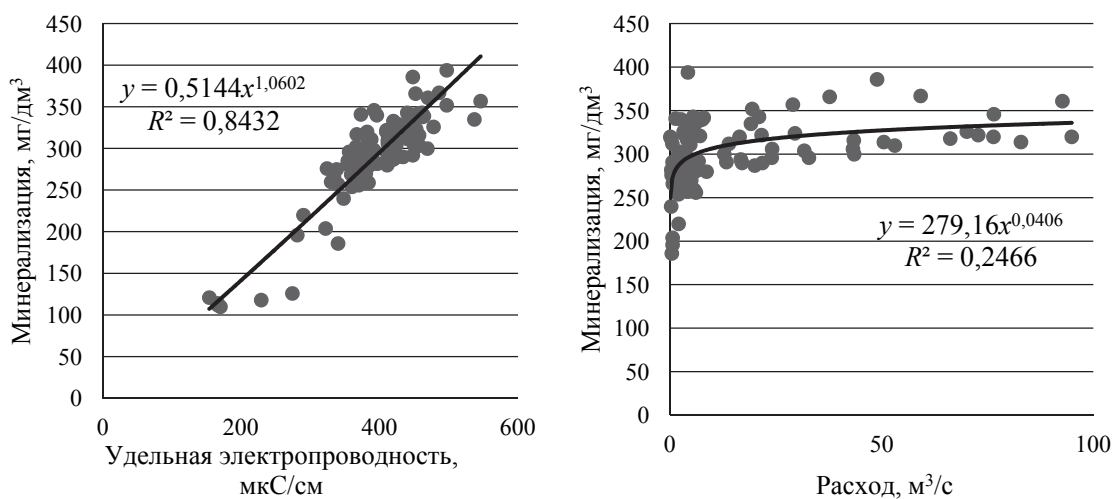


Рисунок 2. Зависимость минерализации от удельной электропроводности и среднего расхода.

Выводы и рекомендации.

Сезонная трансформация гидрохимического состава рек Брестской области вызвана рядом факторов, основными из которых являются гидрологический режим и антропогенная нагрузка. В изменении ми-

нерализации и ионного состава речных вод прослеживается тенденция уменьшения в половодье и увеличения в межень.

При рассмотрении внутригодового распределения показателей качества природных вод можно выявить тенденцию увеличения значений этих показателей в бассейнах тех рек, где располагаются крупные промышленные и сельскохозяйственные центры. Что является свидетельством антропогенного влияния на гидрохимический режим рек рассматриваемого региона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алекин О.А., 1970. Основы гидрохимии: Гидрометеиздат. 444 с.
2. Моисеенко Т.И., Дину М.И., Гашкина Н.А., Кремлева Т.А. 2013. Формы нахождения металлов в природных водах в зависимости от их химического состава. Водные ресурсы, том 40 №4: 375–385.
3. Ресурсы поверхностных вод СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1966. Т.5: Белоруссия и Верхнее Поднепровье / под ред. З.И. Мироненко. – 720 с.
4. Шулькин В.М., Богданова Н.Н., Перепелятников Л.В., 2009. Пространственно-временная изменчивость химического состава речных вод юга Дальнего Востока РФ. Водные ресурсы, том 36 №4: 428–439.

ПЕРЕВОД г. МИНСКА НА ВОДОСНАБЖЕНИЕ ИЗ ПОДЗЕМНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Общая часть

УП «Минскинжпроект» является головной проектной организацией г. Минска по выполнению комплекса проектно-изыскательских работ для строительства, реконструкции, расширения, капитального ремонта инженерных сетей и сооружений городской инфраструктуры и улично-дорожной сети. Коллектив предприятия принимал непосредственное участие в создании проектной документации для строительства МОС, Минского метрополитена, разработке проекта кольцевой автомобильной дороги, дороги в национальный аэропорт

В 2017 г. по заказу УП «Минскводоканал» УП «Минскинжпроект» разработал предпроектную документацию по объекту «Перевод г. Минска на водоснабжение из подземных источников». Цель работы – разработка концепции развития системы водоснабжения города в соответствии с разработанным Генеральным планом г. Минска на 2030 год и утвержденным Указом Президента Республики Беларусь от 15 сентября 2016г. № 344 "Об утверждении генерального плана г. Минска и некоторых вопросах его реализации".

Основной задачей работы является определение комплекса мероприятий развития коммунальной системы хозяйственно-питьевого водоснабжения города Минска на перспективу до 2030 года, направленных на улучшение качества подаваемой потребителям воды.

2. Существующая система водоснабжения города Минска.

Сложившаяся схема водоснабжения г. Минска представлена 11-ю основными водозаборами артезианских вод с суммарной мощностью утвержденных запасов 793,2 тыс. м³/сут. и одним водозабором из поверхностного источника на базе канала Вилейско-Минской водной системы – Очистной Водопроводной Станции (далее – ОВС) с утвержденной производительностью 320,0 тыс. м³/сут.

В черте территории города расположены артезианские водозаборы «Новинки», «Зеленовка», «Петровщина», «Дражня» и Очистная водопроводная станция (далее – ОВС), подающая в город воду из поверхностного источника – канала Вилейско-Минской водной системы.

Водопроводная сеть г. Минска является сетью объединенного хозяйственно-питьевого и противопожарного назначения и является элементом системы водоснабжения I-ой категории надежности.

Единая централизованная система водоснабжения города разбита на две большие замкнутые зоны водоснабжения: «высокую» и «низкую».

Подача воды на кольцевую сеть «низкой» зоны водоснабжения осуществляется по магистральным водоводам от насосных станций 2-го подъема водозаборов подземной воды.

Источником водоснабжения «высокой» и небольшой части «низкой» зоны (в существующем объеме ≈ 200.0 тыс. м³/сут.) является вода, поступающая из Вилейско-Минской водной системы, прошедшая очистку на очистной водопроводной станции (далее - ОВС).

Пусковой комплекс первой очереди ОВС был введен в эксплуатацию в 1978 г.

3. Баланс водопотребления

Основными потребителями питьевой воды в городе по данным Центрального расчетного центра (ЦРП) УП «Минскводоканал» являются население, промышленный сектор, сфера коммунально-бытовых услуг, с максимальным преобладанием водопотребления населением.

№ п/п	Показатели	Ед. изм.	2014	2015	Прогноз 2030 год
1	Поднято воды, всего	тыс. м ³ /сут	531,42	539,9	598,5*
2	Собственные нужды (технологические, хоз.бытовые)	тыс. м ³ /сут	48,9	38,72	29,925
3	Собственные нужды	% к забору воды	9,2	7,75	5
4	Подача воды в сеть, всего	тыс. м ³ /сут	491,08	501,18	570,0
5	Отпуск воды потребителям (реализация)	тыс. м ³ /сут	357,76	357,43	481,65
6	Потери и неучтенные расходы (разница между подачей воды в сеть и реализацией)	тыс. м ³ /сут	133,32	118,45	88,35
7	Потери и неучтенные расходы	в % от поданной воды в сеть	27,2	25,3	15,5
8	Численность населения	тыс. чел	1932	1998	2000
9	Удельное водопотребление	л/чел.сутки	159	147,76	160

Слайд № 1 Общий баланс подачи и реализации воды г. Минска (факт и прогноз).

В данной работе был проведен анализ фактических данных ЦРП УП «Минскводоканал» водопотребления за предшествующий период 2013 г. – июль 2016 г.; рассмотрена динамика изменения нормы во-

допотребления за этот же период в зависимости от развития сферы услуг, организации учета потребления воды. Средняя суточная норма водопотребления населением в 2013 году определялась в пределах 157,57 л/чел в сутки, за январь-июль 2016 г. – 142,32 л/чел в сутки.

За последние годы наблюдается тенденция к снижению водопотребления по всем группам потребителей и фактическое водопотребление значительно ниже утвержденных запасов.

4. Перевод города на водоснабжение из подземных источников

В соответствии с заданием на разработку предпроектной документации рассмотрены 4 варианта развития системы водоснабжения г. Минска на 2030г.:

1-й – перевод г. Минска на подземные источники с развитием водозаборов Южной группы («Острова», «Вицковщина», «Фелицианово») до утвержденных запасов и развитием существующих водозаборов и водоводов на оставшуюся потребность города;

2-й – перевод г. Минска на подземные источники с развитием водозаборов Южной группы и развитием водозабора «Вязинка»;

3-й – реконструкция и модернизация ОВС с сохранением существующей зоны влияния ОВС и определение необходимой производительности развития Южной группы;

4-й – развитие водозаборов Южной группы до утвержденных запасов с уменьшением зон влияния ОВС и ее реконструкцией и модернизацией под «оставшуюся» потребность города.

Бюджет проекта показал, что наиболее экономичным оказался вариант №1, предусматривающий развитие водозаборов Южной группы и исключение подачи поверхностной воды потребителям.

Таблица стоимости реализации вариантов

№ п/п	Наименование	Стоимость, тыс.руб.				Примечание
		Вариант №1	Вариант №2	Вариант №3	Вариант №4	
1.	Общие инвестиционные затраты без НДС, тыс.руб., в т.ч.	309 602,5	511 127,0	484 109,1	492 129,1	
	прединвестиционные затраты	5 938,3	11 305,3	7 320,0	7 657,7	
	подготовительные работы	1 865,0	1 712,6	791,9	1 055,2	
	строительно-монтажные, приобретение оборудования	301 799,2	498 109,1	470 626,6	483398,2	
2.	Общие инвестиционные затраты с НДС, тыс.руб.,	371 523,0	613 352,4	580 930,9	590 555,0	
3.	Удорожание обводнения р. Свислочь и СВС	5 568,480	5 568,480	-----	4 350,375	

В таблице приведены показатели инвестиционных затрат по 4-м вариантам.

Капитальные затраты по проекту составляют 389 922,4 тыс. руб., в том числе первоначальные инвестиции с НДС –371 523,0 тыс.руб , затраты на реинвестирование -18 399,4 тыс.руб.

5. Схема развития водозаборов.

Вода от водозаборов «Вицковщина», «Фелицианово» после построенных станций обезжелезивания поступает в резервуарный парк водозабора «Острова» и далее по водоводам 2-го подъема в городскую сеть и на насосную станцию «Щемыслица», откуда по водоводам подается в резервуары ОВС. Зоны города, ранее обеспечиваемые подготовленной водой из ВМВС, получают воду из подземных источников.

Для надежности работы системы обеспечения подземной водой города потребуются прокладка вторых ниток водоводов II-го подъема, модернизация систем электроснабжения и другие мероприятия по развиваемым водозаборам.

Согласно принятого варианта сохраняется использование поверхностной воды от водохранилища «Крылово» в качестве второго (основного) источника технического водоснабжения ТЭЦ-4.

Следует отметить, что существующая водопроводная сеть города позволяет без значительного дополнительного строительства сетей с использованием частично сооружений ОВС обеспечить потребителей водой из подземных источников. Основные капиталовложения предусматриваются на развитие водозаборов и строительство водоводов от источников водоснабжения до города для обеспечения требуемой категории их надежности.

6. Заключение.

После реализации комплекса мероприятий развития системы водоснабжения по принятому варианту № 1, а именно развитие водозаборов Южной группы («Острова», «Вицковщина», «Фелицианово») до утвержденных запасов все жители города Минска будут обеспечены водой из подземных источников.

Н.С. Грушник,
начальник химико-бактериологической
лаборатории производства «Минскводопровод»
УП «Минскводоканал», г. Минск, Республика Беларусь

ОСОБЕННОСТИ ЛАБОРАТОРНОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ Г. МИНСКА

Особенности контроля питьевой воды г. Минска стали следствием особенностей в самой системе водоснабжения города.

1. Коммунальное водоснабжение г. Минска организовано из подземных и поверхностного источников. В систему централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения города вода питьевого качества подается 16 подземными (артезианскими) водозаборами, а также очистной водопроводной станцией (далее – ОВС) из поверхностного источника. Вода от городских водозаборов подается по магистральным водоводам в кольцевые разводящие водопроводные сети города, объединяющие зоны влияния отдельных водозаборов в общую систему водоснабжения г. Минска. Качество питьевой воды подлежит контролю в рамках реализации «Рабочих программ производственного контроля качества природной и питьевой воды водозаборов и распределительной сети г. Минска на 2016–2020 гг.» (далее – Рабочих программ), которые прошли экспертизу в ГУ «Минский городской центр гигиены и эпидемиологии» и утверждены Минским городским исполнительным комитетом. Рабочие программы были разработаны группой специалистов производства «Минскводопровод», включающей в себя инженеров-технологов, технологов водозаборов, начальников лабораторий. Каждая Рабочая программа содержит конкретный перечень показателей, подлежащих контролю, периодичность выполнения и точки отбора проб для конкретного водозабора. Поскольку Рабочие программы разработаны для каждого водозабора и распределительной сети города при осуществлении лабораторного контроля реализуется четырнадцать Рабочих программ. Контроль качества воды осуществляют две лаборатории производства «Минскводопровод», аккредитованные в Национальной системе аккредитации Республики Беларусь на соответствие требованиям СТБ ИСО/МЭК 17025 – химико-бактериологическая лаборатория (далее – ХБЛ) и химико-технологическая лаборатория ОВС (далее – ХТЛ ОВС). Дополнительный технологический контроль производят 5 лабораторий станций обезжелезивания.

2. Схема забора воды из подземных источников и её транспортировка в городские сети у всех водозаборов практически одинакова и

состоит из артезианских скважин (насосные станции I-го подъема), сборных водоводов, резервуаров чистой воды, насосных станций II-го подъема, магистральных водоводов. Лабораторному контролю подлежит вода каждой артезианской скважины не менее 4-х раз за год (по сезонам года). Один раз в год выполняется полная схема определения показателей качества воды (органолептические, обобщенные, химические, включая неорганические и органические, микробиологические и радиологические показатели). Трижды в год определению подлежат органолептические, обобщенные и микробиологические показатели. Дополнительно производится отбор воды скважин после замены или ремонта насосного оборудования, длительных остановок. В этом случае проводится определение органолептических и, в обязательном порядке, микробиологических показателей. Контроль качества воды в сборных водоводах проводится в объеме реализации «Рабочих программ» и по технологическим режимам станций обезжелезивания. Качество воды насосных станций II-го подъема городских водозаборов (численность населения, обеспечиваемого водой более 1000 тыс. чел.) подлежит ежедневному контролю. В случае, если численность населения, обеспечиваемого водой из водозабора менее 20 тыс. чел. – один раз в неделю, от 20 до 100 тыс. чел. – трижды в неделю. В каждой отобранной пробе в обязательном порядке проводится определение органолептических и микробиологических показателей. Определение химических показателей проводится в объеме реализации «Рабочих программ». Поскольку в системе централизованного водоснабжения эксплуатируется 6 станций водоподготовки по очистке и доведению подземной воды до нормативных показателей санитарных норм (№2 «Петровщина», №6 «Острова», №8 «Вицковщина», №9 «Водопой», №10 «Фелицианово», ВКХ «Сокол») и поверхностной воды – ОВС, перечень контролируемых химических показателей определяется в том числе и технологией водоподготовки. В частности, на станциях обезжелезивания лаборатории станций осуществляют ежедневный текущий контроль содержания железа, марганца и микробиологических показателей. Контролю подлежит качество воды, поступающей на станцию, после каждого фильтра и подаваемой потребителям. Ежедневно ХБЛ проводит периодический контроль деятельности стационарных лабораторий путем выдачи шифрованных проб, проверки стабильности градуировочных характеристик, а также путем сличения результатов совместных отборов.

3. Вода из поверхностного источника водоснабжения — из Вилейско-Минской Водной системы – резервного водохранилища «Крылово», где она в природных условиях самоочищается и отстаивается,

подается на площадку ОВС по 3 гравитационным водоводам. На площадке ОВС вода подвергается полному комплексу очистки, который включает: первичное хлорирование → коагуляцию → отстаивание → фильтрацию на открытых фильтрах → вторичное хлорирование → подачу воды потребителям. Силами аккредитованной химико-технологической лаборатории ОВС проводится контроль всей технологии водоподготовки, а также контроль качества питьевой воды, поступающей потребителю. Особенностью этого контроля является включение в перечень показателей, подлежащих контролю остаточного хлора, остаточного количества алюминия и хлорорганических соединений.

4. Особенностью контроля питьевой воды в распределительной сети стал контроль в зонах влияния водозаборов, эксплуатирующих подземные и поверхностные источники водоснабжения, наличие станций обезжелезивания в схеме водоподготовки водозабора. Так, в случае наличия станции обезжелезивания, в перечень контролируемых показателей воды распределительной сети включено железо (суммарно), для зоны влияния ОВС – определение остаточного количества алюминия и галогенсодержащих соединений. Для определения контролируемых показателей используется современное лабораторное оборудование: атомно-абсорбционный спектрофотометр, газовые хроматографы, системы капиллярного электрофореза, анализатор ртути, спектрофотометры.

5. В ХБЛ внедрена система внутреннего контроля качества в соответствии с требованиями СТБ серии ИСО 5725-2002, активно используется компьютерная программа «Q-Control», предназначенная для обобщения и ведения баз данных, полученных в ходе внутреннего контроля качества. Имеется разрешение Минской городской режимной комиссии ГУ «Минский городской центр гигиены и эпидемиологии» на работу с микроорганизмами I-II групп патогенности при проведении санитарно-микробиологических испытаний (исследований) воды. Департаментом по ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь выдано специальное разрешение (лицензия) на право ХБЛ осуществления деятельности, связанной с контролем радиационного загрязнения.

6. Помимо реализации Рабочих программ ХБЛ проводит отборы и анализ проб воды в местах локализации инцидентов на сетях, после проведения санитарно-технических промывок, по жалобам населения, при сопровождении отработки технологии водоподготовки:

Год	Количество отобранных проб			Количество анализов		
	Запланировано рабочими программами	Выполнено	Сверх РП (%)	Запланировано рабочими программами	Выполнено	Сверх РП (%)
2013	12654	16232	3578 (22%)	125300	152752	27000 (18%)
2014	14669	16773	2104 (13%)	137709	151308	13599 (9%)
2015	14669	15980	1311 (8%)	137709	154213	16504 (10%)
2016	13871	17115	3244 (19%)	121575	151384	29809 (20%)
2017	13871	17024	3153 (19%)	121575	151596	30021 (20%)

ЛИТЕРАТУРА

1. Санитарные правила и нормы 2.1.4. «Питьевая вода и водоснабжение населенных мест. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Санитарные правила и нормы СанПиН 10-124 РБ 99», утвержденные постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 19 октября 1999 г. № 46.

2. Санитарные нормы и правила «Требования к физиологической полноценности питьевой воды», утвержденные постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 25 октября 2012 г. № 166.

3. Санитарные нормы и правила «Санитарно-эпидемиологические требования к системам централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения», утвержденные постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 16 сентября 2014 г. № 69.

А. С. Дмитриченко, канд. техн. наук, доцент,
И. В. Качанов, д.т.н, профессор, М. В. Кудин, канд. техн. наук, доцент,
И. М. Шаталов, ст. преподаватель, М. К. Щербакова, ст. преподаватель,
К. Ю. Быков, магистрант, В.С. Рабченя, студентка
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ОГNETУШАЩЕЙ ЖИДКОСТИ В ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ УСТАНОВКИ ИМПУЛЬСНОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ (УИП)

Вода на настоящий момент является одним из самых распространенных средств пожаротушения. До 90 % всех пожаров ликвидируется именно водой, и это наиболее простой, экологически чистый и дешевый способ [1, 2]. Традиционное оборудование (например, пожарные стволы) имеет ряд недостатков, основным из которых является нанесение значительного ущерба вследствие применения чрезмерного количества воды.

В настоящее время все большее внимание уделяется повышению эффективности тушения водой за счет уменьшения подаваемого удельного расхода и увеличению степени использования огнетушащего вещества (ОТВ). Это достигается использованием при тушении пожаров распыленной воды (РВ) и составов на ее основе, подаваемых к месту пожара различными системами, установками и устройствами. Например, установками импульсного пожаротушения (УИП), в состав которых входит ствол пожаротушения импульсный (СПИ).

Основным техническим устройством УИП, подающим ОТВ на формирование струи РВ, является ствол, который в общем случае состоит из газовой (воздушной) и жидкостной (водяной) камеры, соединенных быстродействующим клапаном. На выходе ствола может устанавливаться насадок с распылителем, чаще всего выполняемый из гибкого материала (резины). При открытии клапана происходит вытеснение рабочим газом жидкости через насадок с распылителем в окружающее пространство. Геометрическая модель ствола УИП представлена на рис. 1.

Газ и жидкость располагаются в цилиндрическом резервуаре диаметром d_p и занимают объемы, характеризующиеся длинами l_g и $l_{ж}$, разделенные плоской твердой границей с конически расходящимся насадком (на схеме условно не показан). При этом газ находится под давлением P_0 , жидкость – при давлении окружающей среды P_E . Далее

жидкость вытесняется через цилиндрический насадок диаметром d_H и длиной l_H в окружающую среду.

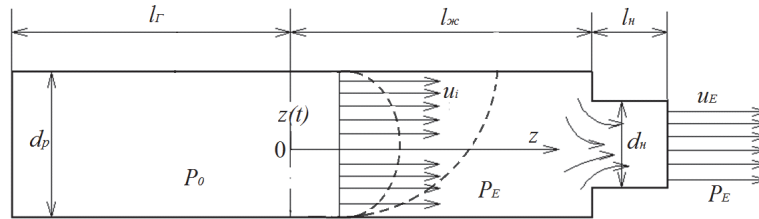


Рисунок 1. Геометрическая модель СП-И

Предполагается (в отличие от предыдущих исследователей), что в процессе вытеснения граница раздела жидкость-газ подвержена неустойчивости Рэля-Тейлора, а также действию других факторов, разрушающих её структуру и имеет криволинейную форму в виде овала или в виде параболы (на схеме штриховая линия) (рис. 2).

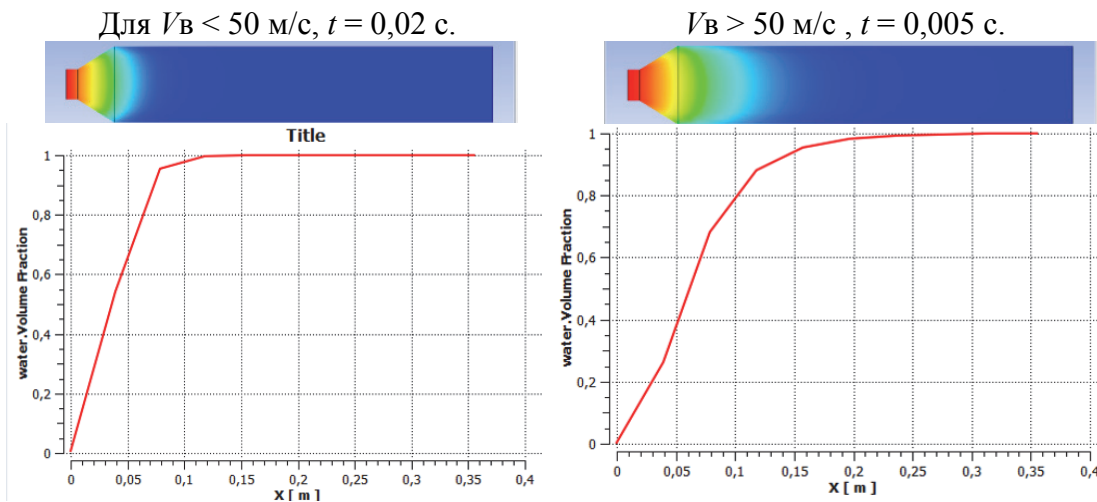


Рисунок 2. График изменения соотношения воздух-вода в потоке газожидкостном потоке при скоростях подачи распыливающего сжатого газа < 50 м/с и > 50 м/с

Такое движение можно моделировать путем использования 2-х уравнений: уравнения импульса и уравнения неразрывности с учетом инерционных потерь давления. Систему этих уравнений для двухфазного потока жидкости можно записать следующим образом

$$\begin{cases} \frac{\partial(\alpha\rho_\alpha\bar{v})}{\partial t} + \text{div}(\alpha\rho_\alpha\bar{v} \otimes \bar{v}) = -\alpha\nabla p + \alpha\nabla t - R\bar{v} \\ \frac{\partial(\beta\rho_\beta\bar{v})}{\partial t} + \text{div}(\beta\rho_\beta\bar{v} \otimes \bar{v}) = -\beta\nabla p + \beta\nabla t - R\bar{v} \end{cases} \quad (1)$$

Численное моделирование движения жидкости в стволах УИП проводилось в современном пакете вычислительной гидрогазодинамики ANSYS CFX, в который включены различные математические модели, в том числе и модели движения двухфазных потоков (жидкость-газ) и распыления жидкостей

Для численного моделирования движения огнетушащей жидкости в стволе УИП в качестве объекта была выбрана жидкостная (водяная) камера ствола УИП, основные геометрические параметры которой полностью соответствовали реальным размерам ствола, используемым в практике пожаротушения в Республике Беларусь и за рубежом. Расчетная область определялась координатами X, Y, Z декартовой системы координат, задающимися путем твердотельного моделирования жидкостной (водяной) камеры в пакете «ANSYS CFX».

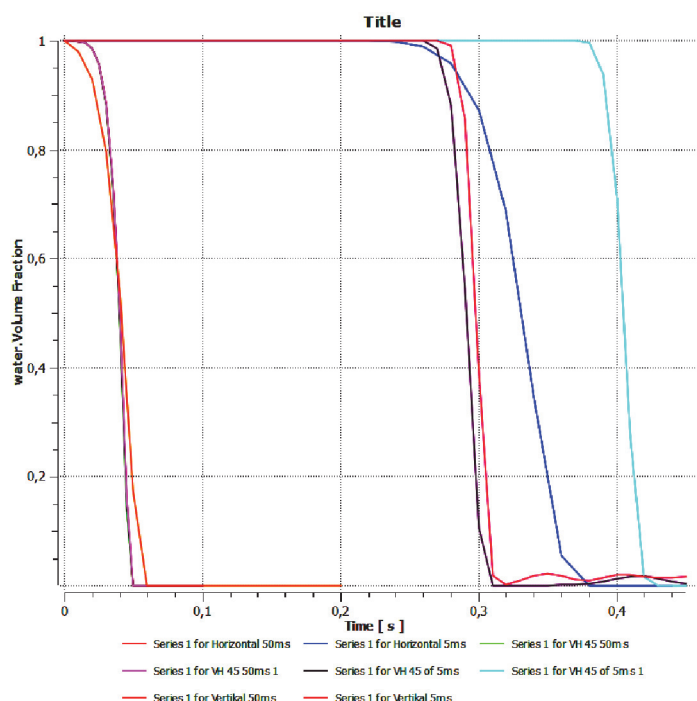


Рисунок 3. График изменения во времени соотношения воздух-вода на выходе из ствола УИП при различных положениях оси ствола УИП в пространстве ($+90^0, +45^0, 0^0, -45^0$) для скорости подачи распыливающего сжатого газа < 5 м/с и > 50 м/с

При моделировании движения огнетушащей жидкости в стволе УИП использовались следующие модели и условия на входе распыливающего газа в распыливаемую жидкость в жидкостной (водяной) камере ствола: модель движения газа и жидкости в жидкостной камере «Эйлера», модель двухфазного массопереноса «Zwart-Gtrber-Belamri», модель турбулентности: К-ε.

Проведенное моделирование позволило сделать следующие выводы:

1. В результате проведенного компьютерного моделирования установлено, что в результате взаимодействия распыливающего газа с распыливаемой жидкости граница раздела фаз имеет не плоскую, а криволинейную форму. Причем при скоростях течения распыливающего сжатого газа до 50 м/с эта граница имеет форму параболы, а при скоростях – 50–300 м/с – форму овала, вытягивающегося в симметричную параболу и в ярко выраженный клин.

2. Проведенное компьютерное моделирование при различных скоростях подачи распыливающего сжатого газа в жидкостную камеру (изменение скорости сжатого газа варьировалось в пределах от 5 м/с до 200 м/с и выше) позволило установить режимы течения и диспергирования (распада и распыления) огнетушащей жидкости в зависимости от размеров жидкостной камеры (её диаметр (d_p) и размеров отверстия истечения (d_n)). Было установлено, что при соотношениях $d_n / d_p > 0,80 \div 0,85$ наблюдался резкоизменяющийся (импульсный) характер течения огнетушащей жидкости с волнообразным распадом (диспергированием или распылением) струи жидкости; при $d_n / d_p \leq 0,85 \div 0,5$ движение огнетушащей жидкости в стволе УИП приобретало элементы квазистационарного течения с волнообразным у отверстия истечения и последующим турбулентно-пульсационным распылением; при $d_n / d_p < 0,5$ движение жидкости в стволе УИП, из-за резкого увеличения гидравлического сопротивления отверстия истечения, можно считать (с определенной степенью допущения) квазистационарным, но при этом начиналось кавитационное, а затем и чисто инерционное (даже сверхзвуковое) распыление жидкости в плоскости отверстия истечения или в непосредственной близости от него.

В заключении следует отметить, что установленные режимы течения огнетушащей жидкости в проточной части ствола УИП и на выходе из него позволяют выбрать наиболее оптимальные конструктивные и гидродинамические параметры ствола УИП для тушения пожаров различной сложности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Корольченко, А.Я. Технология импульсного водяного пожаротушения IFEX 3000 / А.Я. Корольченко // Пожаровзрывобезопасность. – 2001. – № 2. – С. 3–5.

2. Дауэнгауэр, С.А. Пожаротушение тонкораспыленной водой: механизмы, особенности, перспективы / С.А. Дауэнгауэр // Пожаровзрывобезопасность. – 2004. – № 6. – С. 78–81.

А. С. Дмитриченко, канд. техн. наук, доцент,
 И. В. Качанов, д.т.н, профессор, М. В. Кудин, канд. техн. наук, доцент,
 И. М. Шаталов, ст. преподаватель, М. К. Щербакова, ст. преподаватель,
 К. Ю. Быков, магистрант, В.С. Рабченя, студентка
 Белорусский национальный технический университет,
 г. Минск, Республика Беларусь

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИСТЕЧЕНИЯ ОГNETУШАЩЕЙ ЖИДКОСТИ ИЗ СТВОЛА УСТАНОВКИ ИМПУЛЬСНОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ

В настоящее время все больше внимание уделяется повышению эффективности тушения пожаров за счет использования распыленной воды. В Республике Беларусь и за рубежом основным техническим устройством формирования распыленных струй в импульсном режиме является переносная установка импульсного пожаротушения (УИП).

Анализ публикаций показал, что, несмотря на широкое распространение технологий импульсного пожаротушения, в настоящее время отсутствуют научно обоснованные методики, позволяющие определить быстродействие и интенсивность подачи огнетушащих веществ при использовании УИП, что снижает эффективность их применения.

С этой целью было проведено компьютерное моделирование формирования и движения распыленной огнетушащей жидкости на выходе из ствола УИП в программном комплексе «ANSYS CFX» на модели ствола УИП, геометрические размеры которого соответствовали реальным размерам ствола, используемого при пожаротушении. При численном моделировании этого процесса использовалась математическая модель массопереноса двухфазного потока в виде системы уравнений распыливания жидкости:

$$\left\{ \begin{array}{l} -grad p' + \mu' \nabla^2 \vec{\omega}' = \rho' \frac{D\vec{\omega}'}{dt}; div \vec{\omega}' = 0; \\ -grad p'' = \rho'' \frac{D\vec{\omega}''}{dt}; div \vec{\omega}'' = 0; \\ \mu' \left(\frac{\partial \omega'_i}{\partial x_k} + \frac{\partial \omega'_k}{\partial x_i} \right)_{гр} = -\rho'' \left(\overline{v_i v_k} \right)_{гр}; \\ p' - 2\mu' \left(\frac{\partial \omega'_k}{\partial x_k} \right)_{гр} = p'' - \rho'' \left(\overline{v_k^2} \right)_{гр} + \sigma \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_S} \right); \\ \overline{\omega'_{гр}} = \overline{\omega''_{гр}} \end{array} \right. \quad (1)$$

и уравнения динамики пузырька Релея-Плессета

$$R \frac{d^2 R}{dt^2} + \frac{2}{3} \left(\frac{dR}{dt} \right)^2 + \frac{2\sigma}{\rho R} = \frac{P_{\text{н}} - P}{\rho}. \quad (2)$$

Упрощенная запись уравнения движения пузырька позволила создать три модели массопереноса при движении распыленной огнетушащей жидкости на выходе из ствола УИП: модель Singhal; модель Zwart-Gerber-Belamri и модель Schnerr-Sauer [1].

В процессе моделирования постоянно менялась скорость подачи распыливающего сжатого газа в пределах от 5 до 200 м/с и выше.

Режимы распада струи ограничены следующими значениями критерия Вебера [2]:

$$We' = 16,6 \left(\frac{\mu_{\text{ж}}^2}{\rho_{\text{ж}} \cdot d_0 \cdot \sigma_{\text{ж}}} \right)^{0,3} \left(\frac{\rho_{\text{ж}}}{\rho'_{\Gamma}} \right)^{1,05}, \quad (3)$$

$$We'' = 266 \left(\frac{\mu_{\text{ж}}^2}{\rho_{\text{ж}} \cdot d_0 \cdot \sigma_{\text{ж}}} \right)^{0,133} \left(\frac{\rho_{\text{жс}}}{\rho'_{\Gamma}} \right)^{0,8}, \quad (4)$$

где $\mu_{\text{ж}}$ – динамическая вязкость жидкости.

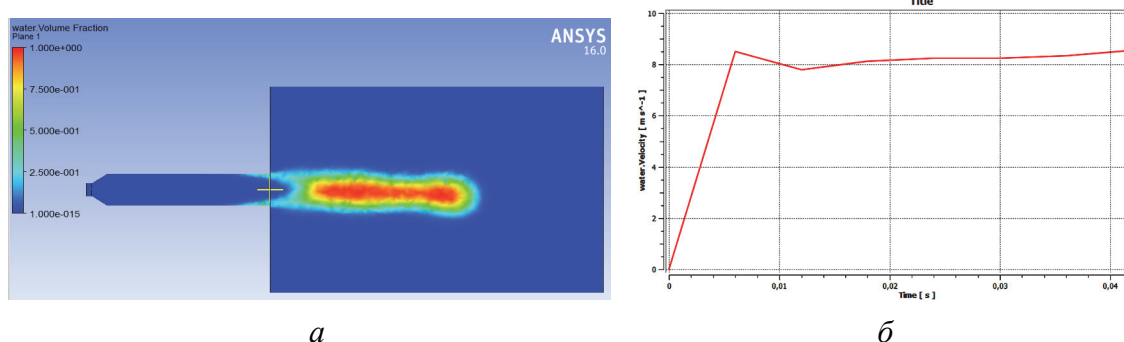


Рисунок 1.

а – формирование струи огнетушащей жидкости на выходе из жидкостной камеры ствола УИП при скорости подачи распыливающего сжатого газа 50 м/с;

б – график изменения во времени скорости движения огнетушащей струи (на оси ствола) на выходе из жидкостной камеры ствола УИП при скорости подачи распыливающего сжатого газа 50 м/с

При небольших скоростях истечения, когда критерий Вебера $We \geq We'$, происходит осесимметричный распад истекающей струи, и в данном случае главную роль играют силы инерции, трения и поверхностного натяжения, под воздействием которых на поверхности струи образуются симметричные волны, развитие которых приводит к разрушению струи (Рис. 1). С увеличением скорости истечения проис-

ходит смещение критерия Вебера в интервал $We' \leq We < We''$ и течение переходит в турбулентно-импульсный режим (Рис. 2).

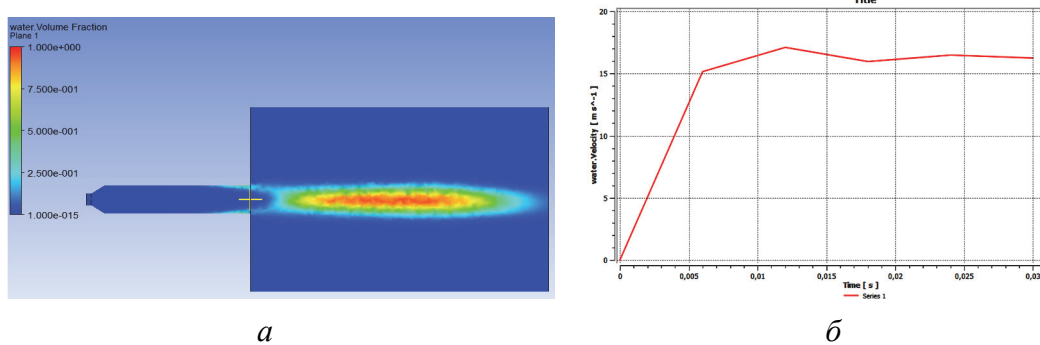


Рисунок 2.

- a* – формирование струи огнетушащей жидкости на выходе из жидкостной камеры ствола УИП при скорости подачи распыливающего сжатого газа 100 м/с;
- б* – график изменения во времени скорости движения огнетушащей струи (на оси ствола) на выходе из жидкостной камеры ствола УИП при скорости подачи распыливающего сжатого газа 100 м/с

В этом режиме возникают пульсационные силы давления, поперечные составляющие которых вызывают на поверхности струи нерегулярные волны, колебание струи в целом и ее последующее разрушение в режиме сохраняющегося волнообразного распада. Дальнейшее увеличение скорости истечения приводит к увеличению критерия Вебера до значений $We \geq We'$, при этом возрастает интенсивность турбулентного перемешивания и турбулентно-пульсационный режим распыливания переходит в чисто инерционное распыление (с возможной кавитацией), вследствие чего, струя начинает распадаться непосредственно у отверстия истечения в режиме кавитационно-инерционного распыла (Рис. 3).

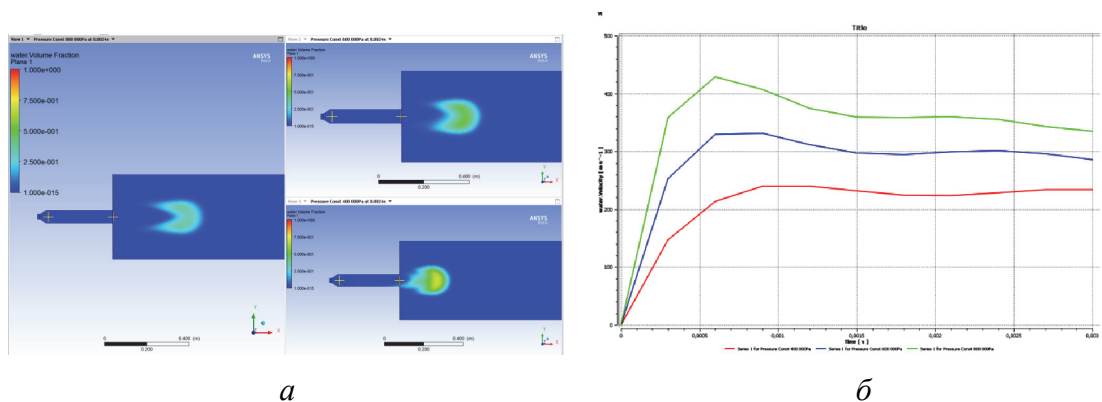


Рисунок 3.

- a* – гидродинамические характеристики ствола ($\rho; v; v_{ж}/v_{г}$) в момент времени $t = 0.0024$ с при скорости подачи распыливающего сжатого газа более 100 м/с;
- б* – графики изменения давления движения огнетушащей жидкости на выходе (оси) из ствола УИП (скорость подачи распыливающего газа > 100 м/с)

Ввиду того, что скорость истечения жидкости из стволов УИП изменяется во времени, при использовании УИП возможен распад истекающей струи в нескольких режимах.

Следует отметить, что компьютерное моделирование показало, что осесимметричное волновое распыление появляется при скоростях распыливающего сжатого газа порядка до 100 м/с; турбулентно-пульсационное – 100–200 м/с, а инерционное – свыше 200 м/с (в виде облака водяной пыли).

На базе компьютерного моделирования процесса истечения огнетушащей жидкости из ствола УИП с использованием уравнения Рейля-Плессета установлены границы режимов распада струи. Причем при скоростях движения распыливающего сжатого газа от 30 до 100 м/с наблюдается режим волнообразного распада распыливаемой жидкости (Рис. 2.), который сопровождается появлением капель со средним диаметром 250–750 мкм; при скоростях сжатого газа 100–200 м/с – турбулентно-пульсационное распыление со средним диаметром капель от 100 до 500 мкм; при скоростях сжатого газа свыше 200 м/с наблюдается тонкодисперсный (10–100 мкм) распад двухфазного потока жидкости на капли под действием кавитации и внешних инерционных сил, действие которых обусловлено трением между струями газа и жидкости, непосредственно в плоскости выходного отверстия, сопровождающиеся тонкодисперсным облаком водяной «пыли».

При практическом использовании СП-И УИП для тушения пожаров основные механизмы прекращения горения воды и составов на ее основе наиболее полно реализуются при прохождении капель распыленной струи через пламя, нагретые продукты сгорания и при непосредственном контакте с поверхностью горящего вещества. Поэтому найденные путем компьютерного моделирования гидродинамические характеристики распада и распыления огнетушащей жидкости позволяют найти оптимальные количественные рабочие параметры стволов УИП для тушения пожаров различной категории сложности.

ЛИТЕРАТУРА

1. ANSYS FLUENT12.0 Theory Guide, April 2009. ANSYS Inc.
2. Альтшуль, А.Д. Гидравлика и аэродинамика: учеб. для вузов / А.Д. Альтшуль, Л.С. Животовский, Л.П. Иванов. – М.: Стройиздат, 1987. – 413 с.

С.А. Дубенок, заместитель директора по научной работе, к.т.н.
П.Н. Захарко, начальник отдела нормирования
воздействия на окружающую среду
РУП «ЦНИИКИВР», г. Минск, Республика Беларусь

ВОДОПОЛЬЗОВАНИЕ НА ОБЪЕКТАХ ВОДОПРОВОДНО-КАНАЛИЗАЦИОННОГО ХОЗЯЙСТВА

Основными показателями водопользования для предприятий являются данные об объемах добытой (изъятой) воды из окружающей среды, ее использовании в технологических процессах и объемах образующихся сточных вод. Характерной особенностью предприятий водопроводно-канализационного хозяйства (ВКХ), основным видом деятельности которых, является добыча воды, ее очистка (водоподготовка) и подача потребителям, является то, что вода одновременно выступает и в качестве сырья (сырая вода) и в качестве готовой продукции (вода питьевого качества, подаваемая в сеть). Стоимость питьевой воды, как ресурса, при ее нерациональном использовании на стадиях добычи, водоподготовки, транспортировки, существенно увеличивает стоимость воды, как конечного продукта для потребителя.

Издержки предприятий ВКХ от нереализованного объема воды, возникающего в виде трех составляющих: затрат воды на технологические нужды при ее подготовке перед подачей потребителю, потери и неучтенные расходы воды, уплаты экологического налога за сброс сточных вод в окружающую среду или оплаты услуг за сброс сточных вод в сети канализации – учитываются при формировании себестоимости воды, отпускаемой потребителям.

Однако, значение данных составляющих влияет не только на формирование себестоимости воды, но и на расчет нормативного объема забора воды из водных источников, выдачу разрешений на специальное водопользование, разработку мероприятий по рациональному водопользованию.

Достоверный учет этих затрат, и, соответственно, объективное формирование себестоимости воды, возможно только при условии установления четкой структуры и состава технологических расходов воды, потерь и неучтенных расходов воды и научно-обоснованной методологии их расчета, определению категорий вод, образующихся при эксплуатации систем питьевого водоснабжения.

Как показывает практика, на ряде предприятий ВКХ Республики Беларусь в процессе эксплуатации систем питьевого водоснабжения

имеется ряд структурных составляющих технологических расходов воды, порядок учета которых не регламентирован Инструкцией № 39 [1]: расходы воды, образующиеся при эксплуатации сооружений повторного использования воды (СПИВ); расход воды, сбрасываемый перед промывкой емкостных сооружений; расход воды на промывку сборных водоводов (водоводы I подъема); расход воды на промывку бактерицидных установок.

Проведенный анализ утвержденных на предприятиях ВКХ нормативов потерь и неучтенных расходов воды указывает, что нормативы потерь и неучтенных расходов воды могут составлять от 10 % до 30 % от объема воды, поданной в сеть водоснабжения. Высокий процент потерь и неучтенных расходов воды из систем коммунального водоснабжения приводит к увеличению объема добычи воды из подземных источников, а также к дополнительным расходам на ее подготовку и подачу потребителю.

Проведенные РУП «ЦНИИКИВР» расчеты норматива потерь и неучтенных расходов воды для различных предприятий ВКХ указывают, что основной вклад в структуру норматива потерь и неучтенных расходов питьевой воды из системы коммунального питьевого водоснабжения вносят именно неучтенные расходы воды (недоучет воды счетчиками потребителей из-за ограниченной чувствительности, противопожарные расходы, коммерческие потери воды). Нормативный объем неучтенных расходов воды, рассчитанный в соответствии с Инструкцией № 43 [2], может составлять до 70 % от суммарного норматива потерь и неучтенных расходов воды из системы питьевого водоснабжения, что, прежде всего, связано с недоучетом воды счетчиками потребителей из-за их ограниченной чувствительности.

В структуре норматива потерь воды из систем подачи и распределения воды (ПРВ) наибольший нормативный объем потерь возникает при расчете скрытых утечек из системы ПРВ. Коэффициенты (К) повышения величины допустимых скрытых утечек воды зависят от срока эксплуатации трубопроводов и при переходе трубопровода, например, с возраста свыше 40 лет в возраст свыше 50 лет, К возрастает в 2,5 раза, что соответственно, приводит к резкому увеличению на ВКХ нормативных потерь.

Таким образом, действующие в Республике Беларусь Инструкция № 43 и Инструкция № 39 не отвечают требованиям действующего законодательства в области рационального использования и охраны водных ресурсов, а также в области проектирования систем водоснабжения и водоотведения и требуют в настоящее время доработки.

В Российской Федерации для расчета норматива технологических расходов воды в системе коммунального водоснабжения используется

приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 17 октября 2014 г. N 640/пр «Об утверждении методических указаний по расчету потерь горячей, питьевой, технической воды в централизованных системах водоснабжения при ее производстве и транспортировке» [3].

Методические указания помимо расчета технологических расходов воды содержат расчет потерь воды на станциях водоподготовки, расчет потерь воды при ее транспортировке, что позволяет комплексно оценить все составляющие затратных статей расхода воды на предприятиях ВКХ на стадиях добычи, водоподготовки и транспортировки воды потребителю. Данный подход к расчету потерь и неучтенных расходов воды, технологических расходов воды можно также применить и в Республике Беларусь.

Также, в процессе эксплуатации систем питьевого водоснабжения на предприятиях ВКХ часть использованной воды отводится в системы канализации или в окружающую среду, что также влияет на формирование себестоимости воды, отпускаемой потребителям за счёт уплаты экологического налога за сброс сточных вод в окружающую среду или оплаты услуг за сброс сточных вод в сети канализации.

В результате функционирования систем питьевого водоснабжения могут образовываться следующие категории вод:

- воды от прокачки скважин;
- промывные воды скважин и сборных водоводов I подъема;
- остатки воды при опорожнении емкостных сооружений перед чисткой;
- воды, образующиеся при отборе проб из пробоотборных кранов;
- промывные воды сооружений водоподготовки (промывка фильтров);
- промывные воды сооружений обеззараживания (установки УФО);
- промывные воды от чистки и дезинфекции отстойников и осветлителей на сооружениях водоподготовки;
- воды от промывки и дезинфекции водопроводной сети;
- производственные сточные воды от лабораторий;
- производственные сточные воды от объектов вспомогательного назначения (котельные, компрессорные и т.п.) и хозяйственно-бытовые сточные воды.

Часть этих вод являются сточной водой, часть – к сточным водам не относится.

Условия их отведения в окружающую среду природоохранным законодательством, санитарными нормами и правилами на сегодняшний день не регламентируются.

Для совершенствования действующей системы нормирования водопользования на предприятиях ВКХ в Республике Беларусь необходим пересмотр методических подходов к расчёту и оценке потерь и неучтенных расходов, технологических расходов воды в системе коммунального водоснабжения с учётом современных требований национального законодательства в области рационального использования и охраны водных ресурсов, приведение в соответствие законодательства по проектированию и строительству систем водоснабжения, включая сооружения водоподготовки, с природоохранным законодательством в части сброса сточных вод в окружающую среду, а также приведение в соответствие санитарных норм и правил с природоохранным законодательством в части сброса сточных вод в окружающую среду и в системы канализации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Постановление Министерства жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь от 29 декабря 2004 г. № 39 «Об утверждении инструкции по оценке и расчету норматива технологических расходов воды в системе коммунального водоснабжения населенных пунктов Республики Беларусь».

2. Постановление Министерства жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь от 31 августа 2005 г. № 43 «Об утверждении Инструкции по расчету потерь и неучтенных расходов воды из систем коммунального водоснабжения населенных пунктов Республики Беларусь».

3. Приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 17 октября 2014 г. № 640/пр «Методические указания по расчету потерь горячей, питьевой, технической воды в централизованных системах водоснабжения при ее производстве и транспортировке».

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПОТРЕБЛЯЕМОЙ ЭНЕРГИИ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫМ НАСОСОМ ЗА РАСЧЕТНЫЙ ПЕРИОД

Необходимость внедрения и использования энергосберегающих технологий в производственных процессах диктуется дефицитом и высокими ценами на энергетические и топливные ресурсы. Одним из основных направлений рационального использования энергии в водопроводно-канализационном хозяйстве (ВКХ) является применение насосов, оборудованных регулируемым электроприводом (РЭП) для транспортировки питьевых и сточных вод.

В современных условиях дефицита и постоянного возрастающей стоимости энергетических ресурсов, использование РЭП насосов стало одним из наиболее эффективных способов экономии электроэнергии в системах ВКХ и, как следствие, снижения себестоимости транспортируемой воды. Внедрению РЭП способствуют и современные достижения в микроэлектронике, значительно повысившие эффективность и расширившие возможности преобразователей частоты тока (ПЧТ).

Широкое распространение РЭП на насосных станциях систем ВКХ получил на протяжении последних 15–20 лет. Накопленный за это время опыт эксплуатации показал, что, к сожалению, не всегда внедрение РЭП дает ожидаемые экономические результаты.

В первую очередь это связано с отсутствием соответствующей теоретической и методической базы. Стандартные методики разработаны для расчета и анализа режимов работы насосного оборудования при постоянной частоте вращения рабочего колеса центробежного насоса, поскольку ничего иного на момент разработки и не предполагалось. В результате, расчет режимов работы насоса с переменной частотой сводится либо к достаточно трудоемкой задаче рассмотрения работы насоса при каждой возможной частоте вращения рабочего колеса, либо к введению поправочных коэффициентов, учитывающих возможность изменения частоты вращения.

Во вторую очередь – при помощи стандартных методов, чаще всего графических, затруднительно учитывать неравномерность водопотребления и режимы работы системы подачи и распределения воды в целом. Как правило, детально рассматривается либо насосная

станция (система подачи воды), либо водоразборная сеть (система распределения воды). При этом режимы работы всей системы подачи и распределения воды (СПРВ) в целом не рассматриваются.

В третью очередь – достаточно сложно используя стандартные методы расчета определить затраты энергии на транспортирование воды насосом с РЭП во всем диапазоне подач и, как следствие, эффективность и экономическую целесообразность внедрения такого оборудования.

В результате всего вышеперечисленного, фактические режимы работы системы могут значительно отличаться от расчетных режимов. По этой причине, вопреки ожиданиям, эффект от внедрения РЭП на насосной станции может не только приблизиться к нулю, но и принять отрицательные значения.

Вопросам расчета и анализа режимов работы СПРВ посвящены работы многих исследователей, таких как: К. Пфлейдерер (K. Pfeleiderer), Е.А. Прегер, Л.Ф. Мошнин, В.Г. Ильин, Н.Н. Абрамов, В.П. Старинский, Б.С. Лезнов, Р. Карлсон (R. Carlson). В работах этих исследователей приводятся различные подходы, методы анализа, формы математического описания режимов работы СПРВ. Однако, в большинстве из них вопросы применения насосов с РЭП не рассматриваются. Кроме того, использование данных методов для ТЭО внедрения РЭП затруднено по нескольким причинам:

- узконаправленность методик – детальному рассмотрению подлежат отдельные компоненты СПРВ, наличие остальных компонентов учитывается по осредненным показателям или поправочным коэффициентам;

- низкая точность методик – погрешность расчетов по ряду методик составляет 15–20%, что не может удовлетворять требованиям современного инженерного расчета;

- трудоемкость расчетов – анализ режимов работы насоса с РЭП по ряду методик сопряжен с большим количеством трудоемких графических построений и вычислений.

Ввиду этого, появилась необходимость, используя созданную теоретическую базу и возможности современной вычислительной техники для автоматизации расчетов, разработать новые методы расчета энергопотребления, учитывающие неравномерность водопотребления и режимы работы всей СПРВ в целом, за любой расчетный период.

Методика расчета

В ходе анализа существующей теоретической базы расчета и анализа СПРВ и новых возможностей систем с РЭП, автором была разработана методика прямого расчета потребляемой электроэнергии

частотно-регулируемым насосом за расчетный период. Особенностью данной методики является не только то, что она позволяет рассчитывать энергопотребление насоса с РЭП во всем диапазоне регулирования, но и то, что насосный агрегат рассматривается не как обособленная единица, а как часть СПРВ. Режимы работы рассматриваемого насоса (системы подачи воды) напрямую зависят от режимов работы водоразборной сети (системы распределения воды).

Суть методики заключается в следующих положениях:

1. Рассмотрению подлежат насосы или насосные станции безбащенных систем водоснабжения, так как только в этом случае потенциал РЭП может быть реализован полностью. При этом допускается, что подача насосом воды в сеть Q_n равняется величине водопотребления Q в данный момент времени.

2. Требуемый напор насоса $H_{тр}$, необходимый для преодоления всех сопротивлений сети при любом значении водопотребления, выражается эквивалентной характеристикой системы, определяющей усредненную зависимость требуемых напоров в сети от водопотребления [1] (1):

$$H_{тр} = H_r + SQ^2, \quad (1)$$

где H_r – геометрический или статический напор, S – коэффициент гидравлического сопротивления распределительной сети, Q – расчетная подача.

3. Потребляемая мощность насоса N с РЭП работающего в составе СПРВ напрямую зависит от значения водопотребления (2),

$$N = QH_{тр}/\eta, \quad (2)$$

Более подробно данное положение рассмотрено в других работах авторов [2, 3]

4. Для любой системы СПРВ, используя методы математической статистики и анализа можно определить характер распределения водопотребления во времени и определить функцию обеспеченности водопотребления (3) (рисунок 1, кривая *a*):

$$t = f(Q). \quad (3)$$

При этом, учитывая положения 2 и 3, логично предположить, что потребляемая мощность насосом будет иметь ту же обеспеченность, что и водопотребление (рисунок 1, кривая *b*). Вследствие этого, не сложно определить функцию обеспеченности потребляемой мощности (4) (рисунок 1, кривая *c*):

$$t = f(N). \quad (4)$$

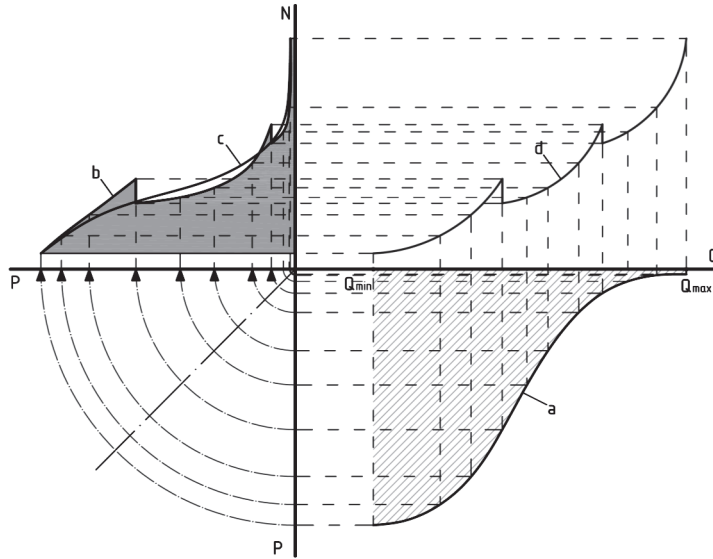


Рисунок 1 – Определение обеспеченности энергопотребления:
 а – обеспеченность водопотребления;
 б – фактическая обеспеченность энергопотребления по участкам;
 с – аппроксимирующая кривая обеспеченности энергопотребления;
 д – зависимость потребляемой мощности от водопотребления

5. Интегрируя функцию (4) в пределах от N_{\min} до N_{\max} , получаем суммарные затраты энергии на транспортирование воды в водоразборную сеть за расчетный период (5):

$$W_T = \int_{N_{\max}}^{N_{\min}} t(N) dN, \quad (5)$$

Приведенные положения и составляют основу методики прямого расчета потребляемой энергии насосом с РЭП. Но в данном случае не до конца остается раскрытым вопрос определения функции обеспеченности водопотребления.

Решить данный вопрос можно двумя путями. Первый основывается на статистической обработке результатов наблюдения за водопотреблением в рассматриваемой СПРВ. В данном случае, чем больше объем исходной информации, тем достовернее результаты. Но к сожалению, не всегда имеется в наличии достаточный объем статистических данных, тем более если речь идет о вновь проектируемой системе. В этом случае можно прибегнуть к методике разработанной В.П. Старинским [4].

Данная методика основывается на законе трехпараметрического гамма-распределения. Для построения графика обеспеченности расходов водопотребления соответствующего данному закону определя-

ются значения коэффициента вариации расходов водопотребления C_v и коэффициента асимметрии C_s распределения по формуле (6). При этом коэффициент вариации C_v предложено считать равным коэффициенту асимметрии C_s [4]:

$$C_v = C_s = 0,45 + 0,15 \cdot \left(\frac{K_{\max}}{K_{\min}} \right) + 0,55 \cdot \left(\frac{\alpha_{\max}}{\alpha_{\min}} - 1 \right) - 0,075 \sqrt{|\ln N|} \cdot \ln N \quad (6)$$

где K_{\min} и K_{\max} – коэффициенты суточной неравномерности [5]; α_{\min} и α_{\max} – коэффициенты, учитывающие степень благоустройства жилой застройки населенного пункта, режим работы его предприятий и другие местные условия [5]; N – число жителей населенного пункта, тыс. чел. Далее, используя значения коэффициентов C_v и C_s , строится зависимость обеспеченности p водопотребления Q выраженной в процентах или t – выраженной в единицах времени (рис. 1), в соответствии с предложенной автором таблицей [4, приложение 1].

Полученные кривые (рис. 2) с достаточной степенью точности можно аппроксимировать полиномом вида (7) и (8) (достоверность аппроксимации $R^2=0,9999$):

$$p = (a + bM + cM^2 + dM^3 + eM^4 + fM^5 + gM^6), \quad (7)$$

$$t = T(a + bM + cM^2 + dM^3 + eM^4 + fM^5 + gM^6)/100 \quad (8)$$

где M – модульный коэффициент:

$$M_i = Q_i / Q_{\text{ср}}, \quad (9)$$

T – расчетный период водопотребления, $Q_{\text{ср}}$ – среднее водопотребление за расчетный период; a, b, c, d, e, f и g – эмпирические коэффициенты обеспеченности, значения которых для значений C_v от 0,1 до 0,8 (шаг – 0,1) приведены в приложении А. Для промежуточных значений C_v коэффициенты a, b, c, d, e, f и g , как показывает практика, можно получить путем линейной интерполяции. Выражения (7) и (8) довольно громоздки и неудобны для ручного расчета, но при использовании современной вычислительной техники это не имеет большого значения.

Проинтегрировав выражение (9) при определенном значении C_v в пределах от Q_{\min} до Q_{\max} получаем величину потребленного за расчетный период объема воды Q_T :

$$Q_T = \int_{Q_{\max}}^{Q_{\min}} t(Q) dQ \quad (10)$$

Таким образом, использование кривых обеспеченности более полно характеризует интенсивность и распределение водопотребления во времени. Возможность определения объема потребленной воды за

расчетный период позволяет определить количество израсходованной энергии за этот же период.

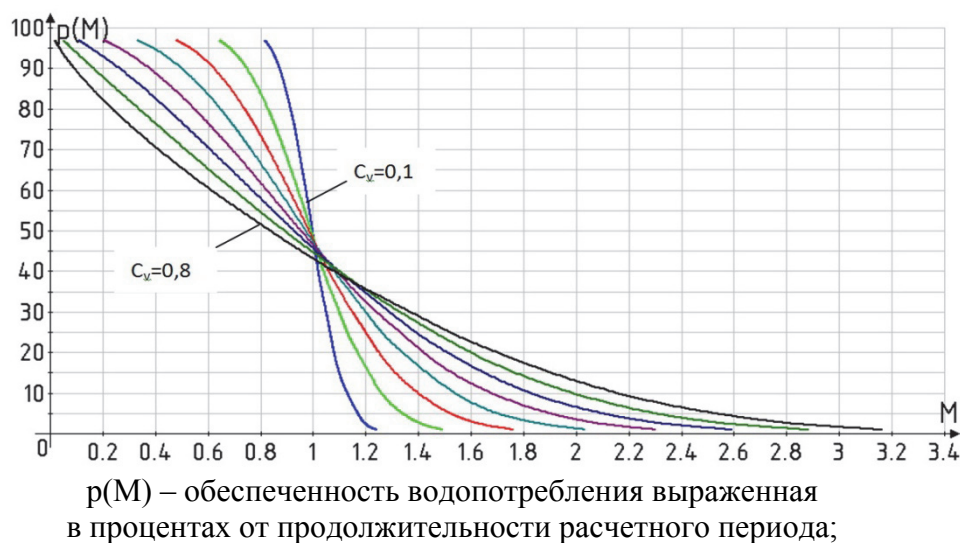


Рисунок 2. Кривые обеспеченности водопотребления для значений C_v от 0,1 до 0,8

Разработанная методика позволяет прямым расчетом определить количество энергии расходуемой насосным агрегатом с РЭП на подачу воды в систему распределения. При этом учитываются режимы работы не только самого насоса, но и режимы водопотребления и распределение водопотребления во времени, что позволяет учесть особенности рассматриваемой СПРВ. Разработанная методика может быть применена:

- при анализе эффективности работы существующих систем подачи воды с целью совершенствовании технологического режима работы насосного оборудования;
- при разработке рекомендаций для реконструкции или переоборудованию объектов насосного хозяйства СПРВ с применением РЭП;
- при строительстве новых и реконструкции существующих СПРВ на стадиях обоснования инвестиций и подбора оборудования для определения оптимального варианта проектирования.

При использовании данной методики в инженерных расчетах, становится возможным достаточно точно определить эффективность внедрения РЭП в СПРВ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лезнов Б.С. Энергосбережение и регулируемый привод в насосных и воздуходувных установках. М.: Энергоатомиздат, 2006. – 360 с.

2. Еловик В.Л., Седлухо Ю.П. Анализ режимов работы однотипных насосов, оборудованных регулируемым приводом // Вода и экология: Проблемы и решения. – 2006. – №2(27). – С. 68–75.

3. Еловик В.Л., Седлухо Ю.П. Анализ работы разнотипных насосных агрегатов с применением регулируемого привода // Culegere de articole III Internacionala conferinta tehnico-stiintifica “Probleme Actuale ale urbanismulu si amenajarii teritoriului”. Vol 2 / com. org.: N. Grozavu, ... – Chisinau, 2006. – p. 149 – 153.

4. В.П. Старинский. Технологические гидравлические и технико-экономические расчеты в водоснабжении: уч. пособ для вузов по спец. водоснабжение и канализация. Мн.: Выш. шк., 1985 – 200 с.

5. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения: СНиП 2.04.02-84. – М.: ГПИ «Союзводоканалпроект» Госстроя СССР, 1985. – 120 с.

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА ПОДЗЕМНЫХ ВОД ОТ ЖЕЛЕЗА И МАРГАНЦА

Несмотря на то, что со времени открытия С.Н. Виноградским явления хемосинтеза (в основу которого положены результаты исследований бактерий, окисляющих в водной среде железо, марганец, сероводород и другие минеральные соединения) прошло более века, биологические методы удаления этих веществ из подземных вод применяются в весьма ограниченных масштабах [1]. Предпочтение отдается физико-химическим методам.

Являясь естественными природными процессами (так или иначе, в той или иной мере проявляющиеся практически на всех ступенях водоподготовки при использовании аэрационных методов удаления железа, марганца, сероводорода и др.), биологические процессы не продуцируют каких-либо токсичных веществ или опасных для человека микроорганизмов. Они являются одними из немногих, позволяющих избирательно извлекать из воды загрязняющие вещества без применения химических реагентов. При правильной их организации и конструктивном оформлении, как правило, достигается высокая эффективность удаления извлекаемых веществ и микробиологически безупречное качество очищенной воды. Наиболее авторитетным профессиональным справочником «Дегремон» биологические методы очистки подземных вод отнесены к наиболее эффективным и экономичным методам. Но при этом отмечается, что они недостаточно исследованы, и для определения оптимальных технологических параметров их реализации, как правило, требуется проведение предварительных пилотных испытаний [2].

Для разработки биохимических технологий водоподготовки не так важны проблемы систематики, морфологии и чисто микробиологические тонкости отдельных микроорганизмов. Крайне важным является механизм процессов биоокисления удаляемых веществ, физиология и экология сообщества, как правило, самопроизвольно развивающихся микроорганизмов для создания оптимальных условий их существования. С этой точки зрения наиболее важным является установление механизма окисления и образования окислов металлов на поверхности микробных клеток. В его основе лежат процессы биологической и физико-химической природы [3-5].

В основе биологических процессов окисления сорбированного железа и марганца лежит перекисный механизм. Он представляет собой реакции между продуктом метаболизма H_2O_2 и переменновалентными металлами. Физиологический смысл этого процесса заключается в детоксикации вредного воздействия перекиси водорода, выделяющейся в метаболических процессах жизнедеятельности бактерий. Это определяет развитие железо и марганцеокисляющих бактерий в особых экологических условиях, где присутствуют восстановленные соединения эти металлов. В среде их окисленных форм железо бактерии не развиваются

Физикохимические процессы, в основе которых лежит процесс сорбции, включают механизм связывания соединений металлов внеклеточными экзополимерами с образованием слизистых чехлов, капсул, нитей и т.п. Экзополимеры играют важную роль в образовании бактериальных пленок на поверхности различных загрузок биореакторов и фильтров, а также осадков, отличающихся более плотной структурой, высокой скоростью осаждения и уплотнения.

Суммируя имеющиеся сведения о железобактериях, можно выделить наиболее важные факты, учет которых необходим для успешной реализации биохимических технологий очистки подземных вод от соединений железа и марганца:

1. К железобактериям относятся все виды микроорганизмов, способные окислять закисные формы желе за и марганца, осаждают их окислы на поверхности клеток и (или) образовывать осадки независимо от их видовой принадлежности и морфологических особенностей.

2. Подавляющее количество железобактерий способно окислять не только закисное железо, но и марганец (за исключением *Gallionella* и некоторых других видов).

3. У типичных представителей родов *Leptothrix*, *Metallogenium*, *Siderocapsa* и др., развивающихся в пресных водах с нейтральной или слабощелочной средой, окисление железа и марганца происходит в результате взаимодействия выделяющейся перекиси водорода с ионами металлов (перекисный механизм).

4. Железобактерии могут развиваться при низких концентрациях закисного железа или марганца. Коэффициент накопления удаляемых металлов достигает 10^6-10^7 , что на 24 порядка выше значений для известных активных химических сорбентов.

5. Развитие подавляющего большинства железобактерий не зависит от абсолютной концентрации растворенного кислорода и может интенсивно происходить как при высоком, так и минимальном его содержании.

6. Активная реакция воды не оказывает существенного влияния на развитие железобактерий в широком диапазоне рН (от слабокислой до слабощелочной).

7. Большинство железобактерий относится к типичным психрофилам, т.е. предпочитают низкую температуру 4–8°C.

8. Железобактерии способны окислять и концентрировать железо и марганец при условиях, когда их химическое окисление исключается. Скорость биологических процессов окисления железа и, особенно, марганца, во много раз превышает химическое окисление.

В Беларуси биологические методы начали исследоваться и применяться более четверти века тому назад. Все эти станции, независимо от того, что в них удаляется (железо, марганец, сероводород, аммиак или их сочетания), объединяет одно использование биологического метода удаления этих веществ.

В большинстве подземных вод марганец встречается как элемент, сопутствующий наличию железа. Его концентрация обычно ниже концентрации железа, но может превышать допустимые нормы в 5, 10 и более раз. В отличие от железа двухвалентный марганец устойчив к химическому окислению кислородом при $\text{pH} < 8,5$. Но подавляющее число железобактерий способно окислять и марганец [1, 3–6].

В связи с особенностями механизмов биологического окисления железа и марганца при их совместном присутствии их удаление происходит последовательно. Окисление марганца не может начаться, пока не закончится окисление железа. Поэтому в большинстве случаев рекомендуется двухступенчатые схемы удаления этих соединений [2].

Нашими исследованиями и опытом эксплуатации эти положения полностью подтвердились. Но при определенных условиях и соотношении концентраций железо/марганец возможно обеспечить удаление этих соединений в одном сооружении

В связи с тем, что окисление железа и марганца осуществляется одними и теми же видами микроорганизмов, то для их удаления используются технологические и конструктивные схемы, аналогичные удалению железа. При этом необходимо учитывать то обстоятельство, что если период выхода на рабочий режим станции обезжелезивания составляет от одного до 10 дней, то для достаточного развития марганцеокисляющих бактерий может потребоваться от одного до шести месяцев. Весьма важным условием эффективного удаления как железа так и особенно марганца, является предварительная аэрационно-дегазационная подготовка воды, существенно повышающая рН и окислительно-восстановительный потенциал [4].

Одноступенчатая технологическая схема. Такая схема может применяться при относительно небольших концентрациях железа и марганца, нейтральной либо слабощелочной реакцией рН, низких значениях CO_2 , отсутствием сероводорода и других мешающих веществ.

В основу этой технологии положен процесс последовательного развития железо и марганцеоксилирующих бактерий на поверхности зерен фильтрующей загрузки по направлению про хождения очищаемой воды.

Эта технологическая схема может реализоваться в фильтрах с тяжелой (песчаной) загрузкой как в напорном, так и безнапорном вариантах, при выполнении указанных выше условий. На рис. 1 приведены фотографии зерен фильтрующей загрузки из напорного фильтра, эффективно удаляющего железо и марганец при использовании одноступенчатой схемы.

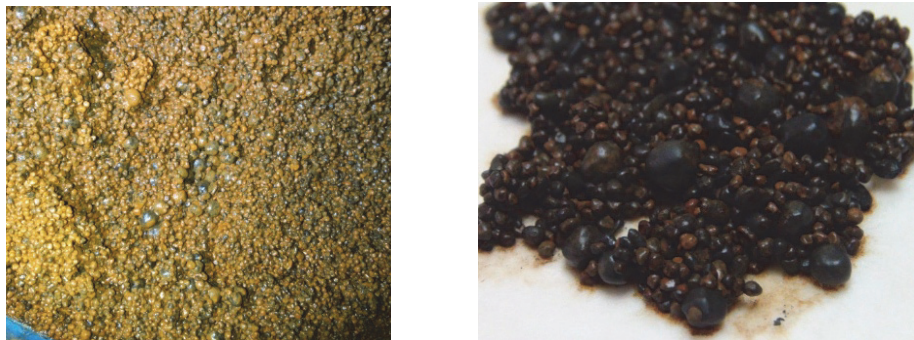


Рис.1. Зерна фильтрующей загрузки, покрытые продуктами биоокисления железа и марганца

Двухступенчатая технологическая схема. При сложном составе подземных вод с низким значением рН, повышенном содержании CO_2 , и других растворенных газов, и соединений, совместное удаление железа и марганца в одну ступень невозможно. Одной из важнейших операций при этом является предварительная аэрационно-дегазационная подготовка воды, которую практически невозможно реализовать в напорных схемах. Поэтому нами рекомендуется безнапорная двухступенчатая технологическая схема очистки таких подземных вод.

Двухступенчатая схема включает биореактор и фильтры с плавающей загрузкой. (рис. 2) Биореактор технологически разделен на три зоны: верхняя, со специальной орошаемой загрузкой и искусственной вентиляцией; средняя, представляющая затопленный биофильтр; нижняя зона отстаивания. В верхней зоне биореактора обеспечиваются усиленная аэрация и дегазация, позволяющие существенно повысить рН и Eh. В средней зоне происходит практически полное окисление железа, а в отстойной зоне задерживается не менее 60-70% продуктов его окис-

ления. Таким образом, снижается нагрузка по железу на вторую ступень и создаются условия для развития марганцеоксиляющих бактерий



a



б

Рисунок 2. Общий вид безнапорной станции обезжелезивания (*a*) и системы аэрации биореактора

На гранулах загрузки фильтров 2-й ступени образуется биопленка, обеспечивающая изъятие и окисление двухвалентного марганца.

Предложенные выше технологии в своем большинстве прошли длительную апробацию в производственных условиях и постоянно совершенствуются как технологически, так и конструктивно. Длительный опыт их эксплуатации позволил разработать приемы и методы диагностики отдельных технологических процессов и показателей, ряд из них автоматизировать. Накопленный в Беларуси опыт исследований, разработки и реализации биохимических технологий очистки подземных вод позволяют успешно решать задачи очистки сложных многокомпонентных вод с минимальными капитальными и эксплуатационными затратами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Виноградский С.Н. Микробиология почвы: проблемы и методы. Пятьдесят лет исследований. М.: Издво АН СССР, 1952. 792 с.
2. Degremont. Технический справочник по обработке воды. В 2 т. СПб.: Новый жур нал. 2007г.
3. Холодный Н.Г. Железобактерии. М.: Изд. АН СССР, 224 с.
4. Седлухо Ю.П. и др. Очистки сложных многокомпонентных вод биохимическими методами // Вода Magazine 2014, №6(82).
5. Седлуха С.П., Софинская О.С. Биологический метод очистки подземных вод от железа // Вода и экология: проблемы и решения. 2001. №1 С. 1321.
6. Седлуха С.П. Способ обезжелезивания подземных вод // Патент ВУ 1416 от 1996.

В. В. Ивашечкин, доктор технических наук, профессор,
декан факультета энергетического строительства БНТУ;
А. Н. Кондратович, старший преподаватель
кафедры «Кораблестроение и гидравлика» БНТУ.
УО «Белорусский национальный технический университет».
Республика Беларусь, 220027, г. Минск, просп. Независимости, 65.
А.В. Мезин, главный механик, начальник отдела
главного механика УП «Минскводоканал»
УП «Минскводоканал», Республика Беларусь,
г. Минск, 220088, ул.Пулихова, 15а.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ ГАЗОИМПУЛЬСНОГО И ВИБРОРЕАГЕНТНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРИЗАБОЙНУЮ ЗОНУ СКВАЖИН В УП «МИНСКВОДОКАНАЛ»

Общее количество эксплуатационных скважин производства «Минскводопровод» УП «Минскводоканал» составляет порядка 350 штук. 245 скважин находятся в постоянной эксплуатации (работают более 30% времени в год).

Дебит этих скважин составляет 60–120 м³/час со средним сроком эксплуатации 10–25 лет. Более 95% скважин оборудовано проволочными фильтрами на трубчатом каркасе диаметром 325 мм, установленными на сплошной колонне. Эта конструкция не позволяет проводить капитальный ремонт вышедших из строя фильтров путем их извлечения, поэтому считается ремонтнопригодной только в плане проведения текущих ремонтов по регенерации фильтра и прифилтровой зоны от кольматирующих отложений.

С целью восстановления производительности водозаборных скважин периодически, уже через 5-6 лет активной эксплуатации, необходимо проводить работы по очистке фильтра скважин и призабойной зоны от кольматирующих отложений. Целью проведения ремонтных работ является улучшение показателя удельного дебита. Это позволяет снизить удельную норму энергопотребления за счет улучшения пропускной способности фильтровой части скважины и прифилтровой зоны.

В соответствии с требованиями Инструкции о порядке проведения планово-предупредительного ремонта на централизованных системах водоснабжения и водоотведения, Технологического процесса по ремонту скважин (разработано производством «Минскводопровод») и Технологической картой по демонтажу/монтажу насосных агрегатов и эрлифтной системы (разработана ремонтно-механическим цехом УП «Минскводоканал») ремонтно-механическим цехом периодически

проводятся ремонтные работы на артезианских скважинах, включающие чистку обсадных труб и фильтра ершом и ГДМ, прострелку фильтровой части электрогидроустановкой, прокачку компрессором с обратной промывкой. Скважины ставятся на ремонт если:

- 1) в процессе работы происходит быстрое снижение производительности;
- 2) наблюдается пескование скважины;
- 3) ухудшился бактериологический анализ воды и прокачка насосом не дает результата;
- 4) фильтр скважины не подвергался очистке более трех лет.

При электрогидравлической обработке декольматация фильтра и прилегающих к нему слоев гравийной обсыпки достигается в основном за счет ударной волны, акустических волн и гидротоков, возникающих при пульсациях парогазового пузыря [1]. Однако, учитывая малые размеры пузыря, имеющего диаметр не более 10 сантиметров, следует отметить, что фильтрационные потоки при этом методе незначительные, что снижает эффект регенерации особенно в скважинах большого диаметра.

Авторами разработана и внедрена на практике технология восстановления производительности скважин с использованием взрыва водородно-кислородной смеси.

При газодинамическом методе регенерации фильтр и призабойная зона подвергаются воздействию ударных волн, волн сжатия и разрежения, мощного гидротока в полости фильтра и знакопеременных фильтрационных потоков в пористой среде. Дополнительно имеет место имплозионное воздействие, которое проявляется на последней стадии движения продуктов взрыва водорода – водяных паров [2].

Регенерация фильтров скважин импульсными методами достаточно недорогое мероприятие, однако в большинстве своем обеспечивает разрушение цементирующих связей кольматирующего материала и частичное его удаление только из прилегающего к фильтру участка прифильтровой зоны. Поэтому продолжительность эффекта импульсной регенерации небольшая и составляет 6-8 месяцев.

В этой связи для длительно эксплуатирующихся скважин, становятся актуальными комбинированные обработки, представляющие собой сочетание импульсных, механических и реагентных методов восстановления их дебита.

Период стабильной работы скважин после таких обработок может достигать 3–4 лет. Стоимость обработок несколько возрастает за счет дополнительного использования реагентов, однако она на порядок меньше стоимости новой скважины. Это позволяет считать эти методы

ресурсосберегающими. Применение же правильно подобранных на стадии лабораторных исследований реагентов, не наносящих ущерба окружающей среде, позволяет считать эти методы экологически безопасными.

Авторами разработана и внедрена с 2003 года на водозаборах г. Минска технология комплексного импульсно-виброреагентного воздействия в виде последовательной обработки фильтра подводными взрывами водорода, механической очистки щетками, реагентной обработки с последующей виброимпульсной обработкой прифильтровой зоны, совмещенной с эрлифтной откачкой[3]. С 2003 по 2014 год в УП «Минскводоканал» с применением технологий газоимпульсного и виброволнового воздействия, комплексного импульсно-виброреагентного воздействия на фильтр и призабойную зону ежегодно обрабатывалось от 6 до 10 скважин. Экономический эффект достигался не только от дополнительного количества добытой воды, но и от снижения удельных затрат электроэнергии на один кубический метр добытой воды из-за повышения отметки динамического уровня.

В таблице приведены результаты обработки скважин с применением указанных технологий на различных водозаборах Минска.

Таблица

	Глубина скв., м	Стат., м	Диаметр, м	Пониж., м	Q, м ³ /ч	q, м ³ /ч/м	Увелич. уд. деб., раз	Экономич. эффект руб./год
В/з №1 «Новинки», скважина №37. Импульсно-виброволновая обработка								
До ремонта	33	3	23,5	20,5	78	3,8		
После рем.	33,3	3	12,75	9,75	78	8	2,11	10625
В/з №5 «Боровляны», скважина №21Г. Импульсно-виброволновая обработка								
До ремонта	65	20,5	42,5	22	65	3		
После рем.	65	20,5	23,45	2,95	65	22	7,3	15476
В/з №6 «Острова», скважина №5Б. Импульсно-виброволновая обработка								
До ремонта	74	11,8	16,5	4,7	110	23,36		
После рем.	74,2	11,8	14,27	2,47	110	44,44	1,9	2835
В/з №7 «Волма», скважина №38. Импульсно-виброреагентная обработка								
До ремонта	52	20,5	25,5	5	65	13		
После рем.	52	20,5	23,2	2,7	65	24	1,8	1995
В/з №2 «Зеленовка», скважина №18. Импульсно-виброреагентная обработка								
До ремонта	78,6	19	51,7	32,7	120	3,67		
После рем.	78,6	19	27	8	120	15	4,09	13376

Годовой экономический эффект при применении технологий газоимпульсного и виброволнового воздействия, комплексного импульсно-виброреагентного воздействия на фильтр и призабойную зону можно получить от экономии электроэнергии при работе погружного насоса за счет повышения отметки динамического уровня. Приведем для примера расчет для скважины №37, в/з «Новинки».

Работа насоса до обработки скважины:

Полезная, или гидравлическая мощность насоса определяется по формуле:

$$N_{\text{п}} = (\rho g \cdot Q \cdot H) / 1000 = 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,0217 \cdot 23,5 / 1000 = 5 \text{ кВт.}$$

Мощность насоса определим через его к. п. д.:

$$N = N_{\text{п}} / \eta = 5 / 0,55 = 9,1 \text{ кВт.}$$

Потребляемую мощность электродвигателя получим через к.п.д. электродвигателя $\eta_{\text{э}}=0.83$ [4]:

$$N_{\text{э}} = N / \eta_{\text{э}} = 9,1 / 0,83 = 10,96 \text{ кВт.}$$

Работа насоса после обработки скважины:

Полезная, или гидравлическая мощность насоса определяется по формуле:

$$N_{\text{п}} = (\rho g \cdot Q \cdot H) / 1000 = 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,0217 \cdot 12,75 / 1000 = 2,7 \text{ кВт.}$$

Мощность насоса определим через его к.п.д.:

$$N = N_{\text{п}} / \eta = 2,7 / 0,55 = 4,9 \text{ кВт.}$$

Потребляемую мощность электродвигателя получим через к.п.д. электродвигателя $\eta_{\text{э}}=0.83$ [4]:

$$N_{\text{э}} = N / \eta_{\text{э}} = 4,9 / 0,83 = 5,9 \text{ кВт.}$$

Разность затрат потребляемой мощности составит

$$\Delta N_{\text{э}} = 10,96 - 5,9 = 5,06 \text{ кВт.}$$

Стоимость 1кВт потребляемой энергии в УП «Минскводоканал» на 1.11.2018г. составляет 0.294 рубля с НДС. Годовой эффект от экономии электроэнергии с учетом коэффициента $n=0,8$ неравномерности работы скважины составит:

$$\text{Э} = 5,06 \cdot 0,294 \cdot 24 \cdot 31 \cdot 12 \cdot 0,8 = 10\ 625 \text{ руб.}$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Башкатов Д.Н., Драхлис С.Л., Сафонов В.В., Квашнин Г.П. Специальные работы при бурении и образовании скважин на воду. – Справочник.- М.: Недра, 1988. – 268 с.

2. Ивашечкин В.В., Технологические параметры декольматации фильтров скважин газоимпульсным методом.-Сооружение и эксплуатация водозаборов подземных вод. Материалы семинара. – Москва, 1991.

3. Ивашечкин В. В., Шейко А.М., Кондратович А.Н. Регенерация скважинных и напорных фильтров систем водоснабжения.-Мн.: БНТУ, 2008. – 276с.

4. Агрегаты электронасосные центробежные скважинные для воды. Каталог.Производственно-практическое издание.ОАО «Завод Промбурвод».-Мн.: Тирас-Н, 2003. – 63с.

И. В. Качанов, д.т.н, профессор,
М. В. Кудин, канд. техн. наук, доцент,
И. М. Шаталов, ст. преподаватель, М. К. Щербакова, ст. преподаватель,
К. Ю. Быков, магистрант, В.С. Рабченя, студентка
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДАЛЬНОБОЙНОГО ПОЖАРНОГО ЛАФЕТНОГО СТВОЛА

Недостаточная обеспеченность хозяйственных объектов современными средствами пожаротушения приводит к быстрому развитию чрезвычайных ситуаций до масштабов, при которых применение стандартных средств тушения пожаров уже не дает положительных результатов. Одним из самых востребованных современных способов активного пожаротушения является дальнобойный лафетный ствол (ДЛС).

Для определения оптимальных формы и размеров ДЛС было выполнено компьютерное моделирование проточной части лафетного ствола в прикладном программном пакете «SolidWorks» [1, 2], где учитывались следующие факторы:

1. Проточная часть лафетного ствола должна иметь круглую, прямоугольную и овальную форму поперечного сечения.

2. Из условия статической устойчивости ДЛС проточная часть лафетного ствола включает в себя три плавных поворота (колена) на угол 90° и один плавный поворот (колени) на угол 180° .

В результате компьютерного моделирования с учетом вышеизложенных факторов проточная часть круглой, прямоугольной и овальной формы поперечного сечения экспериментального образца ДЛС с винтовой структуризацией потока приобрела формы, изображенные на Рис. 1.

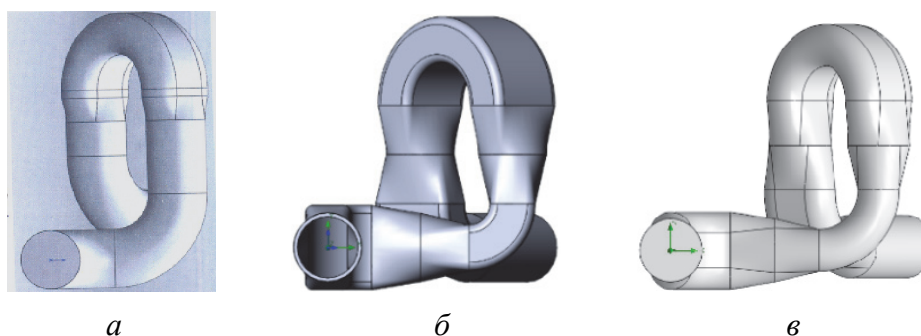


Рисунок 1. Компьютерные модели проточной части дальнобойного пожарного ствола с различной формой поперечного сечения:
а, б, в – круглая, прямоугольная и овальная формы соответственно

Далее была создана обобщенная имитационная математическая модель течения несжимаемой вязкой жидкости на основе уравнений Навье-Стокса [3, 4]

$$\frac{\partial V_i}{\partial t} + V_k \frac{\partial V_i}{\partial x_k} = F_i - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x_i} + V \cdot \nabla^2 \cdot V_i, \quad (1)$$

в этом уравнении $\frac{\partial V_k}{\partial x_k} = 0$ ($i, k=1, 2, 3$).

Совместно с уравнением Навье-Стокса рассматривались следующие уравнения:

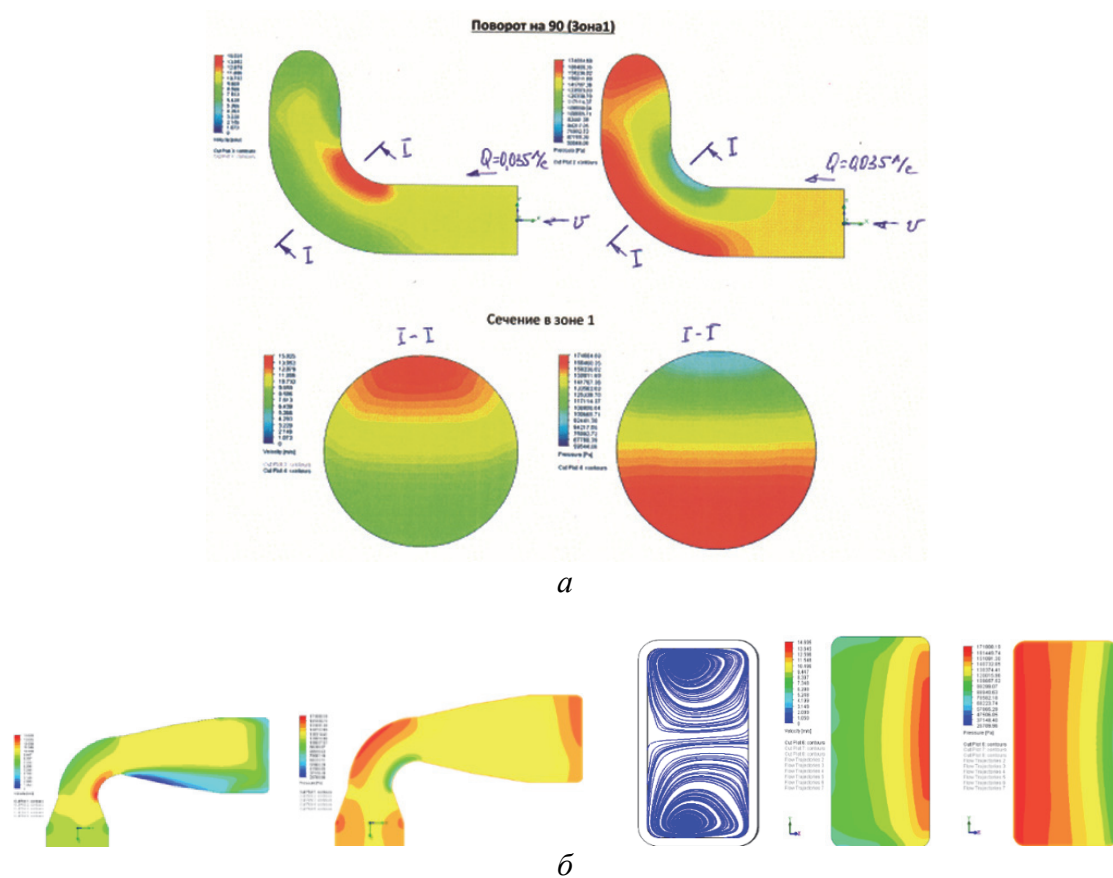
1. Уравнение неразрывности в виде:

$$\nabla \cdot V = 0 \quad (2)$$

2. Уравнение диссипации энергии в виде

$$\rho \frac{d}{dt} \left(U + \frac{V^2}{2} \right) = \rho FV + \text{div}(pV) + \rho q. \quad (3)$$

Некоторые результаты моделирования и гидродинамических расчетов представлены на Рис. 2.



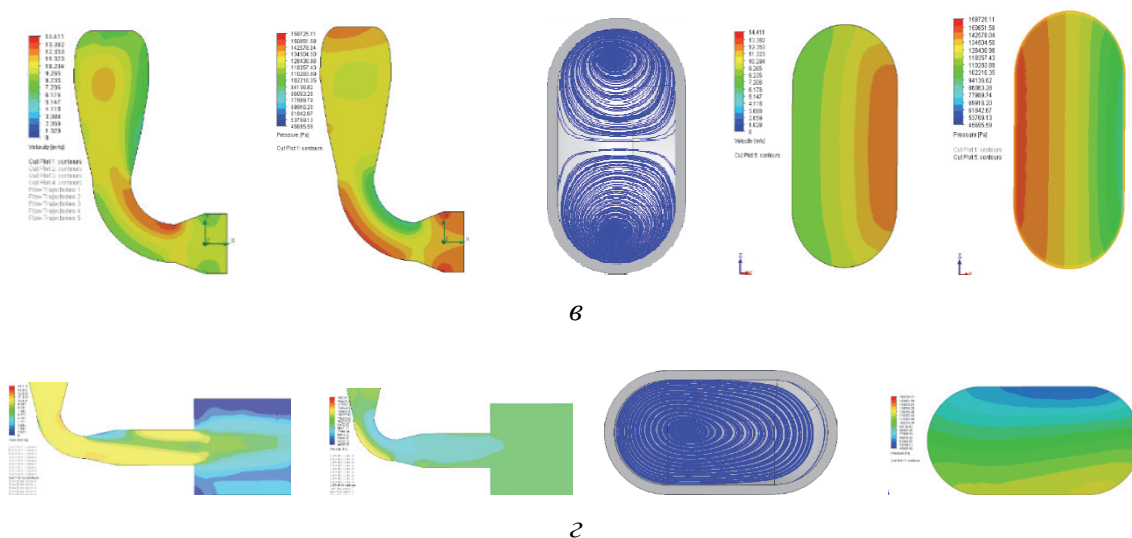


Рисунок 2. Диаграммы распределения скоростей и давлений проточной части ДЛС различной формы поперечного сечения:
а – круглая форма поперечного сечения,
б – прямоугольная форма поперечного сечения,
в, г – овальная форма поперечного сечения

Физическая сущность сопротивления в изогнутых гидравлических каналах (трубах) заключается в следующем. В изогнутых каналах (трубах) скорость движения жидкости изменяет свое направление, что сопровождается искривлением линий тока (поворот потока) и появлением центробежных сил, приводящих к тому, что по направлению от центра кривизны давление увеличивается, а скорость соответственно падает и, наоборот, по направлению к центру кривизны скорость возрастает, а давление падает. Поэтому в коленах и отводах при переходе жидкости из прямолинейного участка в изогнутый скорость вблизи внутренней стенки повышается (см. рис. 2), а давление соответственно уменьшается, т.е. возникает конфузорный эффект. Вблизи внешней стенки колена происходит обратное явление: скорость падает, а давление растет, т.е. возникает диффузорный эффект. Переход жидкости из изогнутой части в прямолинейный участок (после поворота потока) сопровождается противоположными явлениями: диффузорным эффектом вблизи внутренней стенки и конфузорным вблизи внешней стенки. Диффузорные явления приводят к соответствующему отрыву потока от обеих стенок. При этом отрыв от внутренней стенки усиливается стремлением потока по инерции двигаться прямолинейно – в данном случае – по направлению к внешней стенке.

Вихревая зона, возникающая вследствие отрыва потока от внешней стенки, незначительна. Наоборот, отрыв от внутренней стенки

приводит к интенсивному вихреобразованию, зона которого распространяется далеко за изгибом канала.

Помимо вихревых областей у внутренней и внешней стенок, в изогнутом канале возникает ещё так называемый «парный вихрь» (см. Рис. 2), обусловленный наличием пограничного слоя и соответственно – ядра потока с максимальными скоростями. Это ядро, стремясь в изогнутом канале двигаться по инерции в направлении к внешней стенке (т.е. к стенке, расположенной дальше от центра кривизны канала), в силу неразрывности движения, заставляет более медленные слои жидкости в пограничном слое двигаться вблизи обеих боковых стенок в сторону внутренней стенки поворота (т.е. к стенке, расположенной ближе к центру кривизны канала), в результате чего в поперечном сечении канала возникают два вихря.

Появление «парного вихря» может существенно (в 1,5–2 раза) увеличить гидравлическое сопротивление проточной части лафетного ствола.

В результате проведенного компьютерного моделирования можно сделать вывод, что структура потока и сопротивление изогнутых каналов определяется тремя явлениями: образованием вихревой области у внутренней стенки поворота, образованием такой же области у внешней стенки и возникновением «парного вихря» в поперечном сечении канала. Основную роль при этом играет вихреобразование у внутренней стенки. Оно в основном определяет сопротивление изогнутого канала и деформацию скоростного поля во всем прямом участке за изгибом.

Теоретическое и компьютерное моделирование показало, что влияние «парного вихря» на гидравлическое сопротивление проточной части лафетного ствола можно свести к минимуму (практически к нулю), изменяя форму поперечного сечения проточной части. Причем наиболее оптимальной формой является овальная форма поперечного сечения, в которой «парный вихрь» практически исчезает (см. Рис. 2, г).

ЛИТЕРАТУРА

1. Уилкинсон, У.Л. Неньютоновские жидкости / У.Л. Уилкинсон. – М.: Мир, 1964. – 216 с.

2. Ахметов, Ю.М. Численное и физическое моделирование течения жидкости в вихревом теплогенераторе / Ю.М. Ахметов, Р.Р. Калумлин, В.А. Целищев. – Уфа: Вестник УГАТУ «Машиностроение», т.14 №4 (39). – 2010. – С.42–49.

3. Некрасов Б.Б. Гидравлика и ее применение в летательных аппаратах / Б.Б. Некрасов. // Машиностроение. – 1967. – 368 с.

4. Альтшуль, А.Д., Гидравлика и аэродинамика / А.Д. Альтшуль, Л.С. Животовский, Л.П. Иванов. – М.: Стройиздат, 1987. – 414с.

АВТОМАТИЧЕСКИЕ РЕГУЛЯТОРЫ ДАВЛЕНИЯ И РАСХОДА В СИСТЕМАХ ВОДОСНАБЖЕНИЯ, ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПЛОЩАДКА И ЛАБОРАТОРИЯ ГИДРАВЛИКИ VERMAD В РОССИИ

Задача совершенствования водных технологий сегодня актуальна как никогда, потому что начало третьего тысячелетия – это время возникновения новой глобальной опасности для человечества – **КРИЗИС ВОДЫ**.

Большинство специалистов во всем мире считают, что вода, особенно питьевая, является одной из ключевых ценностей и ее роль в ближайшие десятилетия будет только возрастать. По официальным оценкам ООН, если истощение водных ресурсов будет таким же активным как сейчас, то к 2050 году 25 процентам населения мира будет хронически или временно не хватать питьевой воды.

Если на макроуровне причины кризиса – это изменение климата и рост народонаселения, то на микроуровне состояние водопроводных сетями является наиболее актуальной. Из общего объема воды, поставляемого мировому потребителю, более 45 млрд. литров в день теряется из-за утечек, из них доля таких потерь в развитых странах – 20–30%, а в развивающихся доходит до 50%. Анализ статистических данных коммунальных сетей и внутренних сетей металлургических предприятий России подтверждает эту статистику, утечки могут достигать до 30–40%.

Что же является причиной утечек и как с ними бороться. Обеспечить герметичность водопроводной сети, имеющей сотни километров трубопроводов, находящихся под давлением и проложенных в земле, иногда в агрессивных грунтах и подземных водах, практически невозможно. Утечки из водопроводной сети являются неотъемлемым элементом их эксплуатации. Однако, мировой опыт свидетельствует, что их можно свести к 10-15%, как в Европе, и даже до 2–3% как в Японии.

Утечку можно определить, как неучтенную потерю воды в системе водоснабжения. Какова же цена утечек? Цена утечек складывается из непосредственно стоимости потерянной воды, дополнительных затрат на подготовку, очистку и подачу недостающей воды, а также из дополнительных капитальных вложений на увеличение мощностей водопроводных сетей, очистных сооружений и т.п.

Утечки можно разделить на два основных вида – это порывы, возникающие в результате аварийного разрушения трубопровода или регулирующего оборудования и фоновые утечки.

Потери воды при порывах могут быть сокращены, во-первых, за счёт своевременного обнаружения порыва, во-вторых, быстрого и качественного ремонта и в-третьих, снижения давления.

Фоновые утечки при обычных обстоятельствах не устраняют, вследствие нерентабельности данного вида работ. Однако, например, возникновение в стенках трубопроводов сквозных отверстий приводит к большим потерям транспортируемой воды, только через отверстие диаметром 3 мм при давлении воды в трубопроводе с давлением 5 кг/см² теряется более 13 м³ воды в сутки. Зависимость утечки от давления практически линейная. Это означает, что, например, **10% снижение давления = 10% снижения утечек.**

Минимальное давление в системах водоснабжения рассчитывается с учётом всех потерь для критического узла. Известно, что расход воды в системах водоснабжения изменяется с достаточно постоянной циклическостью повышаясь до максимума в утренние и вечерние часы и снижаясь до минимума в ночные часы. При этом давление в критическом узле изменяется с той же циклическостью, повышаясь до максимума при минимальном расходе в ночные часы, и снижается до минимума при максимальном расходе в часы пик.

Таким образом, для повышения эффективности работы и снижения утечек необходимо регулировать давление так, чтобы постоянно обеспечивать его поддержание на минимально необходимом для данной системы уровне.

Израильская компания BERMAD уже более 50 лет занимается научными исследованиями и практическим внедрением инновационных технологий регулирования давления в системах водоснабжения.

Редукционный клапан обеспечивает понижение и поддержание давления на заданной величине вне зависимости от изменения расхода (рис. 1).

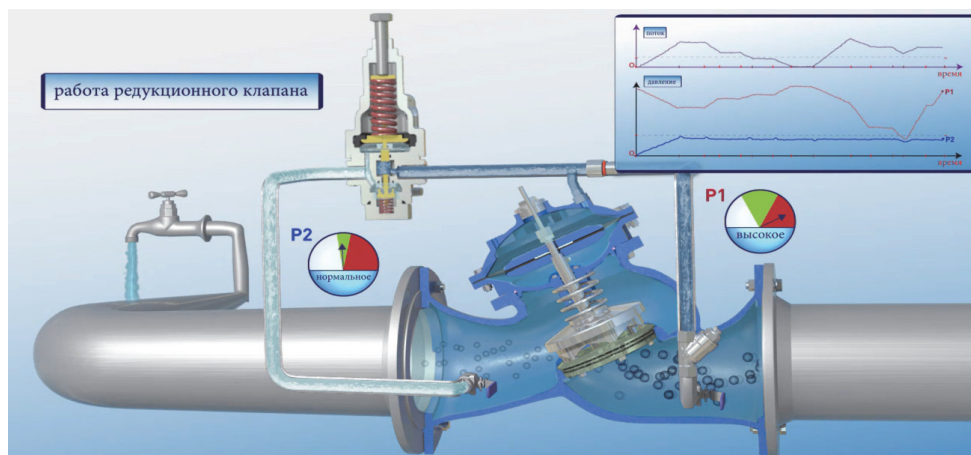


Рисунок. 1

В основе большинства решений BERMAD лежат клапаны серии 700 – это гидравлически управляемые клапаны с диафрагменным приводом. За долгие годы работы в этой области специалистам BERMAD удалось создать совершенную конструкцию базового клапана и разработать более 1000 различных модификаций.

Отдельно хочу отметить возможность комбинации нескольких функций на базе одного клапана BERMAD. Например, совмещение регулятора давления "после себя" со встроенным электромагнитным расходомером и функцией обратного клапана (рис. 2). При такой конфигурации не требуется закупка и установка расходомера, обратного клапана и дополнительной арматуры. Данное решение позволяет более эффективно использовать монтажное пространство и сократить расходы на реализацию проекта.



Рис. 2 Клапан серии 700 со встроенным расходомером

Клапаны BERMAD успешно эксплуатируются в странах СНГ на водоканалах, металлургических и горнорудных предприятиях, на нефтегазовых комплексах

В качестве примера рассмотрим результаты от внедрения регулируемых клапанов в Центральном районе г. Новокузнецка (статистика через год после внедрения):

- ✓ Количество повреждений в Центральном районе сокращено на **30%**
- ✓ Процент превышения регламентных работ сокращен **в 2 раза**
- ✓ Стабильное давление у потребителей во всем диапазоне расходов

Проект по развоздушиванию сетей г. Шымкент: Расчет и реализация расстановки вантузов на напорных водоводах Ду1200, Ду900 и Ду800 позволили сократить расходы на электропотребление НС на 25%.

Полная окупаемость проекта – месяц.

Компания BERMAD более 10 лет активно работает на рынке СНГ. В этом году совместно с российской компанией “Техносервис” начали производить проектирование, сборку и испытания в Челябинске. С этой целью компания создала производственные мощности: сборочный цех, испытательный стенд, складские запасы компонентов и готовой продукции.

Испытательный стенд (Рис.4), сконструированный специалистами “Техносервис” совместно с BERMAD, дает возможность проведения

статических испытаний (опрессовка запорного элемента и корпуса клапана на максимальном рабочем давлении) и динамических испытаний (определение времени открытия/закрытия клапана; K_v клапана; зоны работы в режиме кавитации; настройки пилотов управления согласно техническим требованиям; проведения функциональных испытаний и моделирование рабочих условий эксплуатации). Система управления стенда обеспечивает полный цикл проведения испытаний. Программный комплекс регистрации и обработки данных включает: управление стендом, графическую интерпретацию переходных процессов, регистрацию и обработку данных и анализ результатов испытаний.



Рисунок 4. Испытательный стенд

На складе площадью 250 м^2 в наличии постоянно находятся комплектующие клапанов от DN50 до DN 300. Это позволяет осуществлять сборку, испытания и отгрузку клапанов различных конфигурации в течение 3-х дней.

Внедрение передовых технологий регулирования и оптимизации давления в сетях водоснабжения коммунальных и промышленных предприятий приводит к значительному снижению затрат и экономии водных ресурсов, за счёт понижения давлений наблюдается значительное снижение аварийных ситуаций связанных с разрывами трубопроводов и выходом из строя арматуры.

Открытие новой производственной площадки и создание центра компетенций в России дает возможность воспользоваться новейшими технологиями BERMAD, получить высококвалифицированную помощь специалистов значительно сократить время поставки оборудования.

Н.Н. Линкевич, доцент, канд. техн. наук
В.Н. Ануфриев, доцент, канд. техн. наук
БНТУ г. Минск, Республика Беларусь
А.Н. Линкевич, инженер УП «Минскводоканал»,
г. Минск, Республика Беларусь

МЕТОДЫ ВЫЯВЛЕНИЯ УТЕЧЕК ВОДЫ И ОБНАРУЖЕНИЕ МЕСТ ПОВРЕЖДЕНИЙ ВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ

Проблема рационального использования воды и устранения ее потерь представляет в настоящее время одну из актуальных задач. Утечки воды из трубопроводной сети и сооружений на ней можно условно разделить на два вида: видимые и скрытые. К видимым относят утечки из водоразборных колонок и пожарных гидрантов, установленных на сети, а также все виды подтекания воды через неплотности соединений или дефекты в арматуре, установленной в колодцах или камерах, т. е. в доступных для внешнего осмотра местах. К видимым утечкам относят также потери воды при повреждениях и авариях на трубопроводах, когда вода изливается из поврежденных мест или затопливает подземные сооружения и коммуникации. Для обнаружения видимых утечек воды не требуется проведение специальных работ, поскольку они могут быть выявлены при систематических обходах и осмотрах трассы.

Скрытые утечки воды, не обнаруживаемые при внешнем осмотре водопроводной сети и сооружений на ней, вследствие деформации труб в грунте представляют обычно небольшие течи, которые не выходят на поверхность. В тех случаях, когда вода, выходящая из дефектных мест на трубопроводе, поглощается грунтом или поступает в подземные коммуникации, скрытые утечки длительное время остаются необнаруженными и являются источником существенных потерь воды. Выявление скрытых утечек воды крайне затруднено и требует проведения весьма сложных и трудоемких специальных работ.

Основным условием, определяющим возможность выявления скрытых утечек воды, не выходящей на поверхность, является организация постоянного наблюдения за общим функционированием системы подачи и распределения воды с помощью различного рода измерений, когда своевременно будет зарегистрировано отклонение в установившемся режиме работы системы подачи и распределения воды (ПРВ). В то же время, отклонения в режиме работы ПРВ могут

быть связаны не только непосредственно с авариями на трубопроводной сети, но и с нарушениями в режимах работы отдельных насосных станций, внезапным появлением непредвиденных дополнительных расходов воды и рядом других обстоятельств.

Любые изменения сложившиеся в течение определенного периода совокупности данных измерений, равно как и аномальные отклонения от нормы любого из показателей, могут служить сигналом возникновения утечек воды или аварий на трубопроводах. Простое сравнение поддерживаемых напоров с заданными, отмеченные резкие отклонения (скачки) напоров от нормы, изменение общей производительности насосных станций, сопоставление расходов воды в различных районах или у отдельных потребителей со сложившимися уровнями водопотребления - эти приемы позволяют проанализировать режим работы системы ПРВ и помогают уточнить причины возникших отклонений.

Для оценки герметичности функционирующих напорных водоводов в настоящее время используются два основных подхода. В основу первого положен контроль за показаниями расходомеров и манометров. При втором подходе для контроля за герметичностью действующих водоводов применяются методы поиска скрытых утечек акустическими устройствами, теледиагностикой.

Наличие утечек можно зафиксировать с помощью манометра, установленного на контрольном участке до и после закрытия задвижки, позволяющей отключать участок напорного водовода со стороны подачи в него воды, и регистрируются показаниями манометра. При отсутствии утечки показания манометра не изменяются. Если напор резко падает - имеет место утечка или утечки. Этот метод достаточно прост, однако позволяет оперативно определить наличие утечек, а установка дополнительных водосчетчиков позволяет определить и их величину.

Одним из простейших способов определения утечек является обследование щупом. Место утечки обнаруживают по степени влажности грунта и смоченной высоте стержня. Иногда присутствие воды вне трубопровода может быть обнаружено путем отбора и последующего анализа проб из специально пробуренных вдоль трассы трубопровода скважин.

Можно обнаружить утечку и косвенными методами, путем регистрации акустических параметров течи, вызванные взаимодействием изливающейся наружу воды со стенками трубы и краями излома повреждения.

Нормальное течение воды в трубах происходит при достаточно малой скорости и, вследствие этого, не может производить достаточно сильный звук или вибрацию. Однако в том случае, если происходит утечка воды, кинетическая энергия потока ослабевает и возникает вибрация, которая называется "шум утечки". Она распространяется в воде в виде плоской волны, а также передается стенками трубы и окружающему пространству.

Частота, как и звук, зависит от многих факторов, поэтому определить размер течи по ее звуку весьма трудно. Для прослушивания шума течей используют различные акустические приборы. .

Работы по выявлению мест утечек воды из водопроводной сети в зависимости от характера утечек можно подразделить на следующие виды:

- оперативный контроль за режимом работы систем,
- экстренные работы по выявлению и устранению утечек воды,
- периодически проводимые работы по профилактическому обследованию сети.

Оперативный контроль заключается в систематическом наблюдении за режимами работы системы ПРВ. Наблюдение предполагает проведение постоянных измерений напоров и расходов с помощью специальных приборов (расходомеров, водосчетчиков, манометров), установленных в постоянных контрольных пунктах измерений. Кроме того, измеряют расходы воды и напоры, развиваемые насосными станциями, расходы в ночные часы в городе, его районах, напоры в диктующих точках на водопроводной сети и расходы у крупных потребителей воды. Кроме этого, регистрируют уровни воды в регулирующих резервуарах на трубопроводной сети и осуществляют учет расхода электроэнергии, затрачиваемой насосными агрегатами на подъем воды в сеть.

Для выявления утечек из трубопроводной сети можно использовать практику проведения систематических манометрических съемок напоров. Однако, такая съемка может обеспечить получение достоверных и сопоставимых результатов только при условии, если измерения напоров проводятся одновременно в большом количестве точек. Кроме того, манометрическая съемка сопряжена с трудностями организационного характера.

Одним из наиболее перспективных методов реализации задачи оперативного контроля является применение средств автоматизации и телемеханизации. Диспетчерская служба при этом является тем рабочим органом предприятия водоснабжения, который может регист-

рировать получаемую информацию об отклонениях в режиме работы системы.

Мероприятия по профилактическому обследованию проводятся периодически специально подготовленными бригадами, путем их передвижения вдоль трасс трубопроводов и оснащенных специальным переносным оборудованием. Следует отметить, что оперативная локализация мест аварий возможна лишь при наличии АСУ всей системой водопровода, которая предназначена выполнять и задачи повышения надежности системы водоснабжения и анализа аварийных ситуаций.

Таким образом, для обеспечения нормальной работы системы подачи и распределения воды (ПРВ), уменьшения вероятности гидравлического удара и появления повреждений, приводящих к утечкам воды, необходимо в условиях эксплуатации в первую очередь организовать систему оперативного регулирования минимально требуемых напоров в трубопроводной сети.

РЕМОНТОПРИГОДНАЯ ВОДОЗАБОРНАЯ СКВАЖИНА С ФИЛЬТРОМ ТЕЛЕСКОПИЧЕСКОЙ КОНСТРУКЦИИ

Питьевое водоснабжение Минска, в основном базируется на подземных водах. Добыча подземных вод осуществляется с помощью высокодебитных водозаборных скважин. В г. Минске средний срок службы высокодебитных водозаборных скважин типовых конструкций составляет 18-22 года [1]. Основными причинами выхода скважин из строя является пескование и кольматация фильтров.

Пескование – это суффозия пластового песка через фильтр при неправильном подборе гравийной обсыпки или в результате коррозии и физического разрушения фильтра. Пескование также имеет место у скважин с фильтрами, установленными «впотай», при выходе из строя сальника [2]. Для снижения выноса песка производят периодические эрлифтные прокачки, снижают забор воды из скважины, уменьшая подачу насоса.

Кольматация – это отложение в отверстиях фильтров, порах гравийной обсыпки и водоносных пород осадков химического и биологического происхождения. Для декольматации используют различные методы: от механических (свабирование) до импульсных и химических воздействий на фильтры. Тем не менее, кольматант не извлекается полностью, и дебит скважины неуклонно снижается.

Если дебит скважины становится недопустимо низким, при котором эксплуатация скважины становится экономически нецелесообразной, ее тампонируют или, если это возможно, проводят капитальный ремонт путем извлечения и замены фильтра и гравийной обсыпки.

К сожалению, скважины типовых конструкций недостаточно ремонтнопригодны в части обеспечения успешного капитального ремонта, так как растягивающие усилия при извлечении фильтров, согласно проведенных расчетов, могут превышать прочность фильтров, что приводит к их разрыву [3]. В этой связи, для уменьшения тяговых усилий при извлечении фильтровой колонны на поверхность, в БНТУ разработана новая конструкция водозаборной скважины с телескопическим фильтром, защищенная патентом ЕП №028091 (рисунок 1).

В предлагаемой конструкции скважины фильтровая колонна выполнена из нескольких фильтровых секций, телескопически соеди-

ненных между собой. Это позволяет снизить трение при извлечении, так как фильтр извлекается посекционно, начиная с нижней секции. Между секциями устанавливают сальник, например, в виде кольцевого цилиндра из эластичного материала. Наиболее подходящие соотношения диаметров верхней и нижней секций фильтровой колонны: 273/168; 219/114; 168/89 мм, при длине фильтровых секций не более 5–6 м. [2].

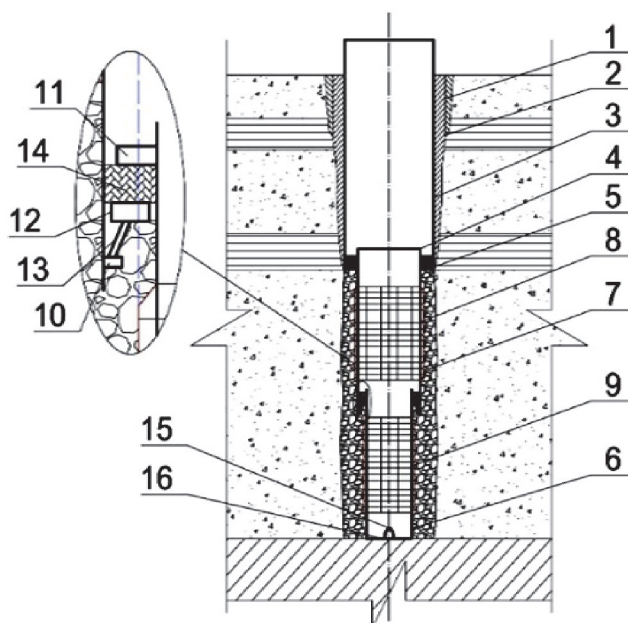


Рисунок 1. Водозаборная скважина с фильтром телескопической конструкции:
 1 – кондуктор; 2 - затрубная цементация;
 3 – эксплуатационная колонна; 4 – надфильтровая труба;
 5 – сальник; 6 – отстойник; 7 – гравийная засыпка;
 8, 9 – секции фильтровой колонны; 10 – внутренний фланец;
 11 – наружный фланец; 12 – подвижное кольцо;
 13 – упор подвижного кольца; 14 – кольцевой цилиндр из эластичного материала; 15 - захватная скоба; 16 – днище.

Для сравнения дебитов скважин новой конструкции и типовой с фильтром, установленным впотай, воспользуемся известным выражением для расчета понижения уровня S в скважине и решим его относительно удельного дебита Q/S [4]:

$$Q / S = 2\pi T / \ln(R / r_0) \quad (1)$$

где Q – дебит скважины, м³/сут; S – понижение уровня, м; T – водопроводимость пласта м²/сут.; R – радиус влияния скважины, м; r_0 – радиус скважины, м.

Предположим, что скважины пробурены в идентичных условиях, являются совершенными по степени и характеру вскрытия пласта, в одних будут установлены сплошные фильтры диаметром 273, 219 и 168 мм, в других – телескопические: 273/168, 219/114, 168/89 мм. Водопроницаемость пласта $1000 \text{ м}^2/\text{сут}$, радиус влияния – 1000 м.

Расчеты показывают, что удельный дебит скважин с фильтрами 273, 219 и 168 мм составит соответственно 29,4, 28,7 и 27,9 $\text{м}^3/\text{ч} \cdot \text{м}$, а у скважин с фильтрами телескопической конструкции – 28,6, 27,7 и 27 $\text{м}^3/\text{ч} \cdot \text{м}$, т.е. удельный дебит при переходе к новой конструкции уменьшится всего на 2,6–3,4%, что несущественно по сравнению с высокой успешностью проведения капитальных ремонтов [5].

Для экспериментального изучения новой конструкции фильтра водозаборной скважины в лаборатории кафедры «Гидротехническое и энергетическое строительство» БНТУ был собран стенд для гидравлических испытаний фильтров (рисунок 2).

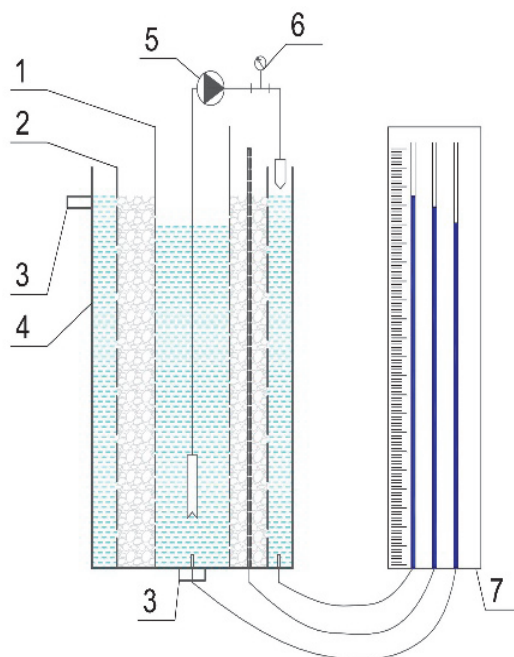


Рисунок 2. Схема стенда

для гидравлических испытаний фильтров:

1 – рабочий фильтр; 2 – труба перфорированная $d = 420 \text{ мм}$;

3 – сливной патрубок; 4 – бак $d = 670 \text{ мм}$;

5 – центробежный насос;

6 – счетчик воды; 7 – пьезометры

Эксперименты, проведенные в лабораторной установке с фильтром типа ФТП $d218 \text{ мм}$ длиной фильтрующей части 600 мм и фильтром ФТП телескопической конструкции с двумя секциями по 300 мм:

верхней $d218$ мм и нижней – $d127$ мм, показали, что при переходе на новую конструкцию фильтров удельный дебит уменьшается на 5–7%, что является достаточно близким к расчетным значениям.

Для натуральных экспериментов на опытном полигоне в деревне Приморье Минского района были сооружены 2 скважины (с обычным фильтром постоянного диаметра и фильтром телескопической конструкции). Геологический разрез следующий: в интервале (0 – 5)м – переслаивание супесей и суглинков; (5,0 - 14,4)м - водоносный разнородный песок; (14,4 - 16)м – плотная глина. Водоносный горизонт напорный: статический уровень располагается на глубине 2 м от поверхности земли. Фильтр типовой конструкции имеет 2 секции длиной $l = 1$ м каждая и диаметром $d = 127$ мм. Фильтр телескопической конструкции имеет две секции: $d = 127$ мм и $l=1$ м (верхняя секция) и $d = 76$ мм и $l = 1$ м (нижняя секция). Интервал установки фильтров 12–14 м. Скважность фильтров 10,5%. Тип фильтров – трубчатый дырчатый каркас с покрытием из полиамидной сетки (рисунки 3,4).



Рисунок 3. Фильтра экспериментальных скважин д. Приморье



Рисунок 4. Оборудование для прокачки экспериментальных скважин в д. Приморье

На полигоне проводятся экспериментальные исследования зависимости скоростей потока в фильтре, потерь напора по длине водоприемной части и удельного дебита скважины от диаметра используемых фильтров. Подбираются оптимальные длины и диаметры секций ремонтпригодной водозаборной скважины с фильтром телескопической конструкции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шейко, А.М. Анализ долговечности водозаборных скважин г. Минска / А.М. Шейко, В.В. Ивашечкин, Н.В. Холодинская, Э.А. Макарова // Вестник БНТУ. – 2006. – № 1. – С. 27–32.
2. Башкатов, А.Д. Предупреждение пескования скважин/ Башкатов, А.Д. – М.: Недра, 1991. - 176 с.
3. Магарян, М.П., Ивашечкин В.В. Расчет тяговых усилий при извлечении фильтров водозаборных скважин/ Мелиорация – 2016. – №1(75). – С.103-111.
4. Тесля, В.Г. Обоснование длины и диаметра фильтра при проектировании скважин на воду/ Водоснабжение и санитарная техника №10, ч.2, 2009. – стр. 32–36.
5. Магарян, М.П. Новые конструкции ремонтпригодных водозаборных скважин/ Проблемы недропользования: Сборник научных трудов. Часть 1/Санкт-Петербургский горный университет. СПб, 2017. 240 с. – стр. 163–165.

ВЫБОР СТРАТЕГИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ КАК ОСНОВЫ ЭФФЕКТИВНОГО ПРОВЕДЕНИЯ ПРОЦЕССА ХЛОРАММОНИЗАЦИИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

Согласно многим исследованиям, проведенным под эгидой ООН и ЮНЕСКО, серьезные климатические изменения, происходящие на планете, увеличивают нестабильность гидрологического и гидрохимического режима водных ресурсов. Резкие колебания качества воды, забираемой из водоисточников создают дополнительные трудности для предприятий водоподготовки. Всё больше аспектов производства питьевой воды требуют усиленного мониторинга и контроля для обеспечения как безопасности питьевой воды, так и экономичности процессов. Производство питьевой воды за последние несколько десятилетий значительно усложнилось, разывшись в комплексный процесс. В этой статье мы сконцентрируемся на процессах дезинфекции, которые являются основой безопасности питьевой воды и охватывают всю систему ее производства и распределения.

На стадии предокисления (предварительная обработка подразумевает добавление оксиданта в сырую воду) часто сложно достичь баланса между достаточным обеззараживанием, удалением растворенных металлов, оптимизацией затрат на водоподготовку. Обычно, хлор используется на стадии предокисления в ситуациях, когда исходная вода минимально загрязнена органическими соединениями и не содержит в больших количествах сложно удаляемые микробиологические загрязнения (ооцисты). В противном случае, для предварительной дезинфекции и окисления часто используется озон, диоксид хлора, или хлорамин. Говоря о вторичной дезинфекции, следует отметить необходимость поддержания достаточного количества дезинфектанта не только в точке входа (последняя точка контроля перед попаданием воды непосредственно к потребителю), но и во всей системе распределения воды/ Мы сфокусируемся на хлоре и хлорамине.

Хлорамины, составляющие основу связанного хлора, имеют меньшую реакционную способность по сравнению со свободным хлором и менее интенсивно взаимодействуют с разнообразными примесями, находящимися в сырой воде, в частности, с органическими веществами. Это приводит к образованию меньшего количества побочных продуктов дезинфекции, в первую очередь тригалометанов, проявляющих канцерогенные свойства. Благодаря пониженной окислительной способности, хлоропоглощаемость хлораминов в воде существенно мень-

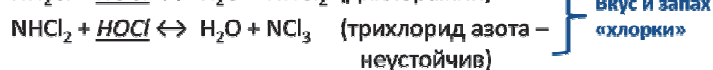
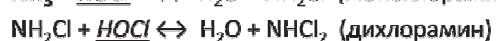
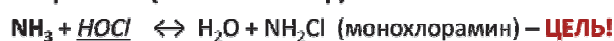
ше, что позволяет значительно снизить расход хлора на поддержание необходимой остаточной концентрации общего хлора в водопроводе, что снижает затраты предприятия.

Целевым реагентом при хлораммонизации является монохлорамин, что предопределяет выбор аналитического метода. Химические реакции, приводящие к формированию основных видов свободного и общего хлора, присутствующих в воде, представлены на Рис. 2. Особое внимание следует уделить этапу образования монохлорамина, тому факту, что данные реакции обратимы, и что соотношение между различными производными зависит от температуры и рН воды.

Свободный хлор (сильный дезинфектант):



Хлорамины (связанный хлор):



} Вкус и запах «хлорки»

Органические хлорамины (очень слабые дезинфектанты):



Рисунок. 2. Примеры химических реакций с образованием соединений хлора, которые классифицируются как свободный, общий и связанный хлор

Как можно заключить из Рис. 2, монохлорамин можно получить, добавляя свободный хлор к аммонии, или наоборот. Оба способа равнозначны и применяются в водоподготовке, особенно, если аммоний естественным образом присутствует в исходной воде. Как следует из экспериментальных данных, отображенных на Рис. 3, при хлорировании воды в присутствии аммония (продвижение по графику слева направо), измеряемая концентрация общего хлора подвергается странным и, на первый взгляд, нелогичным колебаниям в ходе процесса хлорирования (Рис. 3, красная кривая). Это происходит в результате реагирования хлора со всевозможными загрязнителями в начале процесса (хлоропоглощаемость) и затем образования хлораминов различной степени хлорированности, согласно реакциям, описанным на Рис. 2.

В трех различных областях по ходу процесса, характеризующихся возрастанием соотношения хлора к азоту, результаты весьма отличаются:

Область I – $\text{Cl}_2:\text{N} < 5:1$ – $\text{NH}_3 + \text{HOCl} \leftrightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{NH}_2\text{Cl}$ – монохлорамин

Область II – $\text{Cl}_2:\text{N} > 5:1$ – $\text{NH}_2\text{Cl} + \text{HOCl} \leftrightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{NHCl}_2$ – дихлорамин

Область III – $\text{Cl}_2:\text{N} > 9:1$ – $\text{NHCl}_2 + \text{HOCl} \leftrightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{NCl}_3$ – трихлорид азота (трихлорамин) \Rightarrow распадается с высвобождением **свободного хлора** и азота.

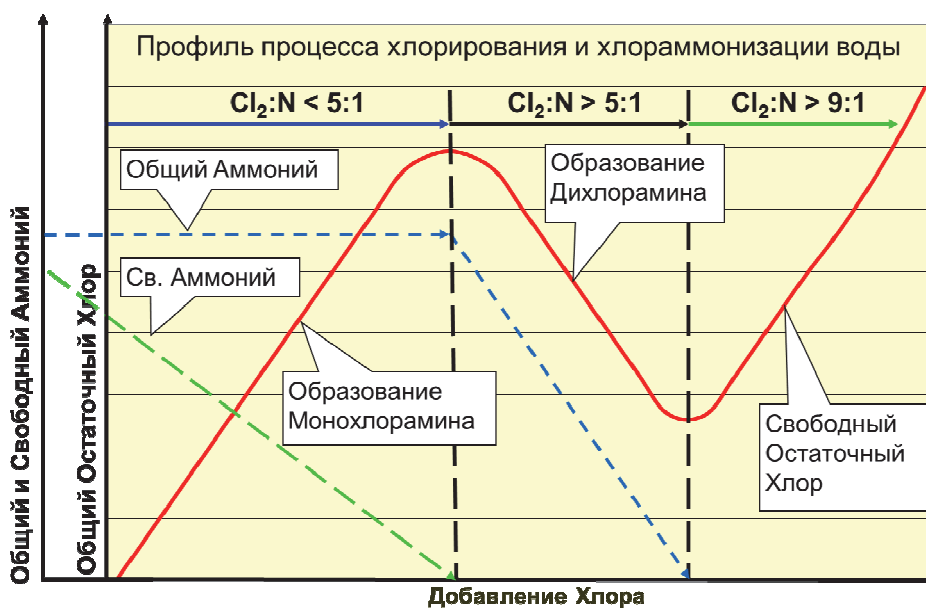


Рисунок. 3. Стадии хлорирования воды (Области I, II, III – слева направо) и поведение основных аналитических параметров

В ходе процесса в воде можно обнаружить следующие вещества: хлорамины, свободный и общий аммоний, свободный хлор. В целом, все соединения хлора могут присутствовать в воде одновременно при хлорировании и/или хлораммонизации. Для эффективного контроля процесса необходимо измерять устойчивые концентрации ключевых соединений. Из понимания динамики трансформации соединений хлора и азота в описываемых процессах становятся ясны параметры, которые необходимо отслеживать, чтобы держать хлораммонизацию и хлорирование под постоянным и эффективным контролем (Таблица 1).

Процесс хлораммонизации требует строгого контроля в целях предотвращения непредвиденных последствий, например, нитрификации в водопроводной сети. При этом, как правило, полагаются на мониторинг концентрации свободного хлора или свободного аммония в качестве основного показателя. Оба подхода могут быть характеризованы как с положительной, так и с отрицательной сторон. Эти методы противопоставляются друг другу и не прекращается спор о лучшем методе контроля хлораммонизации: измерение свободного и общего хлора (Метод 1), или измерение общего хлора и свободного аммония (Метод 2).

Таблица 1

**Наиболее важные аналитические параметры
для эффективного мониторинга и контроля хлораммонизации
на станции и в водопроводной сети**

Первичные параметры	Вторичные параметры	Дополнительный контроль*
<ul style="list-style-type: none"> • Общий остаточный хлор (нормативная отчетность) • Монохлорамин (контроль процесса) • Свободный аммоний (контроль процесса) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Свободный остаточный хлор (контроль процесса) ○ Общий аммоний (контроль процесса) 	<ul style="list-style-type: none"> – pH (контроль процесса, а также нитрификации водопроводной сети) – Нитрит (контроль нитрификации) – АТФ (контроль нитрификации) – Растворенный кислород (контроль нитрификации)

* Эти параметры особенно важны для контроля и предотвращения нитрификации в водопроводной сети, которая может быть вызвана образованием излишков аммония в процессе хлораммонизации, и его дальнейшего поступления в водопровод.

Контроль по свободному хлору

Как и любые измерения хлора, анализы, используемые для контроля хлораммонизации, могут выполняться двумя методами – колориметрическим и амперометрическим и в пользу каждого есть свои аргументы. В таблице 2 приведены основные аспекты, а также «за» и «против» каждого подхода относительно онлайн-измерений.

Таблица 2

**Обзор контроля хлораммонизации методом анализа
общего и свободного хлора**

Колориметрический метод (DPD, тест Пайлина)	Амперометрический метод
<ul style="list-style-type: none"> • «Старый-добрый стандартный метод» – <i>плюс?</i> • Мешающее влияние хлораминов – <i>минус</i> • Необходимость дополнительных расчетов (кинетика, pH зависимость, и т.д.) – <i>минус</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • «Быстрое реагирование» – <i>плюс?</i> • Зависимость от калибровки – <i>минус</i> • Мешающие факторы (хлорамин, pH, температура, поток/давление) – <i>минус</i>

Еще один подход с использованием амперометрических датчиков – это «метод балансировки», при использовании которого важно не абсолютное значение параметра, но величина отклонения от некоего оптимума, принятого оператором на основании ряда показателей.

Контроль по свободному аммонiu

Контроль хлораммонизации на основании измерений монохлорамина (главной составляющей общего хлора) и свободного аммония вместо свободного хлора. обычно обеспечивается двумя основными

аналитическими методами: колориметрическим и различными вариациями электрохимического метода, причем особое внимание уделяется онлайн-измерениям, которые обеспечивают непрерывное поступление данных. Общее сравнение двух данных методов для такого способа контроля представлено ниже в таблице 3.

Таблица 3

Сравнение параметров, измеряемых основными современными методами, используемыми для контроля хлорамонизации по аммоний, и терминологии присущей этим технологиям

Колориметрический метод	Электрохимические методы ^a
<ul style="list-style-type: none"> • Прямое и селективное измерение концентрации монохлорамина • Измерение концентрации общего аммония^b • Расчет концентрации свободного аммония^г 	<ul style="list-style-type: none"> • Общий и свободный аммоний^б - Измерение концентрации аммиака (NH₃) - Измерение или расчет концентрации аммония (NH₄⁺) • Мешающие факторы (рН, температура, ионы, и т.д.)

^a технологии, использующие ионоселективный (ISE) или газоселективный электрод (GSE);

^б согласно электрохимическим методам, Свободный Аммоний = NH₃; Общий Аммоний = NH₃ + NH₄⁺

^в согласно колориметрическому методу, Общий Аммоний = Общее количество аммонийного азота: сумма концентраций монохлорамина (NH₂Cl) и свободного аммония (NH₃ + NH₄⁺);

^г согласно колориметрическому методу, Свободный Аммоний = NH₃ + NH₄⁺ (сумма аммиака и аммония).

Результаты и выводы

Рассмотрев только небольшую, но очень важную часть процесса получения безопасной для использования человеком воды, необходимо отметить следующее:

- Технологии подготовки и дезинфекции воды становятся все более сложными. Это позволяет добиваться более высокого качества воды и постоянно повышает требования к подходам и принципам контроля.

- Онлайн-анализаторы должны рассматриваться не только как приборы мониторинга, но также как основа оптимальной реализации технологических процессов водоподготовки и, в частности, хлорирования и хлораммонизации питьевой воды.

- Наиболее точный и надежный контроль хлораммонизации обеспечивается мониторингом концентраций целевого дезинфектанта (монохлорамин) и аммония (общего и свободного) колориметрическим методом.

- Всесторонний и надежный мониторинг хлораммонизации в процессе водоподготовки помогает лучше контролировать качество воды и избежать неприятных последствий в водопроводной сети.

ДВУХСТВОЛЬНАЯ ВОДОЗАБОРНАЯ СКВАЖИНА

Скважины применяются для добычи подземных вод в самых разнообразных гидрогеологических условиях и являются наиболее распространенными типами водоприемных сооружений. При проектировании подземных водозаборов для обеспечения бесперебойности подачи воды потребителям предусматривается устройство двух водозаборных скважин: основной и резервной с индивидуальными зданиями насосных станций [1]. Указанная схема размещения рабочей и резервной скважин требует значительных материальных ресурсов и трудозатрат на сооружение отдельных скважин с павильонами и сетями, а также отчуждения земель под территории зон санохраны.

С целью снижения капитальных затрат на строительство резервных скважин в БНТУ на кафедре «Гидротехническое и энергетическое строительство» предложена конструкция двухствольной водозаборной скважины, размещенной в одном кондукторе, и выполняющей функции рабочей и резервной скважин [2]. Каждая из колонн имеет собственный оголовок, обсадную трубу для размещения насоса, фильтр, отстойник. Колонны гидравлически связаны между собой выше и ниже фильтров посредством верхнего и нижнего соединительных патрубков, сообщающих надфильтровые и подфильтровые полости скважин. Это позволит снизить эксплуатационные затраты на подъем воды при работе одного насоса за счет снижения напора насоса, так как фильтры будут работать параллельно. Снизив расходы воды в каждом фильтре, можно уменьшить потери напора, которые обусловлены прохождением потока через боковую поверхность фильтра, внутри его перфорированной части и колоннах обсадных труб. Это приведет к уменьшению понижений уровней воды в скважинах и, следовательно, к снижению геометрического напора насоса и экономии электроэнергии. При выходе из строя одного из насосов, сразу же включается другой, чем обеспечивается бесперебойность подачи воды потребителю. При выходе из строя одного фильтра или его текущем или капитальном ремонте работает другой. Это существенно улучшает эксплуатационные характеристики и надежность работы предлагаемой скважины по сравнению с известной двухколонной конструкцией Ткаченко В. П., в которой фильтр установлен только в одной колонне, а обе колонны

соединены понизу обводной трубой [3]. При выходе из строя фильтра такая скважина выходит из строя.

Предлагаемая двухствольная скважина имеет затрубную систему реагентной регенерации каждого фильтра, состоящую из трех закачных пьезометрических трубок, установленных в гравийной обсыпке, что повышает ремонтпригодность конструкции и срок ее службы по сравнению с типовыми скважинами. В скважине конструкции Ткаченко В. П. применимы только традиционные методы регенерации, поэтому срок ее службы не превышает 18–20 лет, после чего ее тампонируют и перебуривают, что является дорогостоящим мероприятием и сужает область ее применения.

Исследования гидравлики скважины двухствольной конструкции

Лабораторные исследования фильтрационного потока проводились с целью установления влияния работы резервной скважины на основную на экспериментальной установке, представленной на рисунке 1.

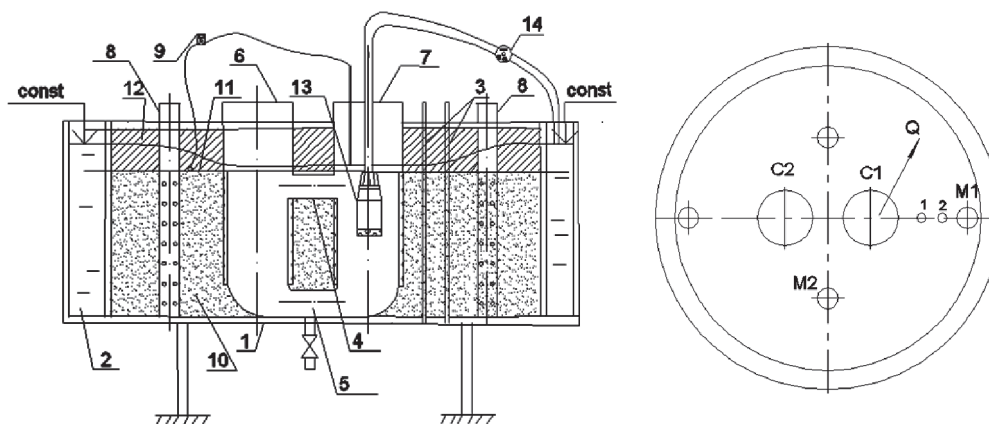


Рисунок 1. Схема экспериментальной установки:

- 1 – фильтрационный лоток; 2 – кольцевой бьеф; 3 – пьезометры;
- 4 – верхняя соединительная трубка; 5 – нижняя соединительная трубка;
- 6 – резервная скважина (С2); 7 – основная водозаборная скважина (С1);
- 8 – мелкотрубчатые скважины (М1, М2); 9 – уровнемер;
- 10 – водовмещающий грунт; 11 – полиэтиленовая пленка;
- 12 – глиняный замок; 13 – насос; 14 – расходомер

Установка состояла из радиального фильтрационного лотка 1 диаметром 1,22 м и высотой 1,0 м с кольцевым бьефом 2. Внутри лотка 1 устанавливались модель резервной (С2) 6 и основной (С1) водозаборных 7 скважин. В прифильтровой зоне скважин 6, 7 были установлены четыре мелкотрубчатые скважины 8 и пьезометры 3. Бак засыпали на высоту 0,7 м кварцевым песком 10. Для обеспечения условий напорной фильтрации в грунте 10 при циркуляции, на его поверхности была уложена полиэтиленовая пленка 11 толщиной 2 мм с глиняным

замком 12, который был дополнительно пригружен. Таким образом, модель напорного пласта имела мощность $m = 0,3$ м. В основную скважину помещали насос 13, который откачивал из нее воду.

Фильтры основной и резервной скважин представляли собой трубчатый полиэтиленовый каркас внутренним диаметром 125 мм. Диаметр отверстий в каркасе составлял 10 мм. Отверстия располагались в шахматном порядке. Снаружи каркас обматывался полиэтиленхолстом толщиной $\delta = 7,5$ мм. В качестве водоподъемного оборудования использовался насос «Ручеек-1» (БВ-0.12-40-У5, ГОСТ 26287-84).

Установка работала следующим образом. Вода насосом забиралась из основного ствола С1 модели скважины с расходом Q_c и обратно поступала в кольцевой бьеф. Давление в пласте при фильтрации регистрировали с помощью уровнемера 9. Расход воды замерялся с помощью расходомера 14.

Параметры напорного фильтрационного потока в прифильтровой зоне модели скважины, оборудованной мелкотрубчатыми скважинами, исследовались путем определения напора h_n в водоносном пласте. При известном напоре h_n определялось понижение и повышение уровня воды в пьезометрах при откачке. Величина S определялась по формуле

$$S = h_n - h_c,$$

где h_c – статический напор в пласте.

Для установления влияния работы двух скважин опыт проводился для 4 схем:

- 1) Вода откачивается из скважины С1 (основная), верхняя и нижняя соединительные трубки закрыты (рисунок 2, а);
- 2) Вода откачивается из скважины С1, верхняя соединительная трубка открыта, нижняя – закрыта (рисунок 2, б);
- 3) Вода откачивается из скважины С1, верхняя соединительная трубка закрыта, нижняя – открыта (рисунок 2, в);
- 4) Вода откачивается из скважины С1, верхняя и нижняя соединительные трубки открыты (рисунок 2, г).

Результаты опытов приведены в таблице 1.

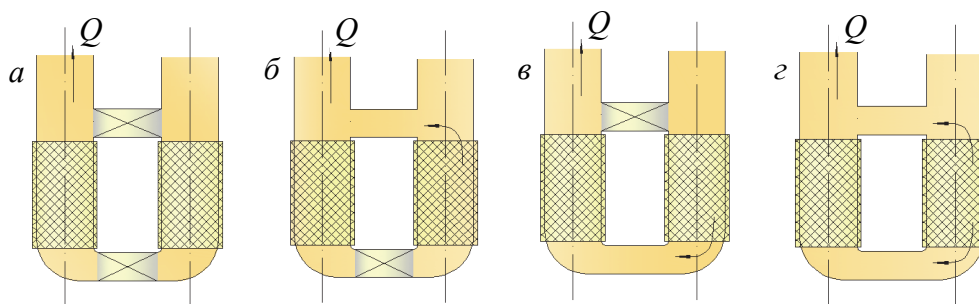


Рисунок 2. Опытные схемы

Таблица 1

Результаты измерений в двухствольной скважине

	Расход Q , л/с	Пониже- ние s , см	Уд. дебит, q , см ² /с
Схема а	0,14	5,7	24,5
	0,135	5,2	25,9
Схема б	0,17	5,2	32,7
	0,135	4,5	30
Схема в	0,19	7,5	25,3
	0,12	5	24
Схема г	0,19	6,3	30,2
	0,11	4	27,5

В результате измерений получено, что при одновременной работе фильтров двух стволов водозаборная скважина, при перекрытой нижней соединительной трубке (схема 2), имеет максимальный удельный дебит.

ЛИТЕРАТУРА

1. Водозаборные сооружения. Строительные нормы проектирования=Водазаборныя збудаваанні. Будаўнічыя нормы праектавання : ТКП 45-4.01-30-2009. – Введ. 06.07.2009. – Минск : Минстройархитектуры, 2009. – 13 с.

2. Ивашечкин, В.В. Двухствольная фильтровая водозаборная скважина для эксплуатации одного водоносного горизонта / В. В. Ивашечкин, Ю. А. Медведева, А.Н. Курч // Мелиорация. – 2017. – № 3(81). – С. 36–41.

3. Водозаборная скважина: а.с. 1448002SU, МКИ Е ОЗВ 3/18 / В.П. Ткаченко; Гидрологическая экспедиция Министерства мелиорации и водного хозяйства УССР. - № 4235664/29-33; заявл. 24.02.87; опубл. 30.12.88 (не публик.).

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОБСЛЕДОВАНИЯ ПЕСКУЮЩИХ СКВАЖИН

Для разработки технологии капитального ремонта пескующей скважины необходимо провести ее обследование, включающее работы по определению мест пескования.

Для осмотра и визуального контроля скважин, их обсадных труб и фильтров применяется специальная телевизионная установка, имеющая в своем составе телекамеры малых габаритов [1]. Их панорамные приспособления позволяют в радиальном и осевом направлении производить осмотр обсадных труб, а также рассматривать конструкцию стенок фильтров. К недостаткам установки следует отнести невозможность осмотра и дефектации водоприемной поверхности фильтров, оснащенных трубчатыми каркасами, так как водоприемная поверхность находится за трубчатым каркасом и ее практически не видно изнутри фильтра.

Также известен способ определения местоположения дефекта фильтра поинтервальной откачкой воды из скважины с герметизацией части фильтра [2]. Этот метод требует применения погружного насосного агрегата с пакерами или эрлифта и является достаточно трудоемким и поэтому может быть реализован только одновременно с проведением ремонтных работ.

В БНТУ разработан и изготовлен прибор для обнаружения мест пескования скважин (рисунок 1), который содержит пульт управления и индикатор мутности воды, перемещаемый вдоль фильтра в процессе откачки воды из скважины [2].

Индикатор мутности оформлен в виде проволочного каркаса, пронизываемого для воды при его движении по стволу скважины. Внутри каркаса находятся источник света (светодиод) и фоторезистор, установленные друг напротив друга. При замутнении потока воды частицами песка, освещенность фоторезистора падает и уменьшается ток в цепи, фиксируемый миллиамперметром в пульте управления. Такая конструкция с прямым прохождением светового луча через воду обеспечивает высокую чувствительность при нахождении даже небольшого количества песка в воде. Это позволяет определить место притока песка в скважину.



Рисунок 1. Прибор для обнаружения мест пескования скважин

В процессе работы строится диаграмма изменения силы тока по глубине скважины $I = f(H)$. Наличие переменного резистора в цепи питания фотосопротивления позволяет устанавливать в чистой стоячей воде в фильтре обследуемой скважины максимальную силу тока I_{max} на миллиамперметре и фиксировать ее изменение в процессе перемещения индикатора мутности вдоль фильтра при работающем насосе или эрлифте.

Изготовленный прибор для определения мест пескования фильтров был использован в полевых условиях при обследовании пескующих скважин №2 глубиной 60 м водозабора «Водопой» УП «Минск-водоканал» и №22 глубиной 98 м водозабора «Северный» г. Жодино УП «Жодинский водоканал». Схема обследования скважин с помощью прибора для обнаружения мест пескования представлена на рисунке 2.

В скважинах №2 и №22 индикатор мутности перемещали снаружи водоподъемной трубы эрлифта при откачке на выброс в бак 8. Эрлифт состоял из компрессора 1 с воздухопроводной трубой 4 для подачи сжатого воздуха, водоподъемной трубы 7. В обоих случаях пескование было обнаружено в нижней четверти фильтров скважин. Пескование скважины №2 было предотвращено путем засыпки нижних частей фильтров мелким щебнем. Выработаны наиболее благоприятные условия применения прибора: 1) при перемещении индикатора мутности снаружи труб эрлифта, они должны иметь не фланцевые, а муфтовые соединения; 2) оголовок скважины должен быть закрыт от поступления света, чтобы увеличить качество измерений.

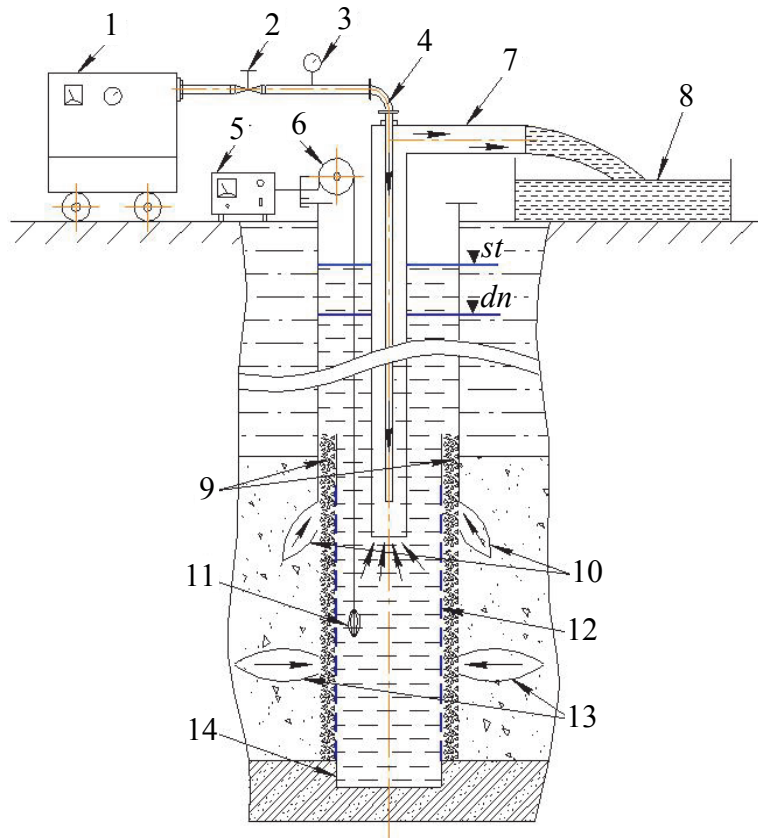


Рисунок 2. Схема обследования пескующих скважин:
 1 – компрессор; 2 – кран компрессора; 3 – манометр;
 4 – воздухопроводная труба; 5 – пульт управления;
 6 – скважинный блок со счётчиком глубины;
 7 – водоподъемная труба; 8 – бак; 9 – гравийный сальник;
 10 – возможные места пескования; 11 – индикатор мутности воды;
 12 – фильтр с гравийной обсыпкой;
 13 – песчаная каверна; 14 – отстойник

На рисунке 3 показаны результаты обследования пластикового кольцевого фильтра пескующей скважины №22 на водозаборе г. Жодино. Длина фильтра составляла 20 м, диаметр – 159 мм. Скважина была пробурена в 2008 году.

В нижней части фильтра на глубине 96 м с помощью переменного резистора была зафиксирована максимальная сила тока на миллиамперметре $I_{\max} = 35$ мА. При подъеме до отметки 90 м сила тока оставалась неизменной, затем она резко уменьшилась до значения $I = 6$ мА и при дальнейшем подъеме до верха фильтра (отметка 76 м) плавно возрастала до значения $I = 20$ мА. Анализ диаграммы $I = f(H)$ показывает, что на отметке 90 м фильтр пескует. Увеличение силы тока на участке (90÷76) м объясняется тем, что увеличивается расход воды и уменьшается мутность.

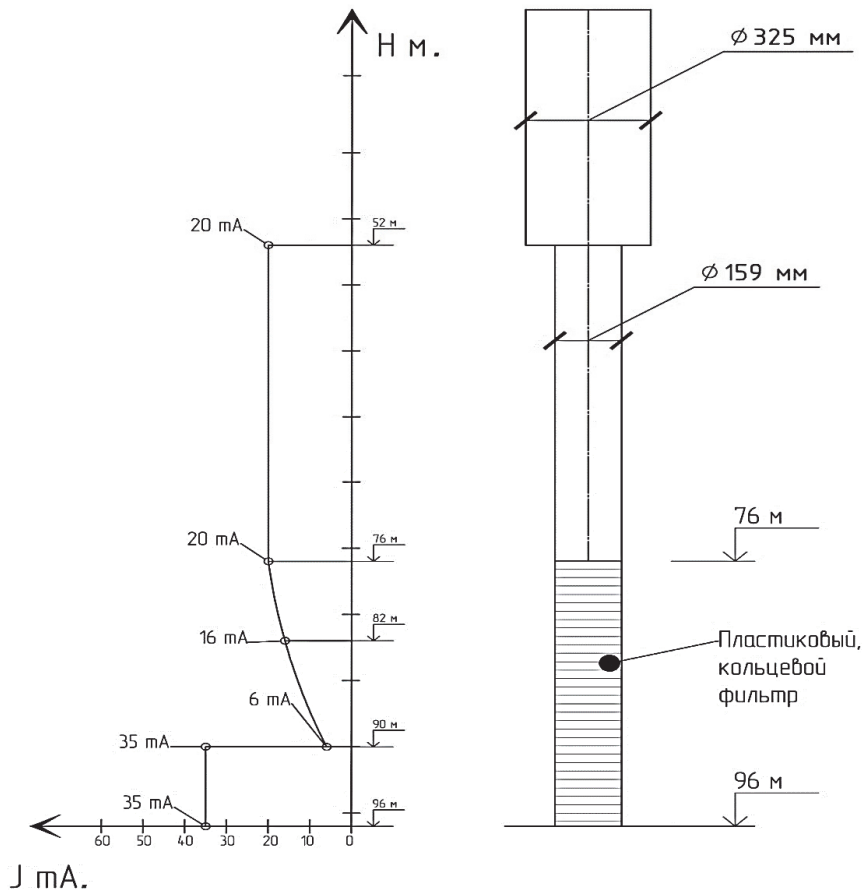


Рисунок 3. Диаграмма изменения силы тока миллиамперметра $I = f(H)$ при перемещении индикатора мутности вдоль фильтра пескующей скважины №22 водозабора г. Жодино

ЛИТЕРАТУРА

1. Тугай, А.М. Водоснабжение из подземных источников / Тугай, А.М., Прокопчук, И.Т. Справочник. – Киев.: Урожай, 1990. – 264 с.
2. Ивашечкин, В.В. Диагностика пескования водозаборных скважин / В.В. Ивашечкин, Д.М. Коледюк, Ю.С. Машук, П.П. Иваньков - Наука – образованию, производству, экономике: материалы 9-ой Международ. науч. - практ. конф., Минск, 2011г.: в 2 т. / БНТУ; редкол.: Б.М. Хрусталева [и др.]. – Минск, 2011. – Т. 2., стр. 163.

А.С.Панасюгин, к.х.н., ф-л БНТУ
«Научно-исследовательский политехнический институт»
А.Р. Цыганов, первый проректор БГТУ,
д-р с/х. наук, профессор, академик НАН Беларуси
В.А.Ломоносов, к.х.н., ГО «Научно-практический
центр Национальной академии наук Беларуси по материаловедению
Н. П. Машерова, к.х.н., доцент, Военная академия РБ
С. В. Григорьев, ф-л БНТУ
«Научно-исследовательский политехнический институт»

МОДИФИЦИРОВАНИЕ ИОНООБМЕННОГО КОМПЛЕКСА КЛИНОПТИЛОЛИТА ПРИ СОЗДАНИИ ВЫСОКОСЕЛЕКТИВНЫХ СОРБЕНТОВ К ^{137}Cs

Введение

С началом широкого использования человечеством атомных электростанций возникла необходимость контроля за выделением радиоактивных веществ в окружающую среду. В особенности это относится к надежной диагностике поступления радионуклидов в водные бассейны на ранних стадиях техногенных аварий. Существующее аналитическое оборудование позволяет проводить надежное прямое детектирование типа и количества того или иного радионуклида лишь при его достаточно большом содержании в пробе. К тому же, при наличии малых концентраций радиоизотопов, процесс определения их содержания в водных средах может занимать с учетом всех подготовительных операций достаточно продолжительный промежуток времени. Например, для выявления ^{137}Cs – требуется до трех суток, ^{90}Sr – 10–14 суток, ^{241}Am – от 10 суток и более. В связи с этим, большим спросом пользуются природные неорганические сорбенты, которые селективны к широкому ряду тяжелых элементов, обладают механической, химической и радиационной устойчивостью, и в большинстве случаев менее дорогие при производстве и эксплуатации. Способность клиноптилолита в ионообменных процессах сорбировать ионы уже с успехом используется для выделения радиоактивных изотопов ^{90}Sr и ^{137}Cs из жидких отходов на АЭС. Его также применяют ионов тяжелых металлов (Fe^{3+} , Cr^{3+} , Cu^{2+} , Ni^{2+} , Co^{2+} , $^{+}$ и др.), а также в качестве матрицы для концентрирования и временного хранения радиоактивных веществ [1-3]. Несмотря на такое многообразие применения клиноптилолита, он имеет недостатки, к которым относятся низкая селективность при работе с разбавленными растворами радиоизотопов. Данные обстоятельства создают определенные ограничения для его использования в сорбционных процессах.

Целью работы было получение сорбента на основе модифицированного природного материала (клиноптилолита) путем формирования ионообменного комплекса на его поверхности через создания ионно-ситового слоя посредством структуроформирующих элементов. В качестве исходного сорбционного материала был выбран природный клиноптилолит Сокирницкого месторождения (Украина).

Результаты и их обсуждение

Согласно результатам рентгенофазового анализа исходный образец клиноптилолита представляет собой кристаллический минерал, в котором наряду с основной фазой идентифицировались примесные включения, такие как кварц, и в меньших объемах гематит, монтмориллонит и морденит. Проведенный рентгеноспектральный анализ участков исходного клиноптилолита (рисунок 1) показал наличие целого ряда элементов, которые представлены в таблице. Наличие Fe, Mg, Ca, Cr подтверждает неоднородность минерала.

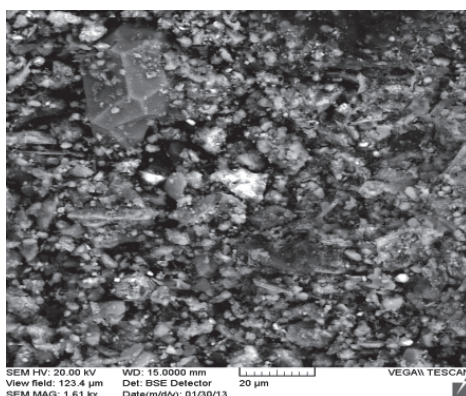


Рисунок 1. Изображение поверхности исходного образца клиноптилолита, полученное в ходе проведения рентгеноспектрального анализа

Таблица

Усредненный элементный состав исходного клиноптилолита

№ Проб	Элементы										
	C	O	Na	Mg	Al	Si	Cl	K	Ca	Cr	Fe
1	15.7	52.7	0.64	2.6	6.5	15.3	0.2	1.0	0.44		5.06
2	9.54	55.9	1.06	0.4	5.7	24.6		1.3	1.17		0.18
3	11.6	55.3	1.23	0.3	5.6	23.5		1.2	1.12		
4	20.6	18.1	1.85		2.4	6.34	0.2	0.4	0.43	5.8	43.7
5	13.3	31.3	0.91	0.2	4.4	14.5		1.8	0.30	3.9	29.4
6	19.5	25.9	4.01		3.3	9.41	0.4	0.6	0.20	4.2	31.7
7	9.68	55.2	1.00	0.4	5.8	25.1		1.2	1.09		0.48
8	6.07	55.3	1.13	0.5	6.5	26.8		1.5	1.35		0.70

Модифицирование клиноптилолита проводилась путем его высокоэнергетического измельчения в планетарно-шаровой мельнице. Установлено, что с увеличением времени механоактивации значение удельной поверхности частиц быстро растет, и после достижения максимума при времени активации 5–7 мин, начинает уменьшаться, выходя на уровень насыщения (рисунок 2).

Результатом такого высокоэнергетического воздействия явилось появление мезо- и микродефектов, отмечается образование разветвленной, фрактальной поверхности частиц клиноптилолита, что хорошо просматривается на СЭМ изображениях (рисунок 3).

Следует отметить, что длительное механическое воздействие на клиноптилолит ведет на первом этапе к значительному росту величины удельной поверхности порошков, однако, в дальнейшем размеры частиц практически не меняются, наблюдается лишь разрушение агломератов. При подобном состоянии системы в приконтактных поверхностных областях твердого тела создается поле напряжений за счет увеличения дефектности кристаллической структуры (вакансий, межузловых атомов, дислокаций, границ зерен и субзерен), что в целом приводит к возрастанию суммарной реакционной способности материала.

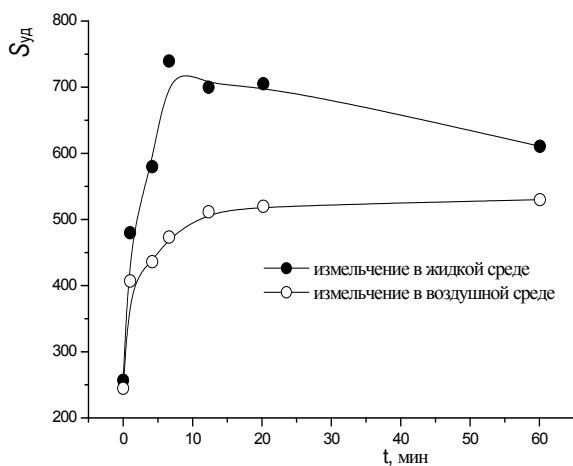


Рисунок 2 Изменения величины удельной поверхности цеолита в зависимости от времени измельчения

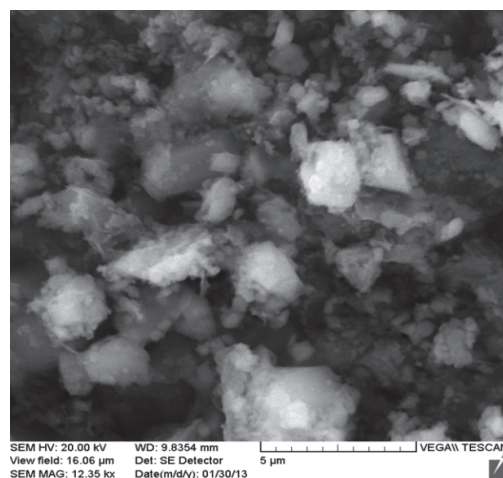


Рисунок 3 Микроструктура образцов клиноптилолита после механохимической обработки

Установлено, что для модифицированного клиноптилолита возрастает ионообменная емкость на 22,3 % по отношению к ионам Li⁺, Na⁺, K⁺, Cs⁺, а также скорость ионного обмена, что, вероятно, связано с увеличением количества активных центров. Это дает возможность закреплять на поверхности матрицы-носителя (клиноптилолита) большее количество «якорных» группировок. В качестве «якорных» группировок

нами были использованы ионы Cu^{2+} . На основе из модифицированного клиноптилолита (Кл-т), так называемая, ”прививка” Cu^{2+} осуществлялась путем его выдержки в растворе хлорида меди с последующим присоединением ферроцианидной группы. Образование ферроцианид-алюмосиликатного сорбента протекало согласно схеме : Кл-т. + $\text{CuCl}_2(\text{p-p}) \rightarrow \text{Cu}^{2+}$ - Кл-т. + $\text{K}_4 [\text{Fe}(\text{CN})_6] \rightarrow \text{Кл-т.} - \text{ферроцианид меди}$. Закрепление функциональных групп у синтезированных сорбентов происходит путем замещения ионообменных катионов клиноптилолита на ионы меди, и последующего присоединения к ним ферроцианид-ионов с образованием на поверхности комплекса: $\{\text{Кл-т.} - \text{Cu}-[\text{Fe}(\text{CN})_6]\}^m \cdot m \text{K}^+$.

На стадии синтеза ферроцианидного комплекса вводили микродобавки позволяющие увеличить селективность образцов за счет формирования межкристаллитных полостей, размер которых идентичен определенным ионам. В качестве структуроформирующих добавки для образования ионоселективного слоя на поверхности клиноптилолита использовали ионы VO^{3+} , являющихся практически полным аналогом гидратированных ионов Cs^+ , которые, кроме того, достаточно легко вымываются из исходной матрицы.

В процессе исследований были получены композитные сорбционные материалы, способные извлекать ^{137}Cs при общей концентрации растворенных солей 3,5 г/л с селективностью $K_d = 1.21 \cdot 10^5 \text{ Ku/dm}^3$.

Заключение

Таким образом, определены минеральный и элементный состав, изучены особенности микроструктуры природного клиноптилолита. Показано, что активация клиноптилолита способствует увеличению количества активных центров, которые дают возможность закреплять на поверхности образцов большее количество «якорных» группировок, в частности, ионов меди, а в дальнейшем путем прививки к ним ферроцианидных групп получать композитные сорбенты. Использование структуроформирующих микродобавок борной кислоты при синтезе таким способом полученных сорбентов способствует повышению селективности извлечения радиоактивных изотопов цезия 137 на фоне общего солесодержания 3,5 г/л до значения $K_d = 1.21 \cdot 10^5 \text{ Ku/dm}^3$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Челищев Н.Ф., Беренштейн Б.Г., Володин В.Ф. Цеолиты – новый тип минерального сырья. – М. Недра, 1987. – 176 с.
2. Faghihian H., Talebi M., Piruozi M. Adsorption of Nitrogen from Natural Gas by Clinoptilolite // J. Iran. Chem. Soc. – 2008. – Vol. 5. – P. 394–399.
3. Панасюгин.А.С., Комаров.В.С., Ратько А.И., и др. Ионообменные свойства клиноптилолита, модифицированного ферроцианидами металлов // Весці АН Беларусі. Сер.хім. навук. 1993. №2. с. 30–34.

УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ. ПРОИЗВОДСТВО ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ И ТРАНСПОРТИРОВКА

Создание системы усовершенствованного управления технологическим процессом водоснабжения.

Традиционные методы управления технологическими процессами, как правило, основанные на PID-регуляторах, в сложных процессах наталкиваются на свои границы.

Большие возможности предоставляют встроенные в систему управления процессами функции усовершенствованного управления процессами (Advanced Process Control, APC), которые математически описывают сложные взаимосвязи параметров процесса.

Это направление объединяет целый ряд методов и алгоритмов, таких как построение моделей, прогнозирующее управление, моделирование пространства состояний и т. п.

Система расширенного управления технологическим процессом решает, по сути, две задачи:

- за короткое время вычислить оптимальный режим для технологического процесса;
- удерживать технологический процесс в рамках оптимального режима, оперативно предупреждая и устраняя отклонения от него.

Система расширенного управления технологическим процессом позволяет:

- уменьшить нежелательные колебания параметров процесса;
- сократить расход сырья и потребление энергии;
- повысить производительность и качество продукции;
- уменьшить нагрузки на управляющий персонал.

В качестве инструментальных пакетов программирования системы усовершенствованного управления технологическим процессом водоснабжения используются пакеты программного обеспечения, разработанные ведущими производителями программного обеспечения для автоматизации технологических процессов.

Основное назначение и решаемые задачи

Пакеты программного обеспечения системы усовершенствованного управления является интеллектуальной надстройкой над оперативными и историческими базами производственных данных. Его ключевое на-

значение – использование исторических данных для получения информации о протекании технологических процессов, а также для построения функциональных связей и генерации статистических моделей зависимости целевых показателей эффективности (KPI) процессов от параметров технологического режима работы. На основе построенных моделей данный продукт позволяет проводить симуляции различных режимов работы объектов, не экспериментируя при этом на реальном оборудовании. Помимо этого, предоставляется возможность решения широкого класса задач по усовершенствованию технологических процессов:

- диагностика и поиск причин отклонений параметров процесса от желаемых значений,
- задачи мониторинга состояния оборудования,
- построения виртуальных датчиков,
- задачи стабилизации и оптимизации целевых показателей эффективности.

В качестве результатов формируются решения, от off-line синтеза управляющих воздействий с созданием активных правил и рекомендаций по коррекции работы процесса, до on-line реализации в виде советчика оператора по оптимальному ведению технологического режима.

Пакеты программного обеспечения системы усовершенствованного управления поддерживают интеграцию со следующими источниками данных:

- базы данных Microsoft Access, MySQL, SQL Server, Oracle;
- архивы OSI-Soft PI, Proficy Historian, Wonderware;
- АСУ ТП через OPC интерфейс;
- различные текстовые данные и пользовательские форматы .NET

Для обработки и подготовки статистики для моделирования в пакете проводится корреляционный анализ данных, использующийся как для выбора декоррелированных входных параметров модели и определения ключевых факторов, влияющих на KPI, так и для нахождения временных запаздываний KPI от входов модели. Заложена также возможность проведения частотного анализа данных для определения цикличности различных показателей.

Построение моделей реализовано с помощью современных методов машинного обучения. Причем возможно строить многомерные модели различной степени сложности: как линейные, так и нелинейные. Для построения нелинейных зависимостей используется аппарат искусственных нейронных сетей. Имеется возможность программировать свои модели или добавлять функции, сделанные в других приложениях. Имеется возможность решения оптимизационных задач с простыми линейными ограничениями интервального типа.

Работа в пакетах программного обеспечения системы усовершенствованного управления состоит из ряда интуитивно понятных шагов:

- импорт данных: помимо интеграции с различными источниками, имеется и интерфейс для объединения баз данных;

- визуализация и подготовка данных:

- тренды;

- гистограммы;

- диаграммы рассеяния;

- статистические характеристики;

- выделение рабочих или ложных областей;

- корреляционный и частотный анализ, определение временных задержек;

- построение моделей:

- нелинейные модели;

- модели правил, четкой и нечеткой логики.

- анализ результатов моделирования, определение причин отклонений, просмотр сценариев «что-если» и структуры зависимостей «вход-выход»;

- off-line оптимизация для оценки потенциала возможных улучшений процесса;

- на основе предыдущих шагов построение off-line решений в виде активных правил и рекомендаций по управлению процессом.

Пакеты программного обеспечения системы усовершенствованного управления обеспечивают проведение симуляций и построение on-line решений. Помимо этого, в них содержится инструментарий для многокомпонентного моделирования и оптимизации в режиме реального времени. Имеются возможности для программирования собственных моделей и объектов, а также интеграции объектов, созданных во внешней среде.

Пакеты программного обеспечения системы усовершенствованного управления предоставляют сервис web-отчетов для наглядного представления различной аналитической информации.

Методология создания системы управления производством питьевой воды на примере Волковской водопроводной станции в Санкт-Петербурге.

Сырьем для производства воды питьевого качества на Волковской водопроводной станции является вода, забираемая из поверхностного источника р. Невы.

Природная вода является сложной системой, содержащей органические и неорганические вещества, а также тонко диспергированные компоненты. Кроме того, качество природной воды может меняться в

зависимости от времени года, химического и дисперсионного состава, антропогенной и техногенной нагрузки на водоисточник.

Технологический процесс производства питьевой воды на Волковской водопроводной станции включает этапы:

- двухступенчатое обеззараживание воды
- осветление
- обесцвечивание
- сорбцию (периодически, по регламенту).

Процессы реализуются на водопроводных сооружениях одноступенной схемы (контактные осветлители). Эффективность процессов обеспечивает применение химических реагентов: сернокислого алюминия и катионного полиакриламида (коагулянт и флокулянт соответственно), сульфата аммония и гипохлорита натрия.

Параметры управления производственным процессом:

1. гидравлический режим работы водопроводных сооружений
2. режим реагентной обработки
3. режим промывки фильтровальных сооружений.

Нормы расхода химических реагентов устанавливаются с учетом обеспечения производства питьевой воды гарантированного качества, регламентируемого требованиями СанПиН.

Удельная норма расхода химических реагентов устанавливается с учетом качественных характеристик исходного сырья

- для каждого реагента на единицу продукции 1 тыс. м³.
- для каждой технологической схемы производства питьевой воды

На водопроводных станциях ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» дозирование химических реагентов осуществляется в автоматическом режиме пропорционально расходу обрабатываемой воды (основной контур дозирования). Решение о выборе дозы активного вещества принимает технологический персонал на основании технологических режимных карт. На каждой водопроводной станции функционирует автоматизированная система контроля качества воды по этапам водоподготовки, что является аппаратной основой для создания второго контура управления дозирующими системами реагентной обработки.

Основой создания системы управления является построение математической модели. Существует взаимосвязь между изменениями факторов внешнего воздействия, коими в данном случае являются значимые на тот или иной технологический процесс качественные характеристики обрабатываемой воды с учетом особенностей технологической схемы каждого объекта и выбором оптимальных параметров реагентной обработки.

Таким образом, тип модели - причинно-следственный.

Транспортировка

При транспортировке питьевой воды по системам коммунального водоснабжения г. Санкт-Петербурга вследствие коррозии трубопроводов существует риск изменения качества питьевой воды по показателям «мутность» и «общее железо».

Риск изменения качества питьевой воды значительно возрастает при резком увеличении скорости движения воды, в особенности при изменении направления движения. Изменение режима водоснабжения может быть обусловлено:

1. режимом работы насосных агрегатов, как на водопроводной станции так и на повысительных насосных станциях
2. авариями на участках распределительной сети
3. нарушениями при проведении регламентных работ

Для контроля качества питьевой воды зоны водоснабжения оснащены приборами онлайн контроля. Приборный парк в основном представлен анализаторами мутности. «Мутность» является интегральным показателем как качества работы водопроводной станции, так и состояния систем транспортировки. При этом следует учитывать, что при формировании алгоритма управления учитываются те значения показателя, которые считаются критичными именно для конкретно зоны, где установлены анализаторы.

Кроме приборов контроля качества питьевой воды в наличии имеются приборы контроля расхода и давления. Существует высокая вероятность, что при значительном изменении расхода воды и давлением качество питьевой воды изменится в сторону ухудшения. Однако следует помнить, что прогнозировать ухудшение качества воды по значению расхода и давления можно только по тем приборам, которые установлены непосредственно в зоне влияния. Поэтому при создании системы управления качеством услуги прежде всего определяются зоны взаимного влияния в направлении от водопроводной станции по ходу движения воды.

Алгоритм формирования аварийных сигналов. При регистрации критичного параметра на приборе онлайн система проверяет в зоне влияния

1. показатели качества на выходе с водопроводной станции
2. результаты приборных измерений давления и расхода
3. выполнение регламентных работ
4. наличие аварийных ситуаций
5. режим работы насосных агрегатов на насосных станциях

На основании анализа ситуации система выдает рекомендации оперативному персоналу.

Количество приборов контроля расхода и давления значительно превышает приборный парк приборов контроля качества питьевой воды. Поэтому большее внимание следует уделить созданию системы контроля и прогноза изменению качества услуги водоснабжения, выстраивая алгоритмы на основании показаний расходомеров и датчиков давления. Аналогично показателю «мутность» для каждого технологического места установки расходомера и манометра определяются критичные параметры. При заданном критичном отклонении от нормы система должна выдавать аварийные сигналы оператору о возможных зонах ухудшения всех трех параметров услуги.

На основании вышесказанного объекты Водоканала Санкт-Петербурга имеют инструментальную базу для создания системы усовершенствованного управления услугой на основе искусственного интеллекта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Технологический регламент производства питьевой воды на Волковской водопроводной станции. ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» 2015 г.
2. Методология нормирования химических реагентов. ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» 2013 г.
3. Программа разработки и внедрения пилотного проекта «Автоматизированная система управления качеством воды на водопроводных станциях ГУП "Водоканал Санкт-Петербурга". ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» 2016 г.

АНАЛИЗ КЛЮЧЕВЫХ ПРОБЛЕМ СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДА ДУШАНБЕ

Централизованное водоснабжение г. Душанбе начато в 1932 г. и первоначальная мощность водозаборного(очистного) сооружения составляла 16000 м³/сут. Так как после земляных отстойников вода подавалась в другие сооружения при помощи насосов, находящихся в здании насосной станции второго подъема, станция называлась Напорная. Источником водоснабжения служит река Варзоб.

Водоснабжение города Душанбе осуществляется от четырех водозаборов с общей мощностью 557,000 м³/сутки, из которых два поверхностных имеют мощность 212 000 м³/сутки.

Увеличение потребностей жителей города в воде послужило основанием для строительства другой станции, так называемой - Самоточной, которая была введена в эксплуатацию в 1957 году.

В 1972 году был сдан в эксплуатацию подземный водозабор, находящийся в Юго-Восточной части города в пойме р. Кафарниган – “Каферниганская насосная станция” (КНС), которая состоит из 64 скважин, а в 1977 была построена водозаборная станция в Юго-Западной части города, которая называется «Юго-Западный Водозабор» состоящая из 28 скважин.

Нынешние услуги в области водоснабжения ухудшены в результате высоких физических и коммерческих потерь воды из-за изношенной инфраструктуры, неполной и неточной регистрации абонентов, а также неадекватной практики выставления счетов и сбора.

После проведения обширных встреч с ключевыми сотрудниками “Душанбеводоканал” (ДВК) и посещения объектов была собрана информация о состоянии системы водоснабжения и сделаны выводы по основным проблемам системы водоснабжения г. Душанбе, которыми являются:

- перегруженная сеть распространения утечки, приводящая к высокой скорости физических потерь;
- низкое количество зарегистрированных абонентов, очевидные убытки;
- низкий уровень сбора;
- отсутствие надлежащего «распределения зонирования», управления водными ресурсами, управления хранением и т. д.;
- отсутствие надлежащего измерения воды на стадии производства;

- точечная застройка старых кварталов высотными зданиями;
- отсутствие зон санитарной защиты для источников подземных вод.

В г. Душанбе проживает около 0,8 миллиона жителей. Согласно генеральному плану города, Душанбе достигнет около 1 миллиона человек в течение следующих 20 лет. На данный момент ДВК имеет около 188 000 зарегистрированных абонентов, что соответствует примерно 560 000 человек. Около 50% зарегистрированных абонентов имеют счетчики воды, а остальные выставляются по нормам водопотребления. Кроме того, значительное количество воды поставляется не зарегистрированным абонентам, которым вообще не выставляются счета.

Таблица 1

Входящий объем системы 160 млн. м ³ / год (100%)	Санкционированное потребление 59 млн. м ³ / год (37%)	Начисленное санкционированное потребление 58 млн м ³ / год (36%)	Измеренное начисленное потребление 20 млн. м ³ / год (16%)	Доходное водоснабжение 58 млн. м ³ / год (36%)		
			Неизмеренное начисленное потребление 38 млн. м ³ / год (20%)			
		Неначисленное санкционированное потребление 0,8 млн. м ³ / год (0,05%)	Неначисленное измеренное потребление, м ³ / год (0,0%)			
			Неначисленное неизмеренное потребление 0,8 млн. м ³ / год (0,05%)			
	Потери воды 101 млн. м ³ / год (63%)	Очевидные потери 55 млн. м ³ / год (34%)		Несанкционированное потребление 35 млн. м ³ / год (22%)	Недоходное водоснабжение 102 млн. м ³ / год (64%)	
				Неточности измерения 20 млн. м ³ / год (13%)		
		Действительные потери 46 млн. м ³ / год (29%)		Утечка на водоводе и в распределительной сети 15 млн. м ³ / год (9%)		
				Утечки и переливы в резервуарах 1,5 млн. м ³ / год (менее 1%)		
		Утечки на сервисных подключениях до точки измерения потребителя 30 млн. м ³ / год (19%)				

В современных условиях реконструкции старых сформированных кварталов с привязкой высотных зданий в кварталах с меньшей этажностью старой застройкой, уплотненной точечной застройки требуется грамотно отнестись и к реконструкции сопровождающих их сетей.

В проекты реконструкции старых кварталов должны закладываться затраты на работы по проверке пропускной способности существующих сетей, обследование их на предмет целостности, изношенности, изменения гидравлических характеристик и возможности их восстановления.

В приведенной ниже таблице 1 указан баланс воды в соответствии со стандартом Международной водной ассоциации (IWA) на основе данных, предоставленным ДВК.

Общий объем недоходной воды составляет около 64%, тогда как отсутствие зарегистрированных потребителей имеет существенный вклад в потери воды (очевидные потери).

Сокращение недоходной воды является основной задачей для решения проблемы перебоев в подаче воды потребителям. Это может быть достигнуто только за счет сокращения как физических, так и коммерческих потерь. В рамках предстоящих проектов изношенная водопроводная сеть требует поэтапной замены, тогда как параллельно - потребители должны быть зарегистрированы, потребление должно быть измерено, а все абоненты должны систематически оплачивать за потребленную воду.

В таблице 2 дается обзор существующей проектной мощности и фактических производственных показателей. Потенциал различных источников соответствует либо максимальному устойчиво-используемому объему грунтовых вод, либо планируемой мощности очистных сооружений.

Таблица 2

Источник	Производство воды в м ³ /год		
	По проекту	фактический	потенциальный
Каферниганская станция I	65 700 000	47 926 430	99 645 000
Каферниганская станция II	43 800 000	0	141 985 000
Юго – Западный водозабор	60 225 000	38 260 900	151 840 000
Промежуточный итог подземных вод	169 725 000	86 187 330	393 470 000
Самотечная станция	55 480 000	58 992 165	110 960 000
Напорная станция	21 900 000	14 998 483	22 630 000
Промежуточный итог поверхностных вод	77 380 000	73 990 648	133 590 000
Итого	247 105 000	160 177 978	527 060 000
Спрос на воду 2017 года с 64% недоходной воды		160 000 000	
Спрос на воду 2037 с 30% недоходной воды - 1,1 миллиона человек			140 000 000

По данным двух таблиц можно резюмировать следующее:

- текущая производственная мощность 160 млн. м³ в год состоит из санкционированных потребителей 58 млн. м³ плюс 64% недоходной воды, что составляет примерно 102 млн. м³ в год.

- предполагая, что общий объем недоходной воды может быть уменьшен до 50%, необходимое производство составит около 120 миллионов м³ в год.

- для будущего (примерно при численности населения в 1,1 миллиона чел. в 2037 году) потребуется ежегодное производство в размере 140 миллионов м³, что предусматривает нормы ежедневного внутреннего потребления около 200 л на душу населения и дополнительно 30% недоходной воды, и около 20% для бюджетных и хозрасчётных предприятий.

ЛИТЕРАТУРА

1. GWCC-General Water Consult Corp. // Оценка потребления и прогноз спроса на воду до 2020 года. -Заключительный отчёт, 178 стр.

2. SETEC Engineering//Технико-экономическая оценка проекта «Водоснабжение и санитария. – г. Душанбе: Заключительный отчёт, 307 стр.

ВЛИЯНИЕ ДОЗЫ БЕНТОНИТА НА СОРБЦИОННОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ Pb^{2+} и Cd^{2+}

Свинец – рассеянный элемент, содержащийся во всех компонентах окружающей среды: в горных породах, почвах, природных водах, атмосфере, живых организмах. В организм человека свинец попадает как с пищей и водой, так и из воздуха. Свинец может выводиться из организма, однако малая скорость выведения может приводить к накоплению в костях, печени и почках [1, 2].

Кадмий является относительно редким и рассеянным элементом, в природе концентрируется в минералах цинка. Поступает в природные воды в результате смыва почв, выветривания полиметаллических и медных руд, и со сточными водами рудообогатительных, металлургических и химических производств. При накоплении организмом соединений кадмия поражается нервная система, нарушается фосфорно-кальциевый обмен. Хроническое отравление приводит к анемии и разрушению костей [1,2].

Сорбция – один из наиболее доступных и в то же время эффективных методов извлечения тяжелых металлов из воды. Глинистые минералы (бентонитовые, сапонитовые глины) – одни из самых дешевых сорбционных материалов [3].

В настоящем исследовании как сорбенты были использованы бентонитовые глины украинского происхождения (Черкасская обл.). Дозировка сорбента – 0,1; 0,5; 1; 2; 5 г на 100 см³ раствора. Модельные растворы были приготовлены на основе следующих реактивов: порошкообразные соли $PbCl_2$ и $CdCl_2$ квалификации х. ч. Концентрации модельных растворов – 100 мг/дм³. Исходные и конечные концентрации тяжелых металлов были определены с помощью стандартных фотометрических методик.

На рисунке 1 представлены зависимости степени сорбционного удаления Pb^{2+} и Cd^{2+} от дозы сорбента.

Как видно из рисунка 1, максимальная степень извлечения Pb^{2+} сорбентом на основе бентонитовых глин составляет 97 %, Cd^{2+} – 73 %. В случае Pb^{2+} рациональная доза бентонита – 1 г на 100 см³ раствора, Cd^{2+} – 2 г на 100 см³ раствора. Время достижения равновесия составляет

30 минут. Таким образом, сорбенты на основе бентонитовых глин удаляют ионы свинца более эффективно и при меньшей дозе сорбента, чем ионы кадмия. Мы считаем, что такой характер зависимостей может быть связан с атомным радиусом. Свинец обладает большим атомным радиусом и, следовательно, легче отдает электроны на внешних оболочках для образования связей с активными центрами на поверхности бентонитов.

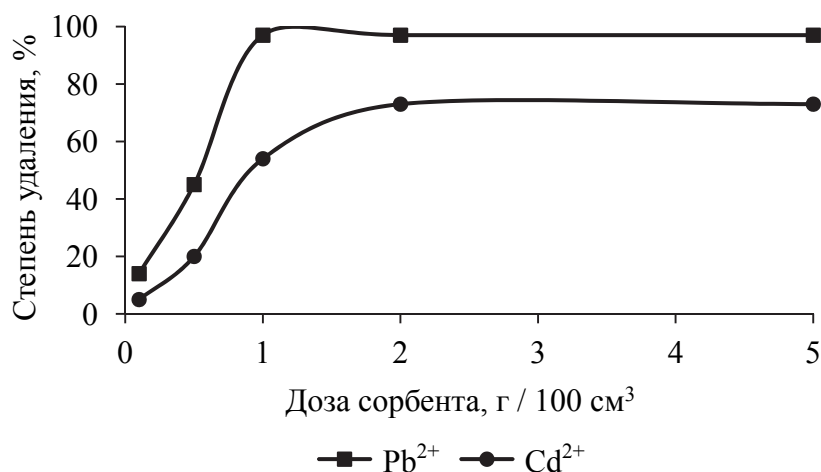


Рисунок 1. Зависимости степени сорбционного удаления Pb²⁺ и Cd²⁺ от дозы сорбента

ЛИТЕРАТУРА

1. Вяйзенен Г.Н. Ускорение выведения тяжелых металлов из организма животных / Г.Н. Вяйзенен, В.А. Савин, В.А. Гуляев и др. // Великий Новгород, 1997. – 301 с.
2. Авцын А.П. Микроэлементозы человека / А.П. Авцын, А.А. Жаворонков, М.А. Риш и др. // М.: Медицина. 1991. – 496 с.
3. Залезняк П. Н., Овчаренко Ф. Д., Иванов В. О., Кирсанов Н. В., Сунчалеева С. С., Андреева Е. Г. // Бентониты. М.: Наука, 1980. – 197 с.

Н.И. Шепелевич, канд.техн.наук, доцент,
РУП «Институт БелНИИС», г. Минск, Республика Беларусь
А.С. Пузан, магистр технических наук,
РУП «Институт БелНИИС», г. Минск Республика Беларусь
В.П. Сухомлинов, ПО «Стеклокомпозит»,
г. Рязань, Российская Федерация

ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ТРУБЫ «FLOWTECH™» ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА НАПОРНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ МЕТОДОМ МИКРОТОННЕЛИРОВАНИЯ

В последние годы для прокладки подземных трубопроводов в условиях плотной городской застройки применяется метод микротоннелирования, основанный на проталкивании за проходческим комплексом звеньев труб, как правило, железобетонных [1]. Данную технологию применяют и при прокладке напорных трубопроводов. При этом сам напорный трубопровод устраивают внутри созданного тоннеля, что требует дополнительных материальных и трудовых затрат и приводит к существенному повышению стоимости строительства.

РУП «Институт БелНИИС» совместно с ПО «Стеклокомпозит» разработано новое конструктивное решение железобетонно-стеклокомпозитной напорной трубы, предназначенной для прокладки трубопроводов методом микротоннелирования. Труба сформирована из двух слоев: внутренний слой – труба-вкладыш из стеклокомпозита, обеспечивающая водонепроницаемость трубопровода и его стыковых соединений и наружный слой – железобетонная обойма, воспринимающая внешние нагрузки, в т.ч. внутреннее давление в трубопроводе, а так же усилие продавливания при проходке тоннеля.

Следует указать, что железобетонная труба-обойма армирована сварным цилиндрическим каркасом и для изготовления таких труб могут быть использованы технологии, применяемые при производстве железобетонных безнапорных труб. Классические же железобетонные напорные трубы изготавливались предварительно напряженными с использованием достаточно сложных технологий (например, методом виброгидропрессования [2]) и сейчас практически не производятся.

Разработаны рабочие чертежи труб и технические условия на их изготовление. Изготовлены опытные образцы труб диаметром 800 мм и 2000 мм класса PN 10 (на рабочее давление 1,0 МПа) и произведены их испытания внутренним гидростатическим давлением и трехлинейной нагрузкой. Трубы изготовлены по технологиям, применяемым для

производства железобетонных безнапорных труб: труба диаметром 800 мм – методом вибропрессования, а труба диаметром 2000 мм – по литьевой технологии.

Стеклокомпозитную трубу-вкладыш одевают на сердечник формы и после укладки бетона она формирует внутреннюю полость трубы. При этом толщина вкладыша составляет соответственно 8 мм и 16 мм, что существенно меньше чем у напорных труб из стеклокомпозита. На рисунке 1 представлен внешний вид опытных образцов труб.



Рисунок 1. Внешний вид опытных образцов труб

Произведены испытания опытных образцов труб диаметром 800 мм внутренним гидростатическим давлением (см. фото на рисунке 2). Испытания показали, что первые трещины на бетонной поверхности трубы образовались при давлении 2,0 МПа. При давлении 2,55 МПа ширина раскрытия трещин на составляла от 0,1-0,15 мм.



Рисунок 2. Испытание труб гидростатическим давлением

Трехлинейной нагрузкой были испытаны два опытных образца трубы: №1 – подвергнутый испытанию гидростатическим давлением и №2 – образец с ненарушенной структурой бетона. В образце №1 первые трещины с шириной раскрытия 0,05–0,1 мм образовались на наружной боковой поверхности при нагрузке $P = 170$ кН/м, причем это были трещины образовавшиеся при испытании трубы внутренним гидростатическим давлением. При нагрузке $P = 290$ кН/м ширина раскрытия данных трещин составляла 0,15–0,25 мм. Внешний вид испытаний и характер образования трещин на боковой поверхности трубы представлен на рисунке 3.



Рисунок 3. Испытание трубы трехлинейной нагрузкой

В образце № 2 трещины (шириной до 0,05 мм) образовались на боковой поверхности при нагрузке $P = 210$ кН/м. При $P=320$ кН/м образовалась трещина в шельге трубы. Истощение несущей способности образца произошло при нагрузке $P = 450$ кН/м. Причем образовалась «новая» наклонная трещина в шельге трубы, которая и привела к истощению несущей способности (см. фото на рисунке 4).

Следует указать, что в обоих образцах (при нагружении) трещины в стеклокомпозитном сердечнике отсутствовали, а после снятия нагрузки, трещины в образце №1 практически закрылись. Остаточная ширина раскрытия трещин на бетонной поверхности образца №1 не превышала 0,05 мм.

Таким образом, испытания показали, что прочностные характеристики опытных образцов железобетонных напорных труб марки «FLOWTECH™» соответствуют регламентированным в рабочих чер-

тежах и технических условиях и данный вид труб рекомендован к апробации в условиях опытного строительства.



Рис.4. Внешний вид наклонной трещины в шельге

Следует так же указать, что трубы данной конструкции могут использоваться и при строительстве классических напорных трубопроводов, укладываемых в траншею. Жесткость железобетонной обоймы обеспечивает устойчивость структурную трубопровода в продольном и поперечном направлениях и применение данных труб, например, в сложных инженерно-геологических условиях вполне оправдано.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шепелевич Н.И., Коноплицкий А.Л. Опыт конструирования и применения железобетонных труб диаметром 2400 мм для микротоннелирования// Строительная наука и техника. – 2010, № 1. – С. 40-43.
2. Попов А.Н., Ционский А.Л., Хрипунов В.А. Производство железобетонных напорных виброгидропрессованных труб. – М., Стройиздат, 1979. – 258 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ВОДОРАСТВОРИМЫХ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ В ПОДЗЕМНЫХ И ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДАХ

Гуминовые вещества (ГВ) наиболее распространенные природные органические соединения на Земле. Исходя из химического строения, ГВ относятся к амфолитам с преобладанием катионообменных функциональных групп. В своей структуре они содержат как гидрофильные так и липофильные фрагменты. Гидрофильные группы представлены кислородсодержащими (карбоксильными, гидроксильными и др.), азотсодержащими (аминогруппы, азо-, диазо- и др.) и другими функциональными группами [1]. Общепринято классифицировать ГВ по их растворимости в кислых и щелочных водных средах на гумин – соединения нерастворимые ни в щелочной ни в кислой средах, гуминовые кислоты (ГК) – соединения растворимые в щелочной и кислой среде до рН 2 (по другим источникам до 1), и фульвокислоты (ФК) – соединения растворимые во всем диапазоне рН [2]. При рассмотрении водорастворимых ГВ (ВГВ) будем понимать ту часть ГК, которая растворима в диапазоне рН от 2 до 5,5, а также ФК. Большое разнообразие функциональных групп, наличие значительной дисперсии по константам диссоциации функциональных групп, молекулярным массам и другим факторам не позволяют разработать универсального, эффективного, экспрессного метода определения ВГВ в природных водах. Концентрация ВГВ в природных водах варьируется в широких пределах и может составлять от нескольких миллиграмм до граммов на литр [3].

При миграции через линзы каустобиолитов, подземные воды насыщаются ВГВ, высокая лабильность которых вызывает сложности, как с их количественным определением в водной среде, так и их удалением из воды.

Целью работы является сравнение наиболее распространённых и перспективных методов анализа содержания ВГВ в подземных водах.

Все методы определения содержания ВГВ можно разделить на разрушающие и неразрушающие. Все разрушающие методы основаны на использовании окислителей с последующим детектированием либо продуктов деструкции, либо остатков окислителя.

Наиболее известным из разрушающих методов является метод определения ХПК [4]. Сущность метода заключается в обработке пробы воды бихроматом калия в кислой среде при заданной температуре в присутствии катализатора. Однако данная группа методов, как правило, не позволяет определить точные концентрации ВГВ вследствие неспецифического окисления ВГВ.

Неразрушающие методы основаны на концентрировании ВГВ до количеств, позволяющих их устойчиво идентифицировать. Для концентрирования ВГВ рекомендуется использовать анионообменный материал: диэтиламиноэтилцеллюлозу (ДЭАЭЦ) [3].

В качестве эталонных образцов в работе использованы ВГВ выделенные из поверхностных вод ненарушенного верхового болота «Туршевка-Чертово» и подземных вод. Выделение ВГВ осуществляли постадийно. На первом этапе удаляли взвешенные вещества фильтрованием, после чего ВГВ концентрировали вымораживанием с формированием однонаправленного фронта фазовых переходов «жидкость – лед». Полученный концентрат упаривали на роторном испарителе при 60°C, и досушивали в сушильном шкафу при температуре 50 °С. Подготовку ДЭАЭЦ осуществляли путем перевода его в ОН-форму по методу [3].

ИК-спектры образцов регистрировали на автоматизированном комплексе на основе спектрофотометра Spеcord M-80 и ПЭВМ IBM в диапазоне от 4000 до 400 см⁻¹. Образцы для исследования готовили по стандартной методике запрессовки с KBr. Концентрация анализируемого вещества в таблетке составляла 0,5-1,5 %.

Спектры ЭПР регистрировали на радиоспектрометре РЭ-1301, снабженном источником повышенной СВЧ-мощности (50 мВт), в атмосфере воздуха при комнатной температуре. Сигналы органических парамагнитных центров записывали при низком и высоком уровнях СВЧ-мощности: 0,1 и 50 мВт соответственно. Ширину и значение g-фактора определяли по компонентам сверхтонкой структуры иона Mn²⁺. В качестве эталона концентрации ПМЦ использован образец витринита.

Содержание ВГВ в растворах определяли с использованием колориметрического метода, при длине волны 440 нм в кювете с длиной оптического пути 10 мм.

Общее содержание ВГВ в воде, а также интервал отбора проб представлен в таблице 1.

Экспериментально установлено, что ВГВ образуют устойчивые соединения с матрицей анионообменного материала по фронту фильтрации не более 5 см от поверхности ДЭАЭЦ. Образующийся при

этом фронт является стабильным, а последующее элюирование дистиллированной водой не приводит к перемещению (разрыву) фронта в колонке. Согласно [3] регенерацию ДЭАЭЦ рекомендуют проводить с использованием последовательной обработки 0,5 н NaOH → H₂SO₄ → NaOH. Установлено, что данный способ позволяет удалить более 92 % от количества сорбированных ионообменным материалом ВГВ. При исследовании ВГВ подземных вод, данная цифра составляет около 80 % и существенно зависит от глубины отбора вод.

Таблица 1

Глубина отбора образцов воды и общее содержание в них ВГВ

№ образца	Глубина отбора проб	Концентрация ВГВ, мг/л
1	191,2–202,0 м	32,1
2	220,0–230,0	30,6
3	250–262 м	29,8
4	поверхностные воды	97,7

На рисунке представлены данные ИК- спектроскопии образцов комплекса ВГВ с анионитом обработанных разными способами.

Из полученных данных видно, что при обработке комплекса 0,5 н H₂SO₄ (кривая 2) на спектре появляется пик с максимумом при 1720 см⁻¹. Данный максимум обусловлен валентными колебаниями связи С=О кислот; плечо на 1770 см⁻¹. Отсутствие этого сигнала на других спектрах свидетельствует о присутствии в комплексе карбоксильных групп в виде карбоксилат-ионов. Таким образом, метод последовательной обработки позволяет разделить компоненты ВГВ, связанные с катионами железа, и свободные от них, однако не обеспечивает полного извлечения ВГВ, т. к. часть их прочно связана с анионообменным материалом, что не позволяет разрушить комплекс с выделением ВГВ. Из рисунка также следует, что ИК-спектроскопия не позволяет устойчиво идентифицировать ВГВ в комплексе ВГВ-ДЭАЭЦ, т.е. метод не может быть использован для количественного определения ВГВ при анализе их в комплексе с ДЭАЭЦ. Метод позволяет лишь качественно идентифицировать наличие ВГВ в структуре комплекса при его обработке кислотой. Изучение комплексов ДЭАЭЦ с ФК, выделенными из поверхностных и подземных вод показало, что ФК подземных вод содержат в своем составе меньше алифатических фрагментов, по сравнению с ФК поверхностных вод. Аналогичная закономерность прослеживается и для водорастворимых ГК. Данный факт связан с разным метаморфизмом каустобиолитов.

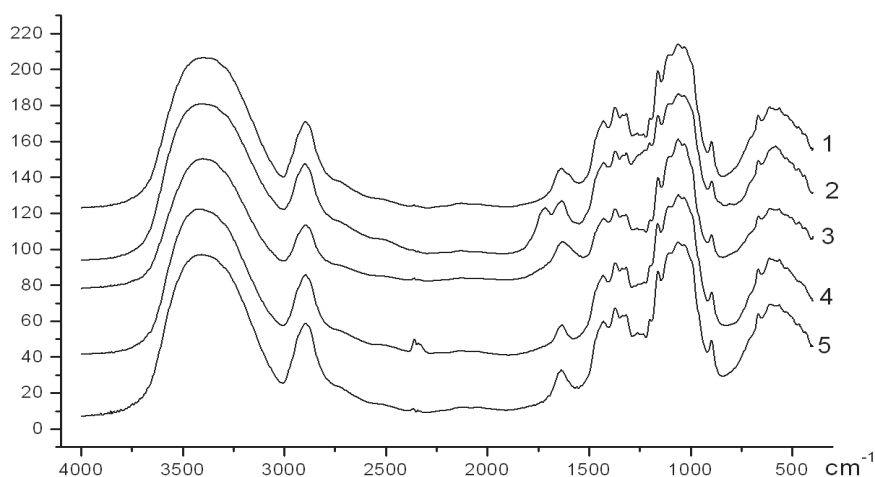


Рисунок. ИК-спектры комплекса ВГВ с ДЭАЭЦ, обработанного разными способами:

- 1 – комплекс, обработанный 0,5 н NaOH;
 2 – комплекс, обработанный 0,5 н H₂SO₄; 3 – комплекс без обработки;
 4 – ДЭАЭЦ обработанная 0,5 н H₂SO₄; 5 – ДЭАЭЦ обработанная 0,5 н NaOH.

Высокая чувствительность метода ЭПР, а также «прозрачность» ДЭАЭЦ создала предпосылки идентификации ВГВ с последующим количественным определением данных соединений. ЭПР-сигнал для эталонных ВГВ имеет следующие параметры: $\Delta H_{0,1 \text{ мВТ}} = 7,0 \text{ Гс}$; $\Delta H_{50 \text{ мВТ}} = 7,4 \text{ Гс}$; $g_{0,1 \text{ мВТ}} = 2,0031$; $g_{10 \text{ мВТ}} = 2,0034$; $A/A_0 = 1,4$. Данные характеристики не свойственны для ГВ торфа. В образцах комплекса ЭПР-сигнал не регистрировался, что может означать отсутствие больших систем полисопряжения как для ФК выделенных из поверхностных, так и из подземных вод. Следует отметить, что полученные данные несколько расходятся с данными о структурных особенностях ФК приведенных в ряде работ [1, 2], в которых указывается, что ФК, в отличие от ГК, обладают более конденсированной структурой. Можно констатировать, что применение ЭПР-спектроскопии не может быть использовано как для целей качественной идентификации, так и количественного определения содержания ВГВ в комплексе с ДЭАЭЦ.

Высокая реакционная способность ВГВ приводит к присутствию в них различных катионов. Метод [3] позволяет не только определять содержание ВГВ, а также дифференцировать эти компоненты на свободные и связанные ВГВ, но и определять содержание в них катионов Fe³⁺. Содержание свободных, связанных ВГВ, а также связанного железа представлено в таблице 2

Следует отметить, что качественная реакция с роданидом калия на ионы железа в исходных пробах дала отрицательный результат, а это однозначно свидетельствует о высокой степени комплексообразования

катионов железа с ВГВ. Полученные результаты позволяют сделать вывод, что увеличение глубины отбора проб воды, ведет к росту содержания в них катионов железа.

Таблица 2

Формы нахождения ВГВ в воде

№ образца	Содержание ВГВ, мг/л		Концентрация связанного Fe^{3+} , мг/л
	свободных	связанных	
1	30,0	2,1	0,31
2	26,3	4,5	0,39
3	16,8	13,0	0,52
4	96,4	1,3	0,12

Метод, описанный в [3], не позволяет разделить с последующим дифференциальным определением ФК и водорастворимых ГК. Также для точного определения ВГВ и их компонентов требуются эталонные образцы, выделенные из того же объекта, что и исследуемые. Данный процесс является трудоемким, а методика, изложенная в [3], в некоторых случаях непригодна. В частности метод не пригоден для высокоминерализованных подземных вод, из которых сложно извлечь эталонные ВГВ.

Таким образом, рассмотренные методы не позволяют препаративно выделить ВГВ с последующим их разделением на ФК и водорастворимые ГК. Более информативными являются неdestructивные методы анализа. Наиболее пригодным для целей количественного анализа является метод описанный в [3]. Данный метод позволяет, как определить содержание ВГВ, так и связанных катионов Fe. Однако данный метод требует доработки в плане подбора как новых анионообменных материалов, снижающих необратимое связывание ВГВ, так и способа извлечения эталонных образцов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горовая, А.И. Гуминовые вещества. Строение, функции, механизм действия, протекторные свойства, экологическая роль / А.И. Горовая, Д.С. Орлов, О.В. Щербенко; под ред. И.И. Лиштвана. Киев: Наукова думка, 1995.
2. Попов, А.И. Гуминовые вещества: свойства, строение, образование / А.И. Попов. СПб.: Изд-во С.-Петербур. гос. ун-та., 2004.
3. Кирюхин В.К. Определение органических веществ в подземных водах / В.К. Кирюхин, С.Г. Мелькановицкая, В.М. Швец. – Москва: Недра, 1976. – 189 с.
4. ГОСТ 31859-2012 «Вода. Метод определения химического потребления кислорода».

СЕКЦИЯ «ВОДООТВЕДЕНИЕ»

К.В. Антонов, зам. начальника –
начальник ПТО производства «Минскочиствод»
УП «Минскводоканал», г. Минск, Республика Беларусь

«ВНЕДРЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ ПРИ ОБСЛУЖИВАНИИ НАРУЖНЫХ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ СЕТЕЙ В Г.МИНСКЕ»

Система водоотведения должна обеспечивать бесперебойный и надежный прием сточных вод от объектов жилищно-коммунального, культурно-бытового, социального и промышленного назначения, расположенных на территории населенного пункта, и транспортировку местам их переработки (очистки или последующего использования в различных целях).

В условиях глобальной информатизации общества, вопросы качества и надежности предоставляемых предприятием коммунальных услуг являются общедоступными и активно-освещаемыми СМИ. В данном случае деятельность предприятий водопроводно-канализационного хозяйства все больше выходит из сферы исключительно экономических отношений и затрагивает вопросы политической сферы жизни населения. Надежность работы систем водоснабжения и водоотведения становится одним из критериев не только нормального функционирования города, но национальной безопасности в целом.

Особенностью системы канализации в разрезе оказываемых услуг заключается в том, что локальные нарушения работы сетей водоотведения (засоры, повреждения на сетях) формально не приводят к прекращению оказания услуги водоотведения для абонентов и потребителей, что крайне редко выражается в виде претензий и жалоб со стороны последних. При этом засоры и повреждения на сетях канализации могут приводить к нематериальному ущербу, выраженному в имиджевых потерях предприятий, например, при разливе сточных вод на поверхность, либо необходимости ограничения движения транспорта и пешеходов в случае выполнения аварийно-восстановительных работ. Пре-

крашение работоспособности сетей водоотведения в местах проведения массовых и официальных мероприятий и вовсе недопустима.

Указанные выше факторы ставят для УП «Минскводоканал» актуальной задачей не только обеспечения оперативности устранения нарушений работы в сетях водоотведения, но и анализа, прогнозирования и планирования таких событий с целью снижения риска их возникновения.

По состоянию на 01.12.2018 протяженность сетей канализации г. Минска, находящихся в хозяйственном ведении предприятия УП «Минскводоканал» составляет 1891 км.

Эксплуатацию сетей осуществляют три сетевых района производства «Минскочиствод», разделяющих сферу своей ответственности в соответствии с административным делением г. Минска. Основными задачами, стоящими перед сетевыми районами производства, являются эксплуатация напорных и самотечных сетей канализации. Основные работы, проводящиеся на сетях хозяйственно бытовой канализации:

- устранение случайных засоров;
- выполнение профилактических работ по осмотрам сетей, их гидродинамической очистке, и пр.;
- выполнение различного спектра ремонтно-восстановительных работ (ремонт колодцев, трубопроводов).

В рамках работы одного из районов производства «Минскочиствод» был проведен производственный эксперимент, задачей которого стояла цель оценить возможный эффект от внедрения новых технических средств производства совместно к организационными преобразованиями.

В июне 2016 года в распоряжение сетевого района № 1 поступила новая гидродинамическая машина с системой повторного использования промывной и канализационной воды МВУ 160 (оборудование «Kaiser») на базе автомобиля МАЗ. Дополнительно, в период с 10.10.2016 г. штатная численность сетевого района № 1 была дополнена 4-мя единицами сменных мастеров, а комбинированная машина переведена в суточный режим работы. Сформированная бригада из 3 слесарей и мастера должна была обеспечить систематическое выполнение гидродинамических промывок сетей в круглосуточном режиме. Данная организация позволила максимально задействовать имеющийся трудовой ресурс бригады суточных слесарей АВР и вновь приобретенной гидродинамической машины.

Основными особенностями комбинированной гидродинамической машины с технологией повторного использования вод (рециклинг) являются:

1. Возможность использования ее для гидродинамической промывки сетей с одновременным выполнением функций илососа;

2. Возможность повторного использования, как промывной воды, так и канализационной воды из коллектора, для проведения гидродинамической промывки сетей (одновременная работа в режиме промывка–удаление осадка–вторичное использование воды).

Преимуществом гидродинамических машин со схемами рециркуляции является:

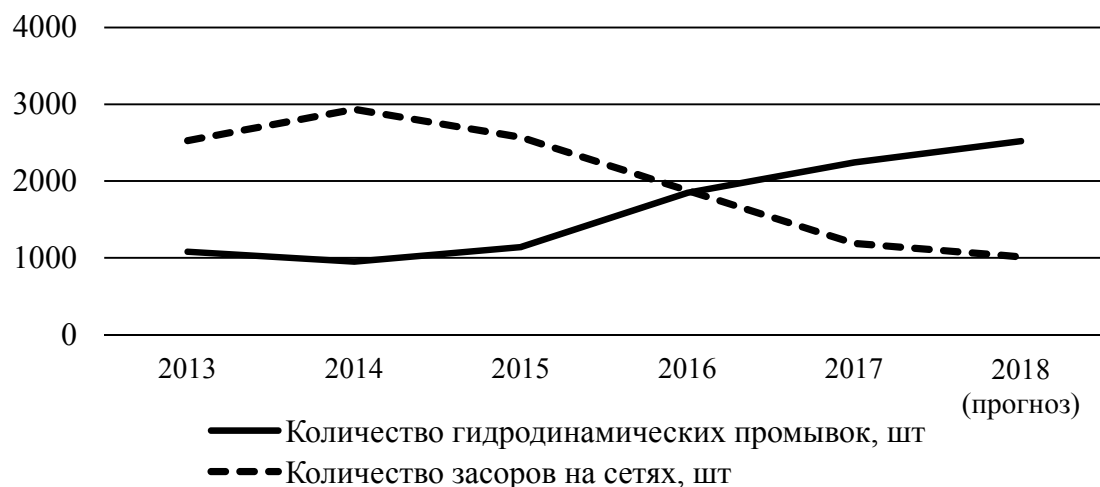
- снижение потребности в чистой промывной воде;
- снижение пробега автомобильного шасси (за счет уменьшения требуемого количества дозаправок и разгрузки откаченного осадка).

Режим работы сетевого района № 1 за период до проведения организационно-технических мероприятий и после, представлен в таблице

Показатель	2013	2014	2015	2016	2017	2018 (прогноз)
Количество гидродинамических промывок, шт	1079	950	1140	1847	2243	2520
Количество засоров на сетях, шт	2526	2934	2569	1875	1188	1013
Среднесуточное кол-во засоров	6,9	8,0	7,0	5,1	3,3	2,8
Количество засоров на 1 км сети	4,6	5,2	4,5	3,2	2,0	1,7

Так, годовое количество засоров в период с 2013 по 2015 гг. на сетевом районе № 1 колеблется в диапазоне от 2526 до 2934 засоров в год. Период начала проведения эксперимента характеризовался резким увеличением количества годовых промывок и снижением количества засоров на сетях. В период 2017–2018 гг. среднегодовое количество засоров было снижено по сравнению с периодом 2013–2014 гг. на 59% на фоне роста числа промывок на 135% за аналогичный период.

Общая корреляция количества проводимых профилактических гидродинамических промывок и количество засоров представлены ниже на графике.



Таким образом, на сетевом районе №1 за период эксперимента с октября 2016 по декабрь 2018 удалось избежать порядка 1770 засоров. Учитывая, что гидродинамическая промывка является обязательным мероприятием системы планово-предупредительных ремонтов на сетях канализации, достигнутый эффект, выраженный в избежание случайных засорений на сетях канализации, привел к:

- значительной экономии трудовых ресурсов, а в последующем и возможности их сокращения.

- значительной экономии материальных затрат, которых удалось избежать при устранении засорений на сетях

- снижению количества неблагоприятных инцидентов (например, изливов сточных вод на поверхность, либо затоплению подвальных помещений).

- росту имиджа предприятия и системы ЖКХ в целом. Полученные результаты лягут в основу плана стратегического развития производства по эксплуатации систем водоотведения и сетей водоотведения г. Минска в частности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Правила технической эксплуатации систем водоснабжения и водоотведения населенных мест (в ред. постановления Минжилкомхоза от 31.07.2008 № 20): утверждены приказом Министерства жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь №23 от 06.04.1994.

2. Пособие специалиста по очистке стоков /Эривн Сир, Манфред Фишер / Варшава, 2002. 407с.

3. Инструкция о порядке проведения планово-предупредительного ремонта на централизованных системах водоснабжения и водоотведения: утверждена постановлением Министерства жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь от 12 мая 2006 г. № 22.

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД НА МИНСКОЙ ОЧИСТНОЙ СТАНЦИИ. ПРИНЦИП СОСТАВЛЕНИЯ ГРАФИКА ЛАБОРАТОРНОГО КОНТРОЛЯ ЗА РАБОТОЙ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Минская очистная станция (далее – МОС) представляет собой самый сложный производственный комплекс по очистке хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод. Хозяйственно-бытовые сточные воды образуются в жилых помещениях, а также в бытовых помещениях объектов промышленности, административных зданий и других объектов в результате удовлетворения личных (бытовых) нужд работников и сбрасываются в окружающую среду, в том числе через систему канализации. Производственные сточные воды образуются в технологических процессах в результате производственной деятельности и сбрасываются объектами промышленности в окружающую среду, в том числе через систему канализации [1].

Для эффективной и качественной очистки поступающих сточных вод важно определить состав и концентрацию загрязняющих веществ в поступающих сточных водах и далее произвести контроль качества по всем стадиям очистки. Такой контроль качества проводит химико-бактериологическая лаборатория Минской очистной станции производства «Минскоочиствод» (далее – ХБЛ МОС).

Кроме этого в обязанности лаборатории входит контроль около 300 предприятий (организаций) города Минска и Минского района, отводящих свои сточные воды в хозяйственно-бытовую канализацию, от которых напрямую зависит состав поступающих сточных вод на Минской очистной станции.

ХБЛ МОС аккредитована в Национальной системе аккредитации государственным предприятием «БГЦА» на соответствие СТБ ИСО/МЭК 17025-2007.

Контроль качества очистки сточных вод на МОС проводится на основании плана-графика лабораторного контроля, который составляется согласно требованиям экологического и санитарно-эпидемиологического законодательства Республики Беларусь.

Для получения достоверных данных о составе сточных вод и обеспечения эффективной работы очистных сооружений выбирается место, тип (вид) отбираемой пробы, ее объем, метод подготовки и

хранения до проведения испытаний. Место отбора пробы определяется в зависимости от цели контроля, характера выпуска сточных вод, а также на основании схемы размещения и взаимодействия объектов контроля с учетом их особенностей, время нахождения (прохождения) сточных вод на отдельном этапе ее очистки по сооружениям.

Объем и график производственного контроля Минской очистной станции определяются:

- требованиями к контролю за работой очистных сооружений и необходимостью определения оценки эффективности работы по степени очистки отдельного сооружения согласно техническому кодексу установившейся практики [2];

- показателями качества очистки сточных вод согласно выданному Минским городским комитетом природных ресурсов и охраны окружающей среды комплексному природоохранному разрешению с оценкой их качества по отношению к нормативам допустимых сбросов;

- требованиями Минприроды к проведению наблюдений в рамках выполнения локального мониторинга сточных вод на выпуске Минской очистной станции в реку Свислочь;

- общими требованиями к составу и свойствам воды водных объектов в контрольных створах и местах питьевого, хозяйственно-бытового и рекреационного водопользования [3].

Схемы по размещению пунктов контроля, перечень загрязняющих веществ, подлежащих контролю, а также периодичность проведения исследований согласовываются с территориальными органами и учреждениями государственного санитарного надзора.

График лабораторного контроля за работой очистных сооружений г. Минска является неотъемлемой частью программы производственного контроля предприятия в целом.

Испытания сточных вод целесообразны только в том случае, если пробы отобраны правильно. Пробы воды подвергаются в лаборатории исследованию в течение установленного срока с соблюдением условий хранения. Выбранный метод подготовки отобранных проб к хранению совместим с методом определения конкретного показателя, установленным методикой выполнения измерений.

ХБЛ МОС проводит отбор точечных и составных проб. Виды отбираемой пробы определяются целями исследования. Для оценки качества сточных вод ХБЛ МОС проводит санитарно-химические анализы полного и сокращенного типа.

Отбор проб для сокращенного типа анализа осуществляется согласно графику лабораторного контроля за работой очистных сооружений ежедневно два раза в день с 08.00 до 17.00 однократным отбо-

ром вручную требуемого количества воды, получая таким образом - точечную (разовую) пробу в конкретное время отбора. Точечные пробы отбираются для оценки качества сточных вод по отношению к нормативам содержания (предельно допустимых концентрации) показателей в воде, установленных в нормативных документах. Анализ таких проб ведется по 9 основным показателям: взвешенные вещества, азотная и фосфатная группа, пятисуточное биологическое потребление кислорода, водородный показатель, температура.

ХБЛ МОС проводит 2 раза в месяц локальный мониторинг очищенных сточных вод на выпуске МОС в реку Свислочь по 15 показателям [4].

Составные (смешанные) пробы применяются для получения усредненных данных о составе сточных вод (набор статистических данных для составления ежемесячных, среднегодовых отчетов). Полный анализ таких проб проводится еженедельно по 32 показателям, включая тяжелые металлы и санитарную бактериологию. На МОС для отбора составных проб поступающей, очищенной сточной воды и проведения полного химического анализа в ХБЛ МОС используются автоматические пробоотборники (стационарные и переносной), в которых задается время отбора проб, их частота отбора, поддерживаемая температура хранения. Отбор проб воды с помощью таких пробоотборных устройств производится непрерывно или периодически. Поэтому полученные пробы позволяют проводить анализ в том числе ночного и вечернего времени, что является важным при оценке круглосуточной работы МОС, принятия своевременных решений по устранению причин, оказывающих негативное влияние на процессы очистки.

Для определения состава сточных вод необходимо сделать множество анализов, как химических, так и санитарно-бактериологических. Ежедневно среднесуточное количество испытаний по результатам 2018 года с учетом выходных и праздничных дней составляет 239 шт. Всего за 2018 год в лаборатории проведено 87155 испытаний.

В лаборатории работает персонал в количестве 25 человек. Из них: 13 человек имеют высшее образование, 7 среднеспециальное (выполняют испытания и анализ полученных результатов), а отбор проб и подготовку посуды проводит 5 человек, имеющих среднее образование и огромный опыт работы в лаборатории. Средний стаж работы всего персонала по лаборатории составляет 12,5 лет.

Для анализа сточных вод в лаборатории используются как классические методы химического анализа (гравиметрия, титриметрия), так и современные физические и физико-химические методы: фотометрия, потенциометрия, флуориметрия, атомно-абсорбционная спек-

троскопия, методы капиллярного электрофореза с применением импортного и отечественного оборудования.

Используемые методики выполнения измерений являются общепризнанными, стандартными, допущенными к применению в области охраны окружающей среды, прошедшими метрологическую аттестацию.

В ХБЛ МОС особое внимание уделяется гидробиологическому анализу активного ила. С помощью используемого бинокулярного микроскопа проходящего света делается оценка биоценоза и состояния индикаторных микроорганизмов активного ила. Характерные изменения в биоценозе активного ила наилучшим образом отражают протекание процесса очистки, позволяют быстро оценить его качественный уровень и сделать выводы еще на ранних стадиях о возникших неблагоприятных факторах, снижающих эффективность очистки сточных вод. Инженер - микробиолог ХБЛ МОС проводит микроскопирование активного ила ежедневно, а при изменении в составе биоценоза и физиологическом состоянии организмов ила, свидетельствующем о поступлении неблагоприятных факторов, и несколько раз в день.

В процессе эксплуатации Минских очистных сооружений результаты производственного лабораторного контроля постоянно анализируются специалистами МОС для обеспечения наиболее высоких технико-экономических показателей работы сооружений, совершенствования технологических процессов. Систематический анализ результатов производственного лабораторного контроля направлен на своевременное обнаружение нарушений в технологии очистки сточных вод и предупреждение отведения с сооружений очищенных сточных вод, не отвечающих требуемым нормативам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Водный Кодекс Республики Беларусь от 30 апреля 2014 г. № 149-З
2. Технический кодекс установившейся практики ТКП 17.06-13-2015. Охрана окружающей среды и природопользование. Гидросфера. Правила эксплуатации и контроля за работой очистных сооружений и сбросом сточных вод.
3. Санитарные правила и нормы 2.1.2.12-33-2005 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод от загрязнения», утвержденных постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь 28.11.2005, № 198.
4. Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь № 18 от 10.07.2018

ПРОБЛЕМЫ И ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ОБРАЩЕНИЯ С ОСАДКАМИ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ КАНАЛИЗАЦИИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Осадки являются неизбежным побочным продуктом очистки сточных вод. В отличие от других отходов, образования осадков избежать не удастся и в ближайшие годы их количество, по мере повышения эффективности работы действующих очистных сооружений и строительства новых, будет возрастать.

В настоящее время в Республике Беларусь эксплуатируется более 150 очистных сооружений канализации. Количество влажных осадков, выделяющихся при очистке сточных вод на очистных сооружениях, обычно не превышает 1% от расхода поступающих вод.

Практически все осадки городских очистных сооружений размещаются для обезвоживания и подсушки на иловых площадках, которые, при отсутствии приемлемых вариантов использования, превращаются в объекты, на которых производится длительное хранение данных отходов.

В реестре объектов хранения и захоронения отходов, который ведет Минприроды Республики Беларусь, зарегистрировано 159 объектов хранения осадков очистных сооружений канализации, на которых в настоящее время размещено более 9 млн. тонн данных отходов. В республике много иловых площадок, на которых осадки хранятся более 20 или даже 30 лет. Инвентаризация и обследование иловых площадок, ранжирование осадков в зависимости от их состава и свойств, возможности использования не проводились.

В Беларуси более 35 очистных сооружений канализации, на которых образуется более 170 тонн осадков в год, на 16 очистных сооружениях образуется более 2 000 т осадков в год, на 6 очистных сооружениях образуется более 10 000 т осадков в год.

Осадки очистных сооружений канализации в Беларуси не являются объектами аналитического контроля, т.е. на очистных сооружениях определение их состава по установленному перечню показателей не производится. Это не позволяет обоснованно подходить к выбору способов их обработки и направлений использования, выявлять тенденции изменения их состава, оценивать эффективность мероприятий

по ограничению сбросов загрязняющих веществ абонентами сетей канализации, особенно в части содержания тяжелых металлов.

Существенное влияние на выбор и экономическое обоснование вариантов обработки и использования осадков очистных сооружений канализации оказывают ставки экологического налога за захоронение, хранение отходов производства. Так, действующая в Беларуси ставка экологического налога за хранение осадков из отстойников (сырой осадок с коагулянтом (флокулянтом), осадков после промывки фильтров), осадков сооружений биологической очистки хозяйственно-фекальных сточных вод, а также избыточного активного ила на 2018 год составляла 0,11 руб. за 1 тонну. Низкие ставки налога не стимулируют работу по поиску вариантов использования осадков. Однако этот вариант решения проблемы осадков изжил себя, так как возможности размещения осадков очистных сооружений на объектах хранения в республике практически исчерпаны.

В связи с этим проблема вовлечения осадков в хозяйственный оборот осадков очистных сооружений канализации для Беларуси имеет первостепенное значение.

В сложившейся неблагоприятной ситуации с осадками очистных сооружений канализации имеется один положительный момент, который состоит в том, что для Беларуси есть реальный шанс использовать наилучшие доступные технологии, позволяющие не только решить проблему осадков очистных сооружений канализации, но и получить определенный как экологический, но и экономический эффект.

Для Беларуси очень важно, чтобы эта работа проводилась в рамках согласованной стратегии обращения с осадками очистных сооружений канализации, которая включала бы все аспекты деятельности в этой сфере (нормативное правовое регулирование, методики и критерии оценки вариантов проектных решений, экономический механизм управления осадками и др.) и рассматривала как использование вновь образующихся осадков в темпе их образования, так вовлечение в хозяйственный оборот осадков, накопленных на иловых площадках, и территорий, отведенных под эти объекты.

Отправной точкой такой системной работы является объективная информация как об очистных сооружениях, на которых образуются данные отходы, так и составе осадков. При экспертной и финансовой поддержке Европейского экологического центра Кревокс (Польша) БГТУ создана электронная база данных, содержащая информацию по очистным сооружениям (технология, оборудования, состав сточных вод, характеристика осадков и др.), которую необходимо наполнить конкретным содержанием (пока в ней данные по 39 объектам).

В настоящее время в сфере водоснабжения и водоотведения реализуется ряд программ и проектов (программа по водному сектору ЕБРР, проект МБРР «**Развитие систем водоснабжения и водоотведения**», проекты международной финансовой организации **НЕФКО**, проект PRESTO), в рамках которых выделяется кредитное финансирование и привлекаются средства грантов. В реализации этих программ и проектов участвуют предприятия ЖКХ и Водоканалы городов Слоним, Барановичи, Лида, Орша, Полоцк, Витебск, Гродно, Молодечно, Пинск, Кобрин.

Минприроды совместно с НЕФКО реализован проект международной технической помощи «Оценка степени загрязнения региона биогенами и определение первоочередных инвестиционных проектов». По результатам проекта был сформирован перечень объектов для инвестирования со стороны международных организаций. В данный перечень вошла модернизация девяти Водоканалов (города **Кобрин, Лида, Сморгонь, Новогрудок, Скидель, Щучин, Ошмяны, Пружаны, Ляховичи**). Большинство этих объектов сбрасывает сточных воды в реки бассейна Балтийского моря.

Анализ технологических решений, которые были представлены в обоснованиях инвестиций по некоторым объектам, или уже реализуются на практике, показывает, что они, как правило, не рассматривают весь комплекс вопросов, связанных с использованием осадков. Они часто базируются на традиционных технологиях и не учитывают современные технологические решения, особенно в части повышения энергетической эффективности процессов обработки осадков, извлечения и использования фосфора и др.

Общим недостатком практически всей предпроектной и проектной документации является то, что очистные сооружения традиционно не рассматриваются как единый взаимосвязанный технологический комплекс, включающий как очистку сточных вод, так и обработку осадков. Это не позволяет выбрать оптимальные решения и, в конечном итоге, снизить издержки на реализацию проекта.

При использовании биогазовых технологий выбор режимов сбраживания и составов субстратов, часто производится по усредненным данным без учета характеристик осадков конкретного объекта. Не рассматриваются технологические решения и оборудование, позволяющие существенно повысить энергетическую эффективность биогазовых установок за счет ко-ферментации с использованием других отходов, предварительной подготовки осадков к сбраживанию (термогидролиз, химический гидролиз, ультразвуковая обработка и др.) и в комплексе решить задачи стабилизации, обеззараживания,

уменьшения влажности и объема осадков, извлечения фосфора для использования в сельском хозяйстве. Сравнение альтернативных вариантов технологических решений производится поверхностно без составления детального материально-энергетического баланса, особенно по азоту и фосфору.

Для проведения целенаправленной работы по вовлечению осадков в хозяйственный оборот необходимо аккумулировать имеющийся в республике экспертный и исследовательский потенциал, который позволил бы оперативно выполнять работы по комплексному исследованию состава (по согласованному перечню показателей) и свойств (теплота сгорания, биогазовый потенциал, санитарно-паразитологические показатели и др.) осадков и квалифицированно производить выбор возможных вариантов их обработки и использования.

В проектах реконструкции очистных сооружений необходимо ориентироваться на наилучшие доступные технологии, создавая в республике сеть демонстрационных объектов, что будет хорошей основой для продвижения современных технологий обработки и использования осадков, апробированных на очистных сооружениях стран Европы и США.

Одной из актуальных задач, требующих решения, является практическая реализация технологий, обеспечивающих максимальное извлечение фосфора в процессе обработки осадков сточных вод, которые по разным причинам не могут вноситься на почву. Необходимо определить объекты, на которых целесообразно реализовать инвестиционные проекты по извлечению фосфора в процессах обработки осадков очистных сооружений канализации и получению удобрения; выбрать очистные сооружения на территории Беларуси, перспективные для создания региональных центров по ко-ферментации органических отходов и осадков очистных сооружений, в том числе с использованием технологии термогидролиза.

Назрела необходимость в проведении системной работы, цель которой выбор и практическая реализация решений по выведенным из эксплуатации иловым площадкам, направленным как на использование накопленных там осадков, так и на рекультивацию отведенных под них территорий.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ И ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД И УЛУЧШЕНИЯ СВОЙСТВ СЫРОГО ОСАДКА

Очистные сооружения канализации являются важнейшим элементом инженерной инфраструктуры населенного пункта, от эффективности функционирования которого зависит не только устойчивая работа всех систем жизнеобеспечения, но и состояние водных объектов, в которые сбрасываются сточные воды после очистки.

В настоящее время разработано и реализовано на практике большое число технических и технологических решений, которые обеспечивают соблюдение жестких требований по содержанию в очищенных сточных водах, прежде всего азота и фосфора, использование осадков по различным направлениям. Однако все они требуют значительных капитальных вложений и не всегда применимы в условиях действующих очистных сооружений.

В последнее время в технологии очистки сточных вод находит применение ультразвуковая обработка (УЗО). Как следует из анализа практики применения ультразвука в технологии очистки сточных вод, УЗО может оказывать комплексное воздействие на суспензию активной биомассы: изменяет дисперсный состав и состав фаз суспензии; воздействует на процессы жизнедеятельности микроорганизмов; разрушает клетки микроорганизмов.

Выполнены комплексные исследования влияния УЗО на состав фаз и седиментационные свойства иловых суспензий и сырого осадка, активность биомассы.

В результате экспериментальных исследований установлено, что ультразвуковая обработка активного ила и сырого осадка способствует: повышению флокулирующих свойств активного ила и влагоотдающих свойств сырого осадка; регулированию в определенных пределах содержания тяжелых металлов в избыточном активном иле и сыром осадке; повышению ферментативной активности биомассы ила; ускорению процесса накопления легкоокисляемых жирных кислот в процессе выдержки сырого осадка в первичном отстойнике.

Улучшение флокулирующих свойств обеспечивается УЗО с применением гидродинамического и магнитострикционного излучателей

при расходе энергии не превышающем 1500 Дж/г твердой фазы активного ила. Расход обработанного ультразвуком для интенсификации активного ила подбирается методом пробного коагулирования в зависимости от содержания взвешенных веществ в сточных водах. Положительные результаты, получены как при использовании, обработанного активного ила в процессе обычного отстаивания, так и при осветлении во взвешенном слое.

В процессе отстаивания расход обработанного ультразвуком активного ила, обеспечивающий интенсификацию осаждения взвешенных веществ, составляет 1–5% об. Степень очистки при этом повышается на 5–10 %. При осветлении во взвешенном слое осадка степень очистки повышается на 30–40%. Расход активного ила при этом составляет до 7% от объема циркулирующего ила, возвращаемого на биологическую очистку после вторичных отстойников.

Для условий очистных сооружений УП «Витебскводоканал» при расходе поступающих в первичные отстойники сточных вод 70 тыс.м³/сутки требуется обработать ультразвуком и подать в сточные воды до 3500м³/сутки активного ила. Это составляет 5,1–9,6% от объема циркулирующего активного ила. При этом следует ожидать увеличения расхода сточных вод, поступающих в первичные отстойники на 5%. При концентрации активного ила, подаваемого на ультразвуковую обработку 7 г/дм³, содержание ХПК сточных вод увеличится на 40–42 мгО₂/дм³.

Ультразвуковая обработка активного ила положительно сказывается на его способности к микробному разложению органических соединений, скорости и полноте протекания биологической очистки, так как в очищаемые сточные воды переходят ферменты, низкомолекулярные легко разлагаемые бактериями активного ила органические вещества. По результатам определения влияния УЗО на дегидрогеназную активность биомассы установлено ее увеличение на 20–27% при расходе энергии до 15 кДж/г, что для магнитоотрикссионного излучателя обеспечивается при плотности ультразвука 3,15 Вт/см³ и продолжительности 5–15 с.

Для интенсификации процессов биологической очистки необходимо обработать до 10% объема активного ила циркулирующего в системе очистки активного ила. Для условий УП «Витебскводоканал» объем циркулирующего активного ила подлежащий УЗ-обработке, должен составлять до 6350м³ в сутки. Прирост ХПК, за счет подачи в аэротенк обработанного ультразвуком активного ила, составит до 10%. Гидравлическая нагрузка на аэротенки при этом не возрастает, так как обрабатывается часть возвратного циркулирующего ила. Для

УЗО с целью интенсификации процессов биологической очистки могут использоваться установки с различными типами излучателей. Учитывая, то обстоятельство, что время пребывания иловой смеси в аэротенке может составлять от 4-х до 8-ми и более часов, необходимо обработку циркулирующего активного ила проводить периодически, согласовав ее продолжительность с временем пребывания иловой смеси в аэротенках. Для условий УП «Витебскводоканал» время пребывания иловой смеси в аэротенках составляет 8 часов, а рекомендуемая продолжительность обработки один час в течение каждых трех часов. В этом случае суммарный объем обрабатываемого циркулирующего активного ила составит до 2120 м³/сутки.

УЗО существенно изменяет состав твердой и жидкой фазы активного ила за счет перехода в жидкую фазу тяжелых металлов, фосфатов, как в составе дисперсных частиц, так и виде растворимых соединений.

Ультразвуковая обработка оказывает влияние на распределение тяжелых металлов между жидкой и твердой фазой активного ила. Установлено, что содержание цинка, никеля, свинца, меди и кадмия уменьшается в отделенной центрифугированием твердой фазе обработанного ультразвуком активного ила. Наибольшее снижение концентраций металлов в твердой фазе активного ила наблюдается для цинка (42–71%) и свинца (39–67%), а наименьшее для меди (5–19%) и кадмия (4–16%). До 70% указанных тяжёлых металлов переходят в жидкую фазу в составе частиц с размером меньше 20 мкм. При этом удельный расход энергии на обработку активного ила магнитострикционным излучателем составил от 240 до 4300 Дж/г, а гидродинамическом излучателем – не более 1200 Дж/г. Для достижения сравнимых показателей по содержанию тяжелых металлов в твердой фазе активного ила расход энергии на ультразвуковую обработку при использовании гидродинамического излучателя в условиях эксперимента был более чем в 1,5 раза ниже.

Учитывая важность проблемы использования осадков сточных вод на очистных сооружениях канализации в условиях УП «Витебскводоканал», проведены работы по определению содержания тяжёлых металлов в осадках, размещённых на иловых площадках, и отводимых для подсушки (свежие осадки). Цель исследований состояла в определении возможности регулирования содержания металлов в твердой фазе осадков в целях доведения их до нормативных значений.

Так как в Республике Беларусь использование осадков сточных вод не регламентируется ГНПА, которые учитывают их специфику, то при выборе нормативов, которые регламентируют требования к соста-

ву и свойствам осадков сточных вод, руководствовались нормативными документами Российской Федерации, Польши, Европейского Союза, США. На основании указанных документов, а также действующих в РБ требований по обращению с отходами, разработаны ТУ ВУ 300003249.001-2009, которые действуют до июля 2020 г.[1].

При согласовании ТУ при проведении исследований в РНПЦ гигиены были использованы образцы осадков, обработанные и необработанные ультразвуком после центрифугирования. Установлено, что ультразвуковая обработка и центрифугирование избыточного активного ила позволяет снизить в нём содержание цинка и меди до значений, соответствующим требованиям данных ТУ для удобрений марки УОСВ-1.

Металлы, перешедшие в жидкую фазу, находятся в составе взвешенных частиц и в растворе. При возврате иловой воды в сточные воды, поступающие на очистку, они частично удаляются в составе сырого осадка и частично поступают на биологическую очистку. Это происходит тогда, когда они не извлекаются из жидкой фазы. При этом содержание тяжёлых металлов в сыром осадке увеличивается на 0,1–0,7%.

Для подготовки осадков к использованию в качестве удобрений разработан технологический регламент, который устанавливает основные требования и условия, соблюдение которых обеспечит безопасное для окружающей среды использование осадков сточных вод, длительное время находящихся на картах иловых площадок. Подготовка для использования осадков сточных вод включает ультразвуковую обработку избыточного активного ила (если в осадках превышаются нормы содержания тяжелых металлов) и компостирование.

Для извлечения тяжелых металлов из жидкой фазы в обработанный ультразвуком избыточный активный ил может добавляться сорбент с последующим его отделением в гидроциклоне.

На основании ТУ и технологического регламента РУП «Белкоммунпроект» разработан и прошел государственную экспертизу проект площадок для компостирования осадков УП «Витебскводоканал».

Идея использования ультразвука для обработки сырого осадка с целью извлечения из нерастворимой части легко окисляемых органических веществ возникла в ходе исследований по ацидофикации сырого осадка, проводимых ООО «АКВАРОС» при непосредственном участии академика РАН, докт. биол. наук Жмур Н.С. и лабораторных испытаний, включающих использование обработанных ультразвуком активного ила и сырого осадка. Обработка ультразвуком приводит к увеличению выхода летучих жирных кислот и не изменяет доброкачественности жидкой фазы. Для определения влияния ультразвуковой

обработки сырого осадка на состав осадков и на процесс очистки в целом, были проведены комплексные исследования в условиях УП «Витебскводоканал».

Растворимая часть органических веществ является предпочтительным питанием активного ила и наиболее дефицитным компонентом сточных вод. От 40% до 75% органических веществ, поступающих на очистку, находятся во взвешенном и коллоидном состоянии, они могут быть удалены в первичных отстойниках, что создает дефицит полноценного питания активного ила. Органические вещества, находящиеся в сыром осадке, можно частично перевести в растворимые формы в процессе ацидофикации и УЗО сырого осадка.

Исследования по УЗО сырого осадка из первичных отстойников проводили на установке с гидродинамическим излучателем в производственных условиях. В ходе исследований объектами контроля были: сточные воды, поступающие в первичный отстойник, осветленные сточные воды, очищенные сточные воды после вторичных отстойников, активный ил в аэротенках, сырой осадок. Расход сточных вод, поступающих в отстойник, составлял 840-1380м³/час.

Предложенный способ обработки сырого осадка используется на УП «Витебскводоканал» с 2015 года. Установлено увеличение окислительной способности активного ила, что привело к интенсификации процессов нитрификации и денитрификации, повышению эффективности удаления биогенных элементов: азота аммонийного с 87 до 92%, БПК₅ с 95 до 97%, ХПК с 90 до 96%, фосфора общего с 55 до 58%, повышению эффективности извлечения взвешенных веществ с 92 до 95%.

Результаты экспериментальных исследований и опытно-промышленных испытаний свидетельствуют о целесообразности использования ультразвуковой обработки для интенсификации процессов, лежащих в основе очистки сточных вод на очистных сооружениях канализации. Для получения требуемого результата необходимо правильно выбрать режим ультразвуковой обработки, для чего провести экспериментальное его апробирование в условиях конкретных очистных сооружений.

ЛИТЕРАТУРА

1. ТУ ВУ 300003249.001-2009 «Удобрение и почвоулучшающая добавка из осадков сточных вод» (УП «Витебскводоканал»).

2. И. Э. Головнев, В. Н. Марцуль. Изменение состава фаз суспензии активного ила очистных сооружений канализации при ультразвуковой обработке. Вестник Витебского государственного технологического университета . – 2010. – № 19. – С. 122

3. В. Н. Марцуль, И. Э. Головнев. Использование ультразвуковой обработки для повышения флокулирующих свойств суспензии активного ила очистных сооружений канализации. Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2010. – № 18. – С. 124

4. И.Э. Головнев., В. Н. Марцуль. Влияние ультразвуковой обработки на седиментационные и водоотдающие свойства суспензий активного ила. Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В, промышленность. Прикладные науки. – 2017. № 11. С. 122–128.

5. Патент Республики Беларусь №9053 «Способ удаления тяжелых металлов из избыточного активного ила». Авт. Саховский А.А. Грошев И. М., Головнев И. Э., Марцуль В. Н., Минин Н. А., Головнева Л. В.

COMBINATION OF MOVING BED BIOFILM REACTOR AND MEMBRANE BIOREACTOR FOR WASTEWATER TREATMENT

1. Abstract

Water is the essence of life and we need to protect it if we want to protect our lives. It's not a problem of recent years, but a problem of centuries, when people only contaminated everything around them without thinking about the lives of future generation.

It is easy to understand that water scarcity is not problem just for the human health, but also for economic and financial development. It could highly effect on business, so nature-based solutions provide public and eco-system benefits [1]. Due to water scarcity, water should be treated not only for discharging, but also for water reuse. Therefore, it should be emphasized that wastewater have to serve as alternative water source. One of the best technologies, which can replace conventional treatment system is the combination of MBBR (moving bed biofilm reactor) & MBR (membrane bioreactor), which is based on biological treatment followed by membrane filtration.

2. Materials and methods

1.1 Membrane

Three membrane modules made of SiC with flat sheet MF membranes (manufactured by Cembrane A/S) were placed into the MBR. Maximum backwash and suction pressure are -700 mbar and 2 bar respectively. An active membrane surface of 1 module is 0.276 m².

2.3 Cleaning agent for membranes

Wastewater contains a lot of pollutants with organic and inorganic nature. Hence two types of chemicals should be used (table 1). Also, NaOH should be used for adjustment up to pH 10-11.

Table 1

Chemicals for CIP (clean in place)

Reagent	Concentration	Purpose
NaOCl + NaOH to pH 10-11	100–1000 ppm (active chlorine)	Remove organic matter
Citric acid	0.2%	Remove inorganic matter

2.2 Study set-up

The investigation was conducted in the laboratory, which belongs to Norwegian University of Life Sciences. The object of investigations is Pilot

plant (PP) of MBR & MBBR combination. As a source of wastewater served sewage from campus in Ås, Norway. The studies were conducted with co-financing by the European Union's ERASMUS+ program.

3. Pilot Plant of combination MBBR & MBR

Combination of MBR & MBBR technology was made as an alternative system to replace or upgrade existing overloaded activated sludge plants. Main advantages of using MBR are [2]: lower footprint; better permeate quality; less complex operating; higher reliability and resistance to overload and toxic compounds (Lee, Kang, & Lee, 2006).

MBBR systems have been provided as reliable source of biomass for a stable work of system. In MBBR systems, biofilm attached to plastic media, which constantly is moving inside the bioreactor by bubbles generated by aerator; also, here present part of the suspended growth. In addition, MBBR serve as a biological pretreatment for reducing the load on the membrane surface and hence decreasing fouling layer growth.

Pilot plant (PP) of MBR & MBBR combination shown on figure 1. As a source of wastewater was used sewage from campus in Ås, Norway. Wastewater come in storage separately as gray and black water. This opportunity could be used for regulation necessary biomass load on system.

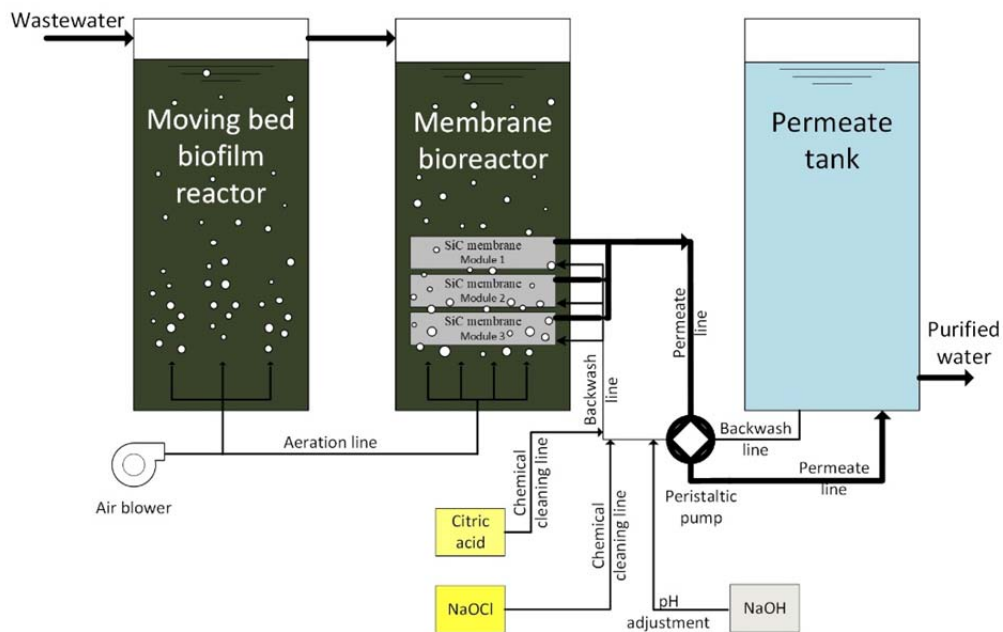


Figure 1. Filtration mode

The PP consists of 3 main parts. MBBR treatment (there was used two tanks of MBBR to reduce the workload for separational part. After MMBR

part water comes for followed separation in membrane tank and permeate directed to the permeate tank. All system works automatically.

Operational time of PP could be divided on the filtration cycles, where each cycle as well splits on the filtration and backwash time. Backwash is necessary to maintain optimal conditions for filtration, that includes low transmembrane pressure (TMP) and high permeability (P), subsequently low fouling rate. To conduct backwash cleaning, system automatically stops filtration mode and starts backwash mode according to the table 2, and shown on the figure 2. As a backwash liquid was used small amount of permeate.

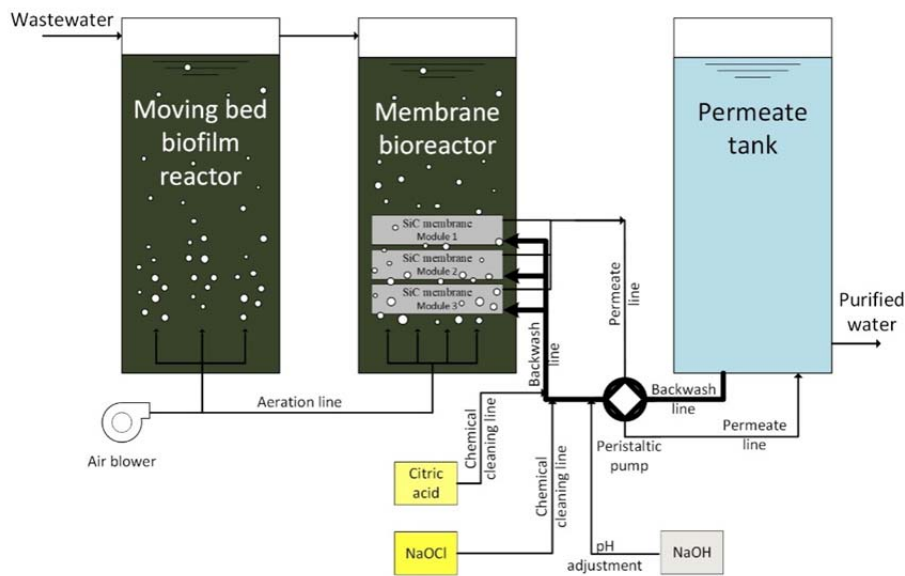


Figure 2. Backwash mode

Table 2

Filtration modes

Filtration	300 sec
Relaxation I	60 sec
Backwash	20 sec
Relaxation II	120 sec

But after some period of time TMP reaches too high values that could not be changed by simple backwash, therefore chemical cleaning should be provided (figure 3). For performance of chemical cleaning, filtration process should be stopped. Dosing pump directs NaOCl to the backwash line and membrane remains in the backwash mode until membrane will be covered with this solution.

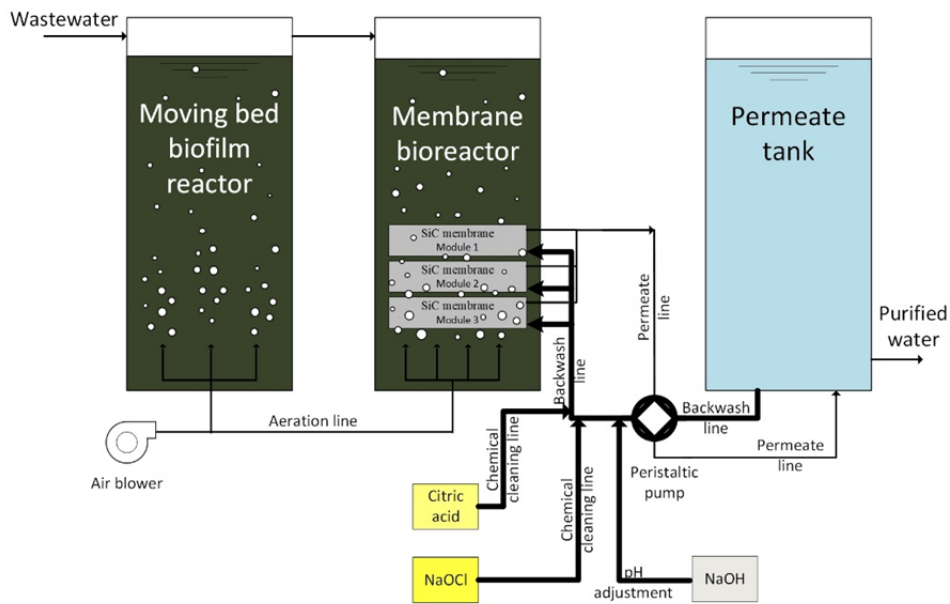


Figure 3. CIP mode

4. Conclusion

Due to water scarcity, development of novel treatment methods such as using of the MBR & MBBR combination. MBBR tanks organized as two sequence chambers, allows to decrease load on membrane separational chamber. In addition, MBBR makes system reliable, stable and independent to raw wastewater quality. At the same time MBR with ceramic membranes allows to receive in the end high quality effluent, that could serve as a alternative water source. The MBR & MBBR combination is the most perspective wastewater treatment system, which should be developed as option for decentralized and centralized system as well.

REFERENCES

1. Sheila M.W. Reddy, Robert I. McDonald, Alexander S. Maas, Anthony Rogers, Evan H. Girvetz, Jeffrey North, Jennifer Molnar, Tim Finley, Gená Leathers, Johnathan L. DiMuro (2015) Finding solutions to water scarcity: Incorporating ecosystem service values into business planning at The Dow Chemical Company's Freeport, TX facility. *Ecosystem Services*, Vol. 12, 94-107.
2. Leyva-Diaz., J. C., & Poyatos, J. M. (2015). Start-Up of membrane bioreactor and hybrid moving bed biofilm reactor-Membrane bioreactor: Kinetic study. *Water Science and Technology*, 72(11), 1948–1953.
3. Lee, W. N., Kang, I. J., & Lee, C. H. (2006). Factors affecting filtration characteristics in membrane-coupled moving bed biofilm reactor. *Water Research*, 40(9), 1827–1835.

ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В БИОРЕАКТОРАХ МОС-2 В ОСЕННЕ-ЗИМНИЙ ПЕРИОД

Поскольку биологическая очистка сточных вод осуществляется живыми организмами, очень важно обеспечение оптимальных и стабильных условий для их жизнедеятельности. Вместе с тем, в составе сточных вод, поступающих на очистные сооружения и на биологическую очистку в частности, в параметрах функционирования очистных сооружений возможны изменения, в том числе сезонные. В этой связи целесообразно изучение закономерностей биологических процессов в разные сезоны года. Данная работа посвящена выявлению особенностей процессов в сооружениях биологической очистки в осенне-зимний период (октябрь – декабрь).

К числу факторов, подверженных изменению и влияющих на состояние активного ила, а, значит, на протекание биохимических процессов относятся: температура, рН, нагрузка на активный ил, содержание кислорода в растворенном или связанном состоянии, доступность компонентов сточных вод для биологического окисления, наличие токсикантов [1].

В течение изученного периода температура воды в аэротенке изменялась от 21,5°C в начале октября до 15,1°C к концу декабря, значение рН находилось в пределах 7,2–7,6, что является удовлетворительным для биологической очистки.

Поступающие на очистные сооружения сточные воды имеют очень высокую долю промышленных загрязнений, среднее значение БПК₅ было несколько выше в октябре (230 мг/дм³), а в ноябре и декабре находилось в интервале 180–185 мг/дм³, в то время, как ХПК составляло 590–600 мг/дм³ в октябре и декабре и 513 мг/дм³ в ноябре. Таким образом отношение БПК₅/ХПК (таблица 1) свидетельствует о доступности для биологического окисления примерно третьей части загрязнений, присутствующих в сточных водах.

Отсутствие корреляции между пиковыми значениями показателей БПК₅ и ХПК можно считать свидетельством того, что имеют место залповые поступления промышленных сточных вод, содержащих трудноокисляемые загрязнения. Уровень загрязнения поступающих

сточных вод по взвешенным веществам, азоту аммонийному и фосфору фосфатному имеет явно выраженные отличия в утреннее и дневное время, наглядно проявляется разница в поступлении азота аммонийного и фосфора фосфатного в будние и выходные дни. Эти факты являются еще одним подтверждением того, что основным источником поступления данного вида загрязнений не является бытовой сектор.

Соотношение $BPK_5/P_{общ.}$ является благоприятным для биологического удаления фосфора, тогда как отношение $BPK_5/N_{общ.}$ можно считать свидетельством недостатка легкоокисляемых органических соединений для процесса денитрификации [1].

Таблица 1

Показатели сточных вод, влияющие на протекание биологических процессов

Показатель	Временной интервал		
	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
$BPK_5/XПК$			
– вход в приемную камеру	37,8	35,8	31,9
– вход в аэротенк	33,5	34,6	41,9
$BPK_5/N_{общ.}$			
– вход в приемную камеру	3,2	3,1	2,8
– вход в аэротенк	2,7	2,7	2,7
$BPK_5/P_{общ.}$			
– вход в приемную камеру	32,6	29,5	28,2
– вход в аэротенк	26,4	23,7	25,9

Первичное отстаивание позволяет снизить содержание азота аммонийного в среднем на 6,3%, фосфора фосфатного на 7,8%. На стадии биологической очистки средняя степень удаление азота аммонийного составила 85,8%, 92,7%, 95,7% за октябрь, ноябрь и декабрь соответственно. Сопоставление содержания разных форм азота в сточных водах, поступающих на биологическую очистку, и в биологически очищенных сточных водах указывает на удовлетворительное протекание процессов нитрификации и денитрификации.

Для очистки сточных вод от фосфора фосфатного также зафиксировано некоторое увеличение эффективности от октября к декабрю (87,3%, 89,7%, 91,1%).

Среднее за месяц содержание хрома в поступающих в приемную камеру сточных водах составило 0,850 мг/дм³, 0,121 мг/дм³ и 0,328 мг/дм³. К числу неблагоприятных для биологических процессов факторов следует отнести залповые поступления хрома: 2,8 мг/дм³ 2 октября, 0,3 мг/дм³ 27 ноября, 0,54 и 0,56 мг/дм³ 4 и 18 декабря соответственно. Следует отметить, что подавляющая часть хрома (от

54,6% в декабре до 74–78% в ноябре и декабре удаляется на стадии первичного отстаивания.

Для оценки состояния активного ила анализировали пробы иловой суспензии, отобранные из сооружений МОС-2.

В биоценозе обнаружены более 30 видов простейших и многоклеточных организмов, из них одновременно встречались 20–28 видов [2]. Видовой состав мало различался на протяжении периода исследований, однако количество организмов отдельных видов и соотношение различных индикаторных групп сильно варьировали.

Для периода наблюдений характерно стабильно малое число крупных раковинных амёб *Arcella vulgaris* и постепенное значительное снижение количества мелких раковинных амёб *Centropyxis* sp., что может быть обусловлено неблагоприятным для этих организмов сезоном года. Доля мелких голых амёб в биоценозе сильно возросла от значений, соответствующих нормальному протеканию процесса очистки (конец октября), до более чем 38% к концу декабря. Одновременно до 15–25% выросла и доля мелких жгутиконосцев (*Bodo saltans*, *Entosiphon sulcatum*, *Petalomonas pusilla* и др.). Количество же хищных крупных жгутиконосцев *Peranema pleururum*, *P. Trichophorum*, напротив, в течение двух месяцев наблюдения снижалось.

Индикаторная группа брюхоресничных инфузорий была представлена видами *Aspidisca costata* и *Euplotes affinis*. Оба вида могут обитать в довольно широких интервалах загрязнённости воды. Доля этих инфузорий значительно уменьшилась на протяжении ноября со значения более 50% до 6–8%. Этот факт может косвенно свидетельствовать о разрушении хлопков ила, что подтверждено результатами микроскопирования образцов иловой смеси. В течение декабря доля этих организмов возросла, однако не превысила 27%.

Найденные в октябре виды кругоресничных инфузорий (*Vorticella convallaria*, *Epistylis* sp., *Opercularia phryganeae*) обычны в активном иле очистных сооружений. Однако к середине ноября возросла численность *Vorticella microstoma*, *Opercularia microdiscum*, для которых характерна устойчивость к неблагоприятным факторам среды. Далее число кругоресничных инфузорий постепенно снижалось и их доля в иле не превышала 10%.

В числе свободноплавающих инфузорий обнаруживались типичные для активного ила виды *Trachelophyllum pusillum* и *Dexiotricha* sp. С конца октября до конца ноября наблюдалась тенденция увеличения численности обоих видов инфузорий, что может свидетельствовать о росте в этот период числа свободных бактерий, не связанных с хлопками активного ила.

О достаточно высоком уровне развития биоценоза говорит присутствие хищных сосущих инфузорий (*Tokophrya quadripartita* и др.), однако постепенное снижение их количества свидетельствует об ухудшении условий обитания.

В период наблюдений отмечено уменьшение численности и низкое видовое разнообразие коловраток, которые в основном принадлежали к обычному для очистных сооружений виду *Rotaria tardigrada*. В ряде проб найдены единичные представители вида *Lecane inermis*. Изредка встречались круглые черви (нематоды).

В пробах иловой суспензии обнаружены не менее четырех различных видов нитчатых бактерий. Тонкие нитчатые образования одного из них в массе присутствовали в составе хлопков ила, что способствовало разрыхлению и снижению плотности последних. Как следствие, иловая масса отличалась низкой седиментационной способностью.

Наиболее благоприятная ситуация как по видовому составу активного ила, так и по соотношению индикаторных групп наблюдалась в конце октября. Далее происходило постепенное ухудшение структуры биоценоза с развитием устойчивых к неблагоприятным условиям видов, массовым размножением мелких организмов низших трофических уровней, снижением доли кругоресничных и брюхоресничных инфузорий, а также хищников и многоклеточных организмов.

Таким образом, за исследованный период эффективность очистки сточных вод существенно не изменилась. Однако, присутствие в биоценозе значительного количества нитчатых организмов свидетельствует о наличии факторов, подавляющих развитие флокулообразующих бактерий (токсичных веществ, низкие концентрации легкоокисляемых органических соединений и др.).

ЛИТЕРАТУРА

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

2. Активный ил: база данных [Электронный ресурс] / Регистрационное свидетельство № 1750900641 от 01.06.2009 г.; – Электрон. дан. (1,3 Гб). – Мн.: Флюрик Е.А., Маркевич Р.М., Гребенчикова И.А., Рымовская М.В., Дзюба И.П., 2009. – 2 электрон. опт. диск (CD-ROM).

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ НАСОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СЕКТОРА ВОДООТВЕДЕНИЯ

Основные требования к насосу для водоотведения

Водоотведение на современном этапе является одной из важных функций жилищно-коммунального хозяйства, обеспечивающей цивилизованный образ жизни и комфорт жителей населенных пунктов развитых государств. Поэтому сектор водоотведения пользуется неизменным вниманием производителей высокотехнологичного оборудования.

Основные требования, предъявляемые к насосному оборудованию, работающему в столь специфичных условиях, диктуют реалии современного общества. Такое оборудование должно предусматривать готовность к высокой степени автоматизации. Обеспечивать режимы бережного использования ресурсов, в частности электроэнергии. Надежно перекачивать сточные воды и, при этом противостоять засорению гидравлической части насосного оборудования. Способствовать уменьшению планового и внепланового обслуживания насосных станций и трубопроводного хозяйства.

Устойчивость канализационных насосов к засорению гидравлики, методы оценки

Если говорить об основной проблеме для насосного оборудования, предназначенного для перекачивания хозяйственно бытовых стоков – засоре, то можно классифицировать два типа засора:

- первый тип «жесткий» или полный засор, который вызывается достаточно крупным загрязнением, поступившим на всас насоса, приводит к немедленной блокировке функции перекачивания жидкости, а иногда и к блокировке рабочего колеса насоса

- второй тип засора, так называемый «мягкий» засор не вызывает немедленной блокировки функции перекачивания и нередко протекает незамеченным для персонала, эксплуатирующего оборудование. Как же это происходит и на что влияет?

Мягкие, твердые и волокнистые включения с перекачиваемыми стоками постоянно поступают в насос; некоторые из них наталкиваются на направляющую кромку лопастей рабочего колеса. Волокна имеют тенденцию к налипанию на кромку, они откладываются внахлест по обеим сторонам лопасти. На прямых и умеренноизогнутых направляющих кромках лопастей эти отложения не срываются пото-

ком, а вместо этого продолжают накапливаться. Эти накопления постепенно будут создавать большие комки и связки относительно твердых органических материалов. По мере того как эти объекты накапливаются в рабочем колесе традиционной конструкции, вероятным становится следующее:

1. Расход потока, проходящего через насос, уменьшается по мере того, как сквозной проход для жидкости начинает ограничиваться осевшими загрязнениями. Это обычно ведет к снижению производительности. Такое явление называется мягким или частичным засором, поскольку насос продолжает работать. Однако перекачивание одного и того же объема жидкости займет большее время при работе с загрязненным рабочим колесом в сравнении с чистым.

2. Потребляемая мощность увеличивается по мере того, как загрязнения накапливаются в улитке насоса и создают сопротивление потоку. Сопротивление приводит к снижению производительности и риску останова электродвигателя насоса по перегрузке. Отложения действуют как сопротивление потоку, увеличивающее потребляемую мощность. Когда рабочий ток превысит ток срабатывания автомата отключения, насос будет выключен по причине сильного засора.

Для оценки способности сопротивления канализационных насосов засору необходим был критерий оценки, и он был сформулирован как условный свободный проход.

Традиционное понятие диаметра условного свободного прохода связано со свободным протеканием среды через рабочее колесо насоса. Диаметр прохода определяется размером самого крупного твердого сферического тела, способного пройти через насос. Это понятие достаточно старо и относится еще к 1915 году, когда затраты на энергию еще не приобрели столь важного значения. Производители насосов интуитивно верили, что засоров можно избежать при диаметре внутреннего прохода равном или большем, чем размеры отходов, способных попасть в систему канализации того времени. В виде общеупотребительной технической характеристики насоса Условный свободный проход окончательно утвердился в 60-х годах 20 века и был принят европейской ассоциацией производителей насосного оборудования.

Производители насосов также верили, что отходы будут проходить через насос так же свободно, как через трубы. Такое конструктивное решение называлось конструкцией с большим или максимизированным размером сквозного прохода. Предполагалось, что больший диаметр прохода сможет повысить надежность и уменьшить количество незапланированных аварийных вызовов. Такие гидравлические конструкции в данной работе считаются традиционными.

Однако образ жизни населения стремительно менялся, особенно начиная с 70-х годов прошлого века, технологическая революция породила обилие новых материалов, в том числе бытового и гигиенического назначения и это, в свою очередь, повлияло на характер стоков. Сегодня основную часть загрязнений, находящихся в хозяйственно бытовых стоках составляют синтетические длинноволокнистые предметы, которые и представляют основную проблему насосного оборудования с точки зрения засоростойчивости.

Развитие засоростойчивых вариантов гидравлической части канализационных насосов

До последнего времени основным рабочим колесом, применяемым в гидравлике канализационных насосов было канальное рабочее колесо. Действительно канальное рабочее колесо обладает прекрасным КПД на чистой воде и к тому же неплохим показателем условного свободного прохода. Однако практика показывает, что канальные рабочие колеса канализационных насосов наиболее подвержены засорам, даже если они обладают оптимизированными формами ведущей кромки элементов гидравлики.

В попытках увеличить сопротивление насосов засорению путем увеличения условного свободного прохода инженеры обратились к вихревому рабочему колесу, традиционно применяемому в водоотведении при горных работах. Действительно такое рабочее колесо обладает увеличенным условным свободным проходом, но засоряется почти так же часто, как и канальное. К тому же КПД вихревого колеса гораздо ниже. Не получила жизненного подтверждения и идея о том, что, при периодической работе насоса, загрязнения будут смываться полностью с вихревого колеса обратным током жидкости после останова насоса.

В наше время существуют лучшие и более совершенные конструкции гидравлической части насоса, позволяющие повысить засоростойчивость насосов сточных вод и обеспечить их длительную эффективную эксплуатацию. Современные самоочищающиеся конструкции со стреловидным дизайном направляющих кромок лопастей и разгрузочной канавкой стали проверенным решением большинства проблем засорения.

Стандартный тест на засорение был разработан компанией Flygt в конце 1990-х годов и используется для испытаний многих существующих типов рабочих колес, а также для проверки инновационных конструкций. Разработки, продолжающиеся уже более 15 лет, привели к созданию усовершенствованных насосов для сточных вод, которые значительно превосходят все традиционные конструкции насосов.

От засороустойчивости к комплексному решению проблем перекачивания стоков. Системы перекачивания стоков с элементами интеллектуального управления

Стоимость ресурсов в современном мире возрастает серьезными темпами, поэтому производителям насосного оборудования для сточных вод приходится решать комплексные задачи. Требование к минимизации энергопотребления диктуют использование частотно регулируемых приводов в системах перекачивания сточных вод и работу насосов на пониженных оборотах. В свою очередь, при определенных условиях это может вести к увеличению отложений в напорных трубопроводах и приемных резервуарах насосных станций, кроме того существует проблема плавающей фракции мусора, образующего со временем на поверхности воды в приемном резервуаре устойчивую корку, мешающую работе насосной станции и часто являющейся источником зловонного запаха.

На крупных КНС проблемы с удалением механической составляющей стоков часто решаются установкой автоматических экранов и решеток с малым прозором (6 мм и менее), но на средних и малых КНС использование такого оборудования достаточно дорого. К тому же это оборудование само по себе является источником дополнительного расхода электроэнергии и требует периодического обслуживания.

Примером комплексного подхода к решению водоотведения для малых КНС является недавно разработанная система FLYGTConcertor, которая сочетает в себе передовую самоочищающуюся гидравлику полуоткрытого типа. Применение встроенного в насос частотно регулируемого привода, совместно с современным синхронным электромотором, для минимизации потребления электроэнергии. Использование комплекса из процессора со специальным программным обеспечением, датчиков контроля состояния насоса и встроенного блока памяти для обеспечения сервисных функций по очистке гидравлики насоса при забивании, очистке приемного резервуара станции от донных отложений и плавающего мусора, очистке от отложений напорного трубопровода. Одновременно с этим насосная система легко интегрируется в существующие системы SCADA и обеспечивает передачу информации о работе и состоянии насосных агрегатов на верхний уровень диспетчеризации.

Вероятнее всего, по нашему мнению, в ближайшее время трудно ожидать каких-то прорывных технологий в области гидравлики центробежных машин, поэтому основной тренд развития канализационных насосных систем будет лежать в области широкого применения оборудования с использованием частотно регулируемого привода и специально разработанного прикладного программного обеспечения.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД НА МИНСКОЙ ОЧИСТНОЙ СТАНЦИИ. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ПРОЦЕССЫ УПРАВЛЕНИЯ. ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИЯ

Образование сточных вод является неотъемлемой частью деятельности любого населенного пункта, промышленного предприятия. Задачей очистных сооружений является очистка сточных вод до требуемых экологических нормативов с минимальными затратами путем использования современных методов очистки их автоматизации. Автоматизация процесса очистки сточных вод уменьшает долю ручного труда, улучшает безопасность работы производственного персонала и создаёт комфортные условия работы за счет применения дистанционного управления технологическими процессами. Автоматизированный процесс обладает более стабильными характеристиками, чем процесс, выполняемый в ручном режиме.

Таким образом, была создана автоматизированная система управления технологическим процессом Минской очистной станции (далее по тексту – АСУ ТП МОС) — группа решений технических и программных средств, предназначенных для автоматизации управления технологическим оборудованием на Минской очистной станции (далее по тексту – МОС).

Цели создания АСУ ТП МОС:

- создание автоматизированных рабочих мест (далее по тексту – АРМ): обеспечение персонала МОС оперативной, достоверной информацией о ходе очистки сточных вод и обработки осадка;
- автоматический контроль и управление технологическими процессами;
- предотвращение выхода из строя технологического оборудования;
- увеличение срока службы технологического оборудования;
- сокращение эксплуатационных затрат;
- улучшение условий труда персонала.

Задачи АСУ ТП МОС:

- мониторинг технологических процессов очистки сточных вод и обработки осадка, осуществляемый в режиме реального времени;
- автоматический сбор и контроль параметров технологических процессов и оборудования;

– своевременная сигнализация о возникновении аварийных и предаварийных ситуаций;

– управления технологическим оборудованием в автоматическом и дистанционном режиме по командам с автоматизированного рабочего места;

– автоматическое формирование архива.

На МОС для обеспечения работы в реальном времени и визуализации технологических процессов, а так же сбора, обработки и архивирования информации реализована Scada-система (от англ. Supervisory Control And Data Acquisition — диспетчерское управление и сбор данных). Scada-система реализована в интегрированной среде разработки TRACE MODE.

АСУ ТП МОС имеет трехуровневую распределенную структуру:

Нижний уровень – совокупность дискретных и аналоговых датчиков, исполнительных механизмов, линий связи и интерфейсов предназначенных для непосредственного измерения технологических параметров и контроля состояния технологического оборудования, а так же выполнения команд управления;

Средний уровень – программируемые логические контроллеры, реализующие систему контроля и управления, а так же интерфейсы связи между ними;

Верхний уровень – АРМ, Scada-система, технологический сервер и архивный сервер.

Комплексная автоматизация Минской очистной станции была начата в 2000-ых годах и выполняется вплоть до текущего времени. На данный момент реализованы следующие проекты:

- АСУ ТП решеток-осветлителей;
- Учет поступающих сточных вод;
- АСУ ТП узла удаления и обработки жировых веществ;
- АСУ ТП подготовки осадка к механическому обезвоживанию;
- АСУ ТП станций приготовления флокулянта, обезвоживания на центрифугах и выгрузки кека;
- Автоматизированная система диспетчерского управления подачи и распределения воздуха по секциям аэротенков;
- АСУ ТП подачи циркуляционного ила в аэротенки;
- АСУ ТП насосной станции хозяйственно-бытовых и дренажных вод;
- Диспетчеризация работы илоуплотнителей.

Энергосбережение является приоритетом государственной политики в решении энергетической проблемы в Республике Беларусь. В целях повышения эффективности использования топливно-энер-

гетических ресурсов принят закон «Об энергосбережении». В соответствии с данным законом на предприятиях должны разрабатываться различного рода программы энергосбережения [1]. Одним из ярких и наиболее эффективных примеров реализации программы было внедрение автоматизированной системы подачи и распределения воздуха по секциям аэротенков. Автоматизированная система подачи и распределения воздуха по секциям аэротенков предназначена для контроля и управления технологическим процессом подачи необходимого количества воздуха и перераспределения его по секциям аэротенков для обеспечения качественной очистки сточных вод при оптимальных энергетических затратах.

Пример визуализации фрагмента данной системы представлен на рисунке 1.

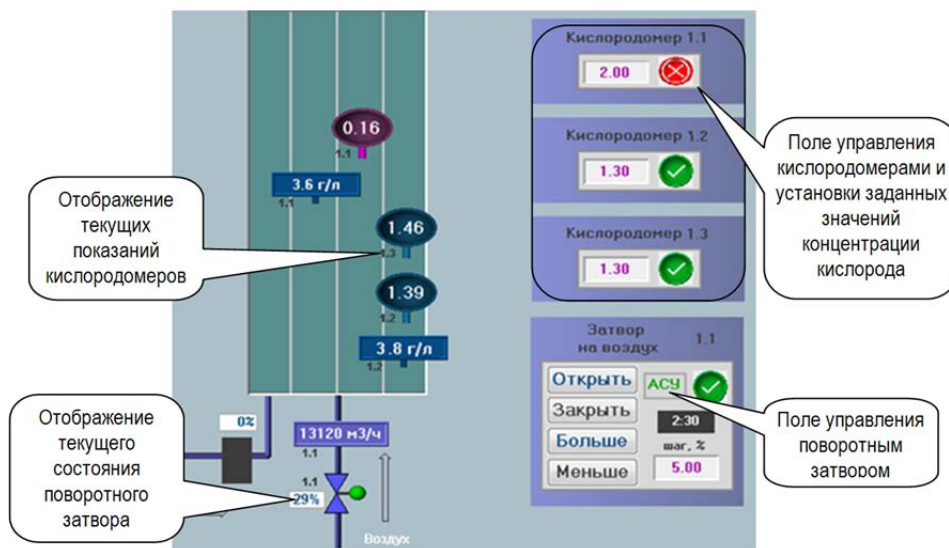


Рисунок 1. Фрагмент экранной формы аэротенка в Scada-системе

Функционирование системы основано на работе двух, взаимосвязанных между собой контуров регулирования. Задача первого контура заключается в перераспределении подаваемого от нагнетателей воздуха по секциям аэротенков для поддержания оптимальной концентрации растворенного кислорода в секции. Задача достигается посредством управления поворотными затворами. Задача контура № 2 заключается в регулировке производительности воздуходувных нагнетателей для обеспечения подачи в аэротенки требуемого количества воздуха. Возможность снижения производительности воздуходувных агрегатов обусловлена неравномерностью притока сточных вод и неравномерностью поступления загрязняющих веществ в составе сточных вод в течении суток.

Иными словами система подачи и распределения воздуха по секциям аэротенков позволила обеспечить выполнение следующих аспектов:

1) равномерное распределение подачи воздуха по секциям аэротенков;

2) регулирование производительности воздуходувных агрегатов, что влечет за собой:

а) подачу воздуха в количестве необходимом для эффективной очистки сточных вод, т.е. для поддержания заданной концентрации кислорода;

б) экономию электроэнергии за счет снижения производительности воздуходувных агрегатов.

Автоматизация и диспетчеризация узла обработки образуемых в процессе механической и биологической очистки осадков сточных вод, также является одной из важных задач. Обработка осадков сточных вод на МОС включает: уплотнение избыточного активного ила (гравитационное), обезвоживание (центрифугирование) смеси избыточного уплотненного активного ила и сырого осадка после первичного отстаивания. Для обезвоживания осадков применяется полимерный реагент – флокулянт. Работа станции приготовления флокулянта осуществляется в автоматическом режиме и заключается в приготовлении и созревании маточного раствора флокулянта для последующей подачи в центрифугу.

Помимо станции приготовления флокулянта основным объектом автоматизации процесса обезвоживания является управление центрифугой. Оператору необходимо нажать лишь одну кнопку на панели оператора, чтобы запустить центрифугу. В зависимости от текущего выбора оборудования и параметров конфигурации системой принимается решение о необходимых процедурах, определяются наиболее подходящие из запрограммированных алгоритмов и в результате чего запуск центрифуги до рабочей скорости осуществляется центрифугу безопасно и эффективно. Такие запрограммированные автоматические процедуры управления называются последовательностями. Последовательности используются для управления центрифугой и сопутствующим оборудованием в режимах пуска, отключения, мойки, производства. Автоматическое управление процедурами устраняет необходимость вмешательства оператора, снижая вероятность возможной его ошибки, и обезвоживание осадка происходит максимально эффективно.

Обезвоженный осадок по линиям шнековых транспортеров распределяется между двумя бункерами-накопителями кека. Каждый бун-

кер снабжен так называемым «живым дном» которое позволяет транспортировать кек для последующей его загрузки в автотранспорт. При выгрузке кека, в зависимости от уровней в бункерах-накопителях, система включает в работу определенные уставками шнеки «живого дна».

Одним из последних реализованных проектов на МОС стала диспетчеризация работы илоуплотнителей, которая явилась центральным связующим элементом оперативного управления работы илоуплотнителей. Назначение диспетчеризации состоит в дистанционном управлении с АРМа, визуализации, сигнализации и архивации информации о состоянии технологического оборудования в режиме реального времени в АСУ ТП МОС. Перечень контролируемых показателей включает в себя: уровень ила в илоуплотнителях, плотность и расход уплотненного избыточного активного ила, основные рабочие параметры насосных агрегатов, контроль и управление положением шиберов на выходе из илоуплотнителей. Непосредственно на рабочем месте оператора на смену шкафов сигнализации пришла панель оператора на базе программируемого, логического контроллера. Контроллер не только предоставляет информацию о состоянии оборудования, но и управляет их работой в соответствии с логикой технологического процесса. С панели оператора на интерактивном сенсорном экране или с АРМа достаточно выбрать любой агрегат, задвижку, шибер и указать соответствующую ему команду. На объекте реализовано несколько защитных мероприятий: от перелива в приемном резервуаре шлама, куда происходит откачка уплотненного избыточного активного ила на обезвоживание и защита от холостого хода насосного агрегата при минимальном уровне в приемном резервуаре.

Конечной целью разработки АСУ ТП МОС является максимальная автоматизация, охватывающая всю технологическую цепочку очистки сточных вод и обезвоживания осадка, что способствует повышению надежности и снижению себестоимости очистки сточных вод.

ЛИТЕРАТУРА

1. Закон Республики Беларусь № 239-З Об энергосбережении от 8 января 2015 г. С. 11.

СОРБЦИОННЫЙ МЕТОД ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ОРГАНИЧЕСКИХ КРАСИТЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИРОДНЫХ ЦЕОЛИТОВ

В современных условиях проблема рационального использования природных ресурсов, экологическая безопасность и охрана окружающей среды является актуальной. Одним из направлений воздействия на экосистемы и их восстановление, является очистка сточных вод от загрязнений органическими красителями текстильно-красильного производства, которые вызывают изменения свойств экосистем через уничтожение живых организмов в водоемах.

Существует достаточно много различных методов очистки воды, однако, одним из самых эффективных и часто используемых является сорбционный метод. Учитывая сравнительно невысокую себестоимость и доступность применения, природные сорбенты вызывают особый интерес для создания современных технологий очистки сточных вод от органических загрязнений [1].

Анализ показывает, что на сегодняшний день природные сорбенты на основе глин, как компонент технологии очистки воды от красителей, не получили широкого применения в действующих технологических системах, распространенных на территории Украины и стран СНГ. Однако, учитывая физико-химические свойства глин, а также химический состав загрязненных вод текстильных производств, их применение становится актуальным.

В данной статье представлены результаты работы по исследованию процессов очистки воды от красителей сорбционным методом с использованием природных цеолитов. В качестве объектов исследования применялись модельные растворы красителей и сточные воды красильно-текстильного производства.

В работе использовался цеолит Сокирницкого месторождения Закарпатской области (Украина). Цеолиты - это минералы из группы водных алюмосиликатов щелочных и щелочно-земельных элементов. Ионообменные свойства определяются особенностями химического строения ионов и кристаллической структуры сорбента. В состав цеолита входят клиноптилолит (до 70%), монтмориллонит (2–4%), кварц

(10%), опал, вулканическое стекло и другие компоненты. Общая молекулярная формула имеет вид $Mx/n[Al_2O_3]x(SiO_2)] \cdot nH_2O$. Сорбент обладает повышенной пористостью, что придает материалу высокие гидродинамические характеристики. Пористая структура цеолита содержит активные обменные центры и предопределяет уникальные адсорбционные, катионообменные и каталитические свойства. В работе использовались цеолиты с размером фракций 1–5 мм.

В качестве модельного раствора использовался раствор текстильного красителя активного желтого ЗКВТ с массовой концентрацией 10 мг/дм^3 , широко используемого для окрашивания целлюлозных, полиамидных и других волокон [2]. Навеску цеолита вместе с раствором красителя (оптимальное соотношение 1:5) подвергали постоянному перемешиванию с помощью лопастной мешалки. Каждые 15 минут в течение 1,5 часа отбирались пробы красителя и исследовались его оптические свойства спектрофотометрическим методом, используя спектрофотометр марки UV-5800PC.

Результаты исследований раствора красителя активного желтого ЗКВТ изображено на рисунке 1.

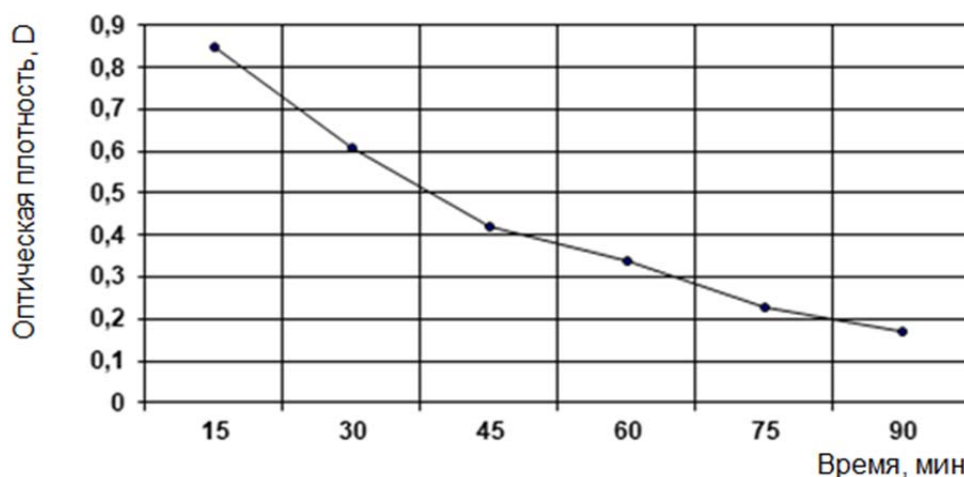


Рисунок 1. Кинетическая кривая очистки стоков от красителя активного желтого ЗКВТ с использованием цеолита размером фракций 1-5 мм

Функция распределения оптической плотности во временном интервале указывает на интенсивное поглощение красителя сорбентом. Характер изменения значений представленной функции, позволяет утверждать, что цеолит, как сорбент, обладает достаточной эффективностью. Таким образом, можно предположить, что цеолит будет обладать эффективностью, соизмеримой с модельными значениями, в условиях его применения для очистки реальных сточных вод текстильного производства.

Согласно плану эксперимента, а также основываясь на показателях очистки воды при моделировании, для исследований применялись сточные воды красильно-текстильного производства ЧАО «Черкасский шелковый комбинат» (г. Черкассы). Пробы сточных вод отбирались в интервалах, равным 6 суткам, (усредненная средненедельная проба) и в течение всего года (сезонные пробы).

В качестве сорбента использовался нативный и активированный цеолит. Термическая активация осуществлялась в муфельной печи СНОЛ –1,6 2,5 1/9-И4 при температуре 450°C в течение 4,5 часов, после чего прокаленный цеолит охлаждался без доступа воздуха. Для проведения исследований, была создана лабораторная стендовая установка ионитового типа. Оптические свойства очищенной воды исследовались спектрофотометрическим методом.

Результаты спектров поглощения сточной (исходной) воды и очищенной представлены на рисунках 2 и 3.

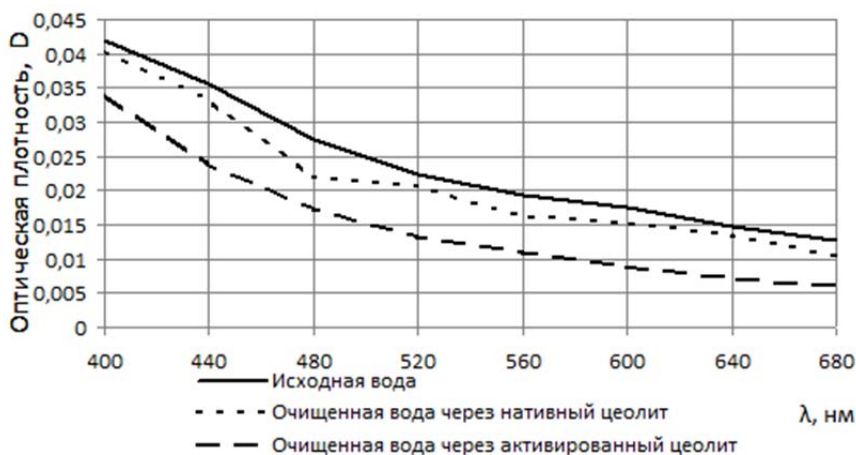


Рисунок 2. Спектры поглощения исследуемых образцов сточной воды, взятой в зимний период

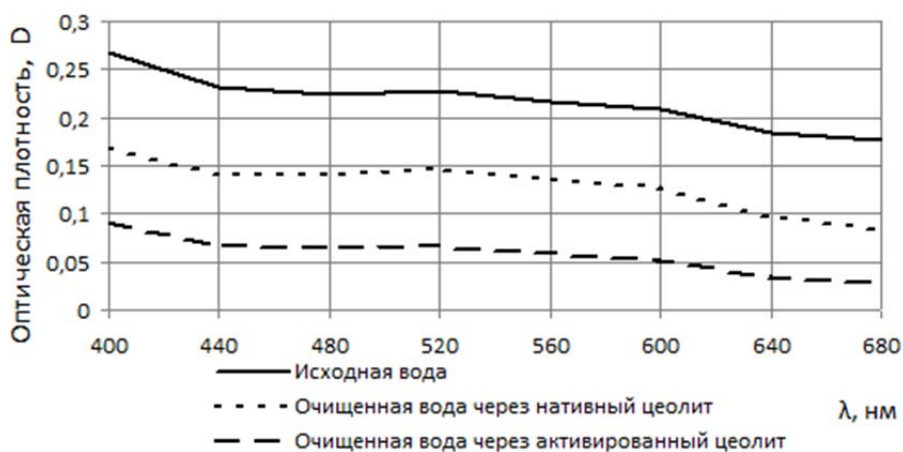


Рисунок 3. Спектры поглощения исследуемых образцов воды, взятой в летний период

Таким образом, предположение об эффективном применении цеолита, как сорбента, при решении задачи очистки сточных вод текстильного производства, получило практическое подтверждение после проведенных исследований. В результате экспериментального применения цеолита был получен ряд эмпирических показателей, доказывающих, что термически активированный цеолит имеет лучшие сорбционные свойства, очищает сточные воды, уменьшая тем самым цветность воды за счет поглощения молекул органических красителей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пыркова М. В. Сорбенты в очистке сточных вод красильно-отделочного производства / Меньшова И.И., Фролова Е. А., Чупартинова Э.М. // Бутлеровские чтения. – 2014. – Т.37, № 2. – С. 52–56.
2. Бородкин В. Ф. Химия красителей. – М.: Химия, 1981. – 248с.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЗАТРАТ НА ОБЕЗВОЖИВАНИЕ ОСАДКОВ МАЛЫХ И СРЕДНИХ (ДО 100 000 М³/СУТКИ) ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Одним из важнейших этапов очистки сточных вод является механическое обезвоживание осадка первичных отстойников (или промышленных шламов, получаемых методом флотации или осаждения) и/или избыточного активного ила. Для их обезвоживания в настоящее время на очистных сооружениях канализации (ОСК) в основном используются ленточные фильтр-прессы, центрифуги и мультидисковые шнековые дегидраторы.



Рис. 1. Шнековый мультидисковый дегидратор MDQ (ОС, г. Озд, Венгрия)

Каждый тип оборудования для обезвоживания имеет свои достоинства и недостатки, которые обеспечивают наибольшую применимость в конкретных условиях, прежде всего в зависимости от типа и объема обезвоживаемого осадка. Так, например, применение центрифуг оправдано, в первую очередь, для масло- и жиросодержащих осадков, а также осадков с высоким содержанием избыточного активного ила. В то же время не рекомендуется их применение при работе с осадками, содержащими абразивные включения, которые из-за недостаточно качественной механической очистки встречаются на отечественных ОСК очень часто. Достоинствами применения ленточных фильтр-прессов являются высокая производительность, особенно

ощутимая при работе с осадками первичных отстойников, низкая энергоёмкость и достаточно низкие затраты на обслуживание и ремонт. Дегидраторы наиболее универсальны по типам осадка и демонстрируют отличные результаты (содержание сухого вещества (далее – СВ) в кеке 18-25%), при работе с различными осадками, в том числе с масло- и жиросодержащими осадками, осадками с низким либо высоким содержанием СВ исходного осадка, с осадками, содержащими абразивные включения что обуславливает повсеместную применимость данного оборудования.

Сравнение технологических эксплуатационных затрат

Центрифуги позволяют добиться довольно высокого содержания сухого вещества и чистого фильтрата. Однако такие результаты возможны только при высокой скорости вращения барабана, что формирует высокие затраты электроэнергии и увеличение дозы флокулянта. Высокие эксплуатационные расходы – обратная сторона технологических преимуществ центрифуг.

Ленточные фильтр-прессы и дегидраторы – гораздо более энергоэффективное оборудование. Достаточно низкая скорость вращения шнеков дегидраторов сопоставима с низкой скоростью вращения валов фильтр-прессов. В результате затраты энергии в процессах с применением данных типов оборудования значительно ниже, чем при центрифугировании. В табл. 1 приведено сравнение затрат на электроэнергию, для рассматриваемых типов оборудования, включая энергозатраты основного агрегата и вспомогательного оборудования (насосы осадка, флокулянта и промывной воды, установки приготовления реагента).

Таблица 1

Сравнение затрат на электроэнергию, кВт*ч на 1 кг СВ осадка

	Центрифуга	ЛФП	Дегидратор
Затраты на электроэнергию, кВт · ч на 1 кг СВ осадка	≈ 0,1 Высокие	≈ 0,03 Низкие	≈ 0,028 Низкие

Благодаря встроенной ёмкости флокуляции с регулируемым плавным перемешиванием, которое можно контролировать, дегидраторы потребляют меньше этого дорогостоящего реагента, чем центрифуги, в которых перемешивание происходит уже в закрытом барабане при высоких скоростях, из-за которых зачастую происходит разбивание крупных флокул на более мелкие.

	Центрифуга	ЛФП	MDQ
Потребление флокулянта, кг/тонну СВ осадка	4–10	3–6	2–5

Всё рассматриваемое оборудование для обезвоживания в конце каждой рабочей смены должно проходить через процедуру обязательной чистки рабочих частей, соприкасающихся с осадком и фильтратом. Барабаны центрифуг в конце смены заполняют водой для внутренней очистки. Во время работы дегидратора вода с давлением и расходом, как в обычном водопроводном кране, включается автоматически на короткое время не более. Вода в дегидраторе не используется для очистки фильтровальных прозоров (так как те и без того обладают свойством самоочищения), а нужна только для очистки внешней поверхности барабана. Ленточные фильтр-прессы во время процесса работы постоянно нуждаются в воде под давлением для очистки фильтровальных пор своих лент, поэтому по потреблению воды значительно опережают и центрифуги, и дегидраторы.

Сравнение потребности в промывной воде приведено в табл. 2.

Таблица 2

Сравнение потребности в промывной воде

	Центрифуга	ЛФП	MDQ
Потребность в промывной воде	Используется в конце цикла работы для очистки внутренних поверхностей агрегата; 2–5 м ³ воды за смену	Используется для очистки фильтровальных пор лент; потребность от 20 до 40 % от объёма исходного осадка.	Используется для промывки внешней поверхности барабана приблизительно 1 раз в 10 мин; потребность в промывной воде составляет 1–2% от объёма осадка; 0,05–1 м ³ воды за смену

Нередки случаи, когда в исходном обезвоживаемом осадке содержится много абразивных включений (особенно это касается осадков первичных отстойников). Шнеки и барабаны центрифуг очень чувствительны к таким осадкам; зачастую проблемы возникают уже через 2000–3000 ч после начала эксплуатации, а через 3000–7000 ч необходимо производить ремонт и замену шнека, что может достигать 20–40 % стоимости новой центрифуги. Ситовые ленты фильтр-прессов также могут быть подвержены повреждениям острыми краями абразивных включений, что значительно сокращает их срок службы и увеличивает содержание взвешенных веществ в фильтрате. Дегидраторы с их сверхнизкими скоростями вращения менее подвержены влиянию абразивных включений в осадке, поэтому могут эффективно эксплуатироваться без риска необходимости ремонта и замены частей барабана 5–7 лет эксплуатации после запуска.

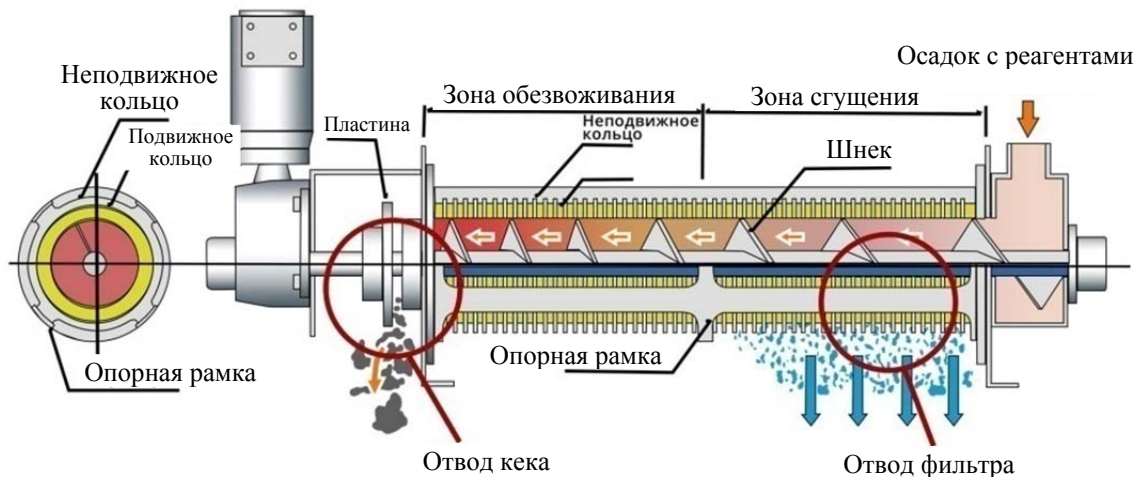


Рис. 2. Конструкция обезвоживающего барабана шнекового мультидискового дегидрататора MDQ

Для обслуживающего персонала, а также с позиций минимизации воздействий на окружающую среду, немаловажны характеристики оборудования по шуму и вибрациям, а также выделению загрязняющих и дурнопахнущих веществ в воздух. Дегидраторы объединяют все положительные черты, присущие другим типам оборудования – их барабаны закрыты кожухами, что, как и при использовании центрифуг, препятствует распространению запахов в цехе. Также, как и ленточные фильтр-прессы, шнековые дегидраторы при работе не шумят и не вибрируют (у дегидраторов даже отсутствует дополнительный шум от промывных форсунок, как это есть в фильтр-прессе). Таким образом, обустройство помещения обезвоживания для установки дегидраторов не потребует затрат на специальную шумовую защиту и защиту от вибраций, а также усиленных систем вентиляции с последующим обслуживанием еще и этих дополнительных систем. Сравнение по данным параметрам приведено в табл. 4.

Таблица 4

Сравнение по шуму, вибрации, выделению запахов

	Центрифуга	ЛФП	MDQ
Шум и вибрация	Высокие значения шума – более 70 дБ. Для предотвращения передачи вибрации необходимо устраивать специальные фундаменты	Сам агрегат не шумит и не вибрирует, но достаточно сильный шум издают промывочные форсунки (50 дБ)	Вибрация практически отсутствует, а шум от форсунок бывает периодически (минуту-две в час) – в пределах допустимой нормы
Распространения запахов и санитарное состояние в цехе	Закрытая компактная система исключает распространение газов и запаха	Необходима надёжная система вентиляции и очистка оборудования после каждой смены	Закрытая компактная система, исключает распространение газов и запаха

Расходы на техническое обслуживание и ремонт

К сервисному обслуживанию были отнесены как рутинные работы по техническому обслуживанию, которые производятся местным персоналом обслуживающей организации, так и более сложные сервисные работы, к которым необходимо привлекать более квалифицированный персонал со стороны или представителей заводов-производителей.

В отличие от ленточного фильтр-пресса, который в своей конструкции содержит значительное количество валов с подшипниковыми узлами, которые необходимо смазывать порядка 3–5 раз в год, дегидраторы вообще не оснащены подшипниками качения и не нуждаются в рутинной смене смазки.

Большую сложность представляет ремонт шнека центрифуг. Произвести качественный ремонт (напыление или приваривание износостойкого покрытия, балансировка и т.п.) шнека центрифуги в условиях ремонтного цеха эксплуатирующего предприятия практически невозможно, поэтому ремонтные работы производятся на заводе изготовителя или на его ремонтной базе. Поскольку основная масса качественных центрифуг для обезвоживания осадков сточных вод производится за рубежом, ремонтные работы сопряжены с длительными сроками простоя оборудования. Стоимость ремонта шнека центрифуги достигает 25–40 % от стоимости самой центрифуги и довольно часто производится 1–3 раза за 5–9 лет эксплуатации оборудования.

Основным расходным материалом на фильтр-прессах являются ситовые ленты и манжеты подшипников, необходимость замены которых возникает один раз в 1,5–3 года. Ремонт валов (восстановление полиуретанового покрытия) может понадобиться раз в 6–10 лет.

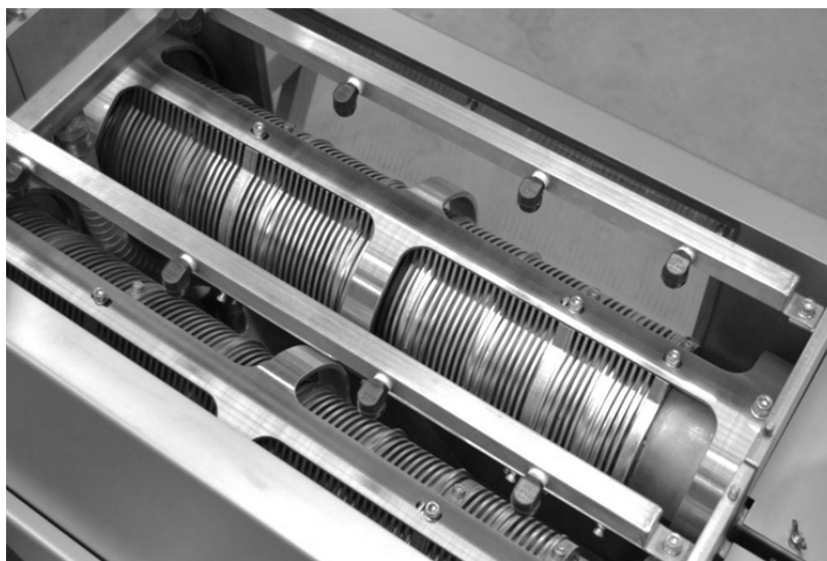


Рис. 3. Шнек мультидискового дегидратора MDQ

В тоже самое время опыт эксплуатации дегидраторов на объектах заказчиков показывает, что первые 4–6 лет эксплуатации данное оборудование не нуждается в каком-либо сервисном обслуживании основного рабочего агрегата – обезвоживающего барабана. По истечении данного срока может возникнуть необходимость замены комплекта подвижных колец, что составляет всего 10 % от стоимости оборудования, а после 6–10 лет работы необходима будет замена шнека, что может составить 15–20 % от первоначальной стоимости дегидратора.

Сравнение по стоимости сервиса, основанное на анализе эксплуатационных затрат ряда предприятий, приведено в табл. 5.

Таблица 5

Сервисные затраты и трудозатраты

	Центрифуга	ЛФП	Дегидратор
Сервисные затраты за 5 лет эксплуатации (в % от стоимости оборудования)	25-40	20-25	Не более 15
Трудозатраты на техническое обслуживание	Высокие	Высокие	Низкие

Опыт эксплуатации различных типов оборудования для механического обезвоживания осадка на очистных сооружениях муниципальных и промышленных предприятий свидетельствует о том, что дегидраторы являются наиболее привлекательным решением в плане простоты технического обслуживания и общих эксплуатационных затрат. В их пользу говорят следующие факты:

- дегидраторы являются самыми экономичными агрегатами для обезвоживания осадков по потреблению основных ресурсов – дорогостоящих реагентов, электроэнергии, воды;

- дегидраторы являются самыми привлекательными агрегатами для операторов – в процессе работы дегидраторы не шумят, не вибрируют, от них не исходит испарений и запахов, их легко мыть и обслуживать в конце смены;

- дегидраторы практически освобождают сервисный персонал эксплуатирующей организации от рутинных мероприятий технического обслуживания в силу неприхотливости своей конструкции;

- основные обезвоживающие узлы (барабаны) дегидраторов очень надёжны и не требуют проведения дорогостоящих ремонтных и сервисных работ.

ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД ОРГАНИЗАЦИИ ВОДООТВЕДЕНИЯ МАЛЫХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

Малые канализационные очистные сооружения (КОС), согласно [1] их производительность до 1000 м³/сут, имеют ряд проблем, среди которых технические, организационные и экономические [2,3]. Это зачастую приводит к их неэффективной работе, низкой надежности и увеличению негативного влияния на окружающую среду.

Достижение установленных природоохранных нормативов на малых КОС представляется проблематичным [4]. Это приводит к штрафным санкциям водопользователям.

Собранные и проанализированные статистические данные по работе сооружений показывают высокую кратность превышения ПДК. Полученные данные приведены в рис.1.

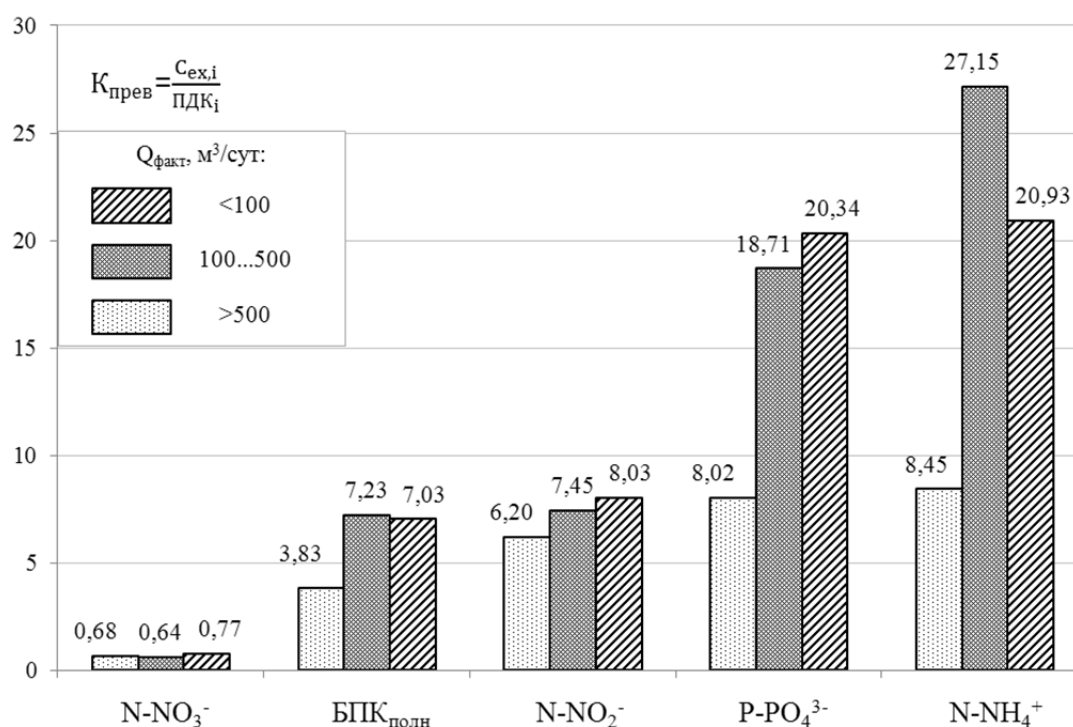


Рис.1. Кратность превышения ПДК

При проектировании, монтаже и эксплуатации малых КОС необходимо учитывать их особенности, наиболее характерными из которых являются:

- Частые пиковые нагрузки на сооружения по объему и составу сточных вод, высокая неравномерность нагрузки.

- Удаленность объектов, что затрудняет их быструю эксплуатацию и удорожает строительство, вводит ограничения на размеры конструкций с учетом транспортных габаритов.

- Высокая себестоимость капитальных и эксплуатационных затрат ввиду удорожания очищаемого 1 м^3 .

- Низкая эффективность обслуживания ввиду отсутствия или неподготовленности обслуживающего персонала.

Данные особенности накладывают ограничения на применяемые технологические решения, определяющим при этом становятся габаритные размеры транспортировки. В противном случае потребуется возведение объекта на месте, что резко увеличивает его себестоимость.

Транспортное ограничение сооружений по высоте (рабочая глубина сооружений биологической очистки и отделения биомасс не превышает 2,1 м) делает практически недоступным применение технологий с активным илом, особенно при дозе выше 3 г/л.

Так обследование мобильных сооружений производительностью $30 \text{ м}^3/\text{сут}$ показало, что при пиковых поступлениях, которые отмечались регулярно, происходит практически полное вымывание активного ила из реактора, что обнуляет работоспособность сооружений. В рабочем режиме сооружений наблюдался периодический вынос активного ила.

Учитывая особенности малых КОС наибольшую надежность и эффективность их работы можно обеспечить за счет:

1. Применения эффективных технологических решений.

2. Комбинирования централизации и децентрализации при водовыведении и очистке сточных вод.

3. Максимальная возможная автоматизация.

Для малых КОС наиболее перспективными выглядит применение реакторов с прикрепленным биоценозом. Возможно и комбинирование биомасс, в одном реакторе могут находиться активный ил и биопленка, при условии удержания ила от выноса с очищенной водой.

Особенностями данных технологических решений являются:

- Устойчивость прикрепленного биоценоза к пиковым нагрузкам.

- Понятное управление технологическими зонами.

- Сокращение количества осадка.

- Минимальная потребность в технологическом контроле.

- Простота монтажа и обслуживания.

Сравнение биореакторов с активным илом и биопленкой приведено в табл. 1.

Особенности биореакторов с различным биоценозом

Параметр	Активный ил	Биопленка
Пиковый приток	Возможен вынос	Устойчив
Технология	Требуется четкое разделение кислородных зон	Возможно сокращение числа кислородных зон
Обслуживание	Требуется контроль дозы ила, возможно вспухание и вынос ила	Не требуется контроль дозы, периодическое открепление, сложно оценить дозу
Экономика	Не требует дополнительных накопителей биомассы	Позволяет увеличить рабочую дозу, требует дополнительных затрат на накопители биомассы
Параметры сооружений	Требуется большей глубины для предотвращения выноса или большей площади при малых «рабочих» дозах	Возможно снижение глубины при незначительном уменьшении площади за счет повышения «рабочей» дозы

При выборе между централизованными и децентрализованными системами для групп близ расположенных малых КОС важно объединить их преимущества и недостатки.

Так при централизованной системе для каждого населенного пункта организуется перекачка сточных вод на единые КОС. Сервисные бригады обслуживают протяженные канализационные сети и большое число КНС.

Для децентрализованной системы возрастает число КОС, требующих обслуживания, сокращается число требующих обслуживания сетей и КНС.

Оптимальным в данном случае является частичная децентрализация, при которой сохраняется часть КНС, а некоторые КОС охватывают малые подгруппы населенных пунктов. При таком раскладе общие затраты на обслуживание значительно не изменяются, перераспределяется их направленность с учетом количества КНС, сетей и очистных сооружений.

Подобные системы можно удаленно контролировать, сокращая затраты на обслуживание и решая вопрос дефицита квалифицированных кадров в малых населенных пунктах.

Система «удаленный технолог» позволяет по сети интернет передавать требуемую информацию для оценки эффективности работы и мониторинга состояния КОС. Также удаленно возможно изменение технологического режима или выявление потребности в выезде сервисной бригады. В таком подходе существенно сокращаются эксплуатационные затраты и повышается эффективность решений за счет работы опытного и квалифицированного персонала.

Малые КОС являются отдельной отраслевой нишей, требующей отдельного подхода к повышению эффективности и надежности, для них неприменимы решения, работоспособные на крупных объектах. Комбинирование эффективных технологий, логичного канализования и грамотной эксплуатации позволяют добиться значительных улучшений экологической обстановки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 10-2015 «Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов».

2. Кулаков А.А. Совершенствование малых канализационных очистных сооружений / «Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения». 2017. - № 5. – С. 27–36.

3. Кулаков А.А. Оценка современного состояния малых коммунальных очистных сооружений канализации / А.А. Кулаков // «Вода и Экология. Проблемы и решения». Санкт-Петербург: ЗАО «Водопроект» - Гипрокоммунводоканал, 2015. – № 1. – С. 26–39.

4. Экологическая оценка комплекса «водный объект – выпуск очищенных сточных вод/ Кулаков А.А.// Водоснабжение и санитарная техника. 2013. № 5. С. 25–30.

STUDYING THE RED MUD PROPERTIES AS SORBENT

The problem of recycling alumina wastes is a serious test for many countries around the world. According to various sources, it has been established that for every tone of the produced aluminum there is formed from one to two tons of waste "red mud". In the world, about 750 million tons of aluminum were made over the past 20 years (Fig. 1). Accordingly, red mud already accumulated from 750 to 1500 million tons which are practically not used but just stored in the sludge storages, which determines the urgent need for its utilization and recycling.

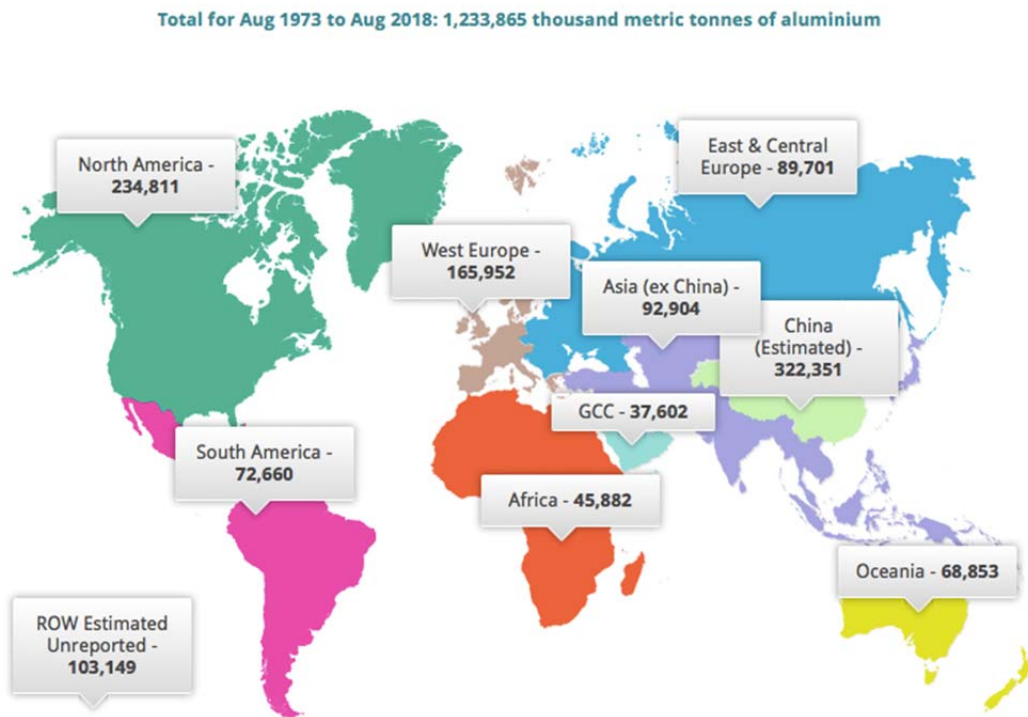


Figure 1. Total amount of aluminum produced in the world from 1997 to 2018 [1]

In Ukraine, there are two enterprises that produced aluminum: Nikolaev alumina plant, LTD (NAP) and Zaporizhzhya Aluminium Plant, PJSC (ZALK). Bauxite, that processed by NAP, basically consists of goethite, gibbsite, boehmite, amorphous aluminum hydroxide and, to a lesser extent, kaolinite, quartz, rutile etc. By-products (red mud) in their composition contain from 40 to 55% of ferric oxides, from 14 to 18% of aluminum oxides, from 4 to 6% of titanium oxides, from 5 to 10% of silicon and calcium oxides, etc.[2].

The diverse composition of the valuable components of red mud allows to use it as a raw material for creating a wide range of products that can be used in various fields. Thus, in particular, red mud is used as raw material for the production of building materials (cement, brick, ceramic tile, foam blocks, etc.); for extraction of useful components (metals) and in environmental processes as reagents for water treatment.

The using of red mud as a raw material for the reagents production for the removal of impurities of various origins from wastewaters is quite promising [2,3].

The purpose of this work is to check the kinetic patterns in order to determine the composition and characteristics of the red mud and sorption materials based on it, to verify the sorption properties of the samples on the example of the dye of methylene blue. To solve this goal, it was necessary to solve the following tasks: to synthesize samples of sorption materials that based on red mud; investigate the effect of storage conditions on the properties stability of red mud and sorption materials that based on it; verify the application efficiency of the obtained sorption materials in the water treatment technology.

In the work process, 3 samples of sorption materials were checked: raw red mud, taken directly from the sludge storage facility, dried at 105°C (RM); heat treated red mud at 600 °C(RMT) for 2.5 hours and with the addition of a magnetic fluid (RMM).RMM was prepared as follows: the magnetic fluid was first synthesized, which was injected into the prepared sample of red mud with constant stirring for 30–40 minutes and heated to a temperature of 60°C, followed by drying the sample to a constant mass at a temperature of 80°C, ensuring uniform distribution of magnetic particles fluid in the structure of red mud[4].

Synthesis of the magnetic fluid was carried out as follows: the weights of the iron (III) and iron (II) were dissolved in a 2M solution of hydrochloric acid with a molar ratio $\text{Fe}^{2+} : \text{HCl} = 1 : 6$, stirred and added distilled water. The thus obtained solution was transferred to a chemical glass and, at constant stirring and pH control, it was neutralized with a concentrated solution of ammonium hydroxide to a pH of 9-9.1 at a feed rate 1-2 drops per second. The resulting solution was washed three times and separated from the liquid phase by a magnetic field.

For the obtained sorption samples kinetic regularities were investigated. The results of pH changing of sorption materials over time are shown in Fig. 2. So, with time increasing for the first 30 seconds for all samples there is a dramatic increase in pH, then the curve goes to the plateau.

The water extract pH of the RM sample varies from 8.4 to 10 due to the partial dissolution of the alkaline components of the raw red mud. The slight decrease in the pH range for RMM from 7.9 to 9.6 is caused by the

pH of the medium of magnetic fluid. For the water extract of RMT there is a significant increase in the pH reaching 11.8 at the contact time 600 sec due to the transition of CaCO_3 as a part of the red mud content in CaO , followed by a washout in the form of $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

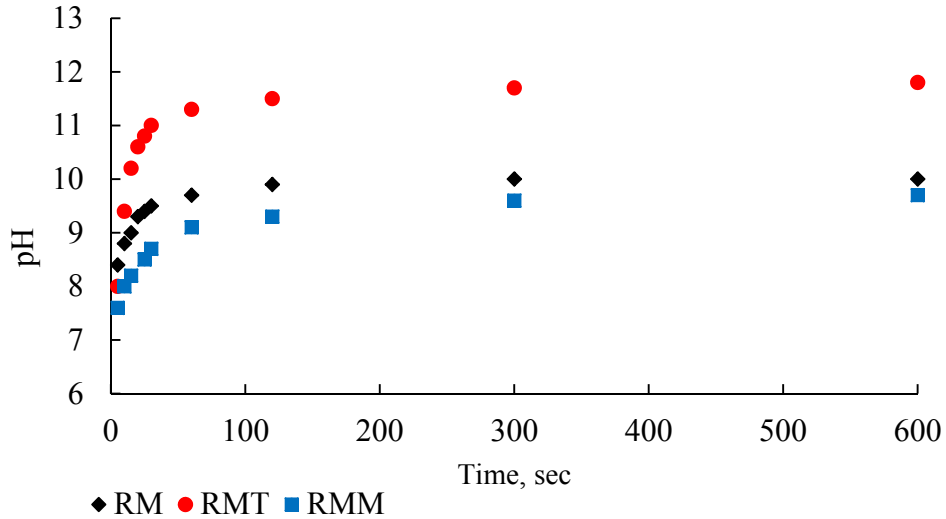


Figure 2. Kinetic patterns of sorption materials

At the temperature processing of the RMT, an increase in the pH of the aqueous extract was observed due to the transition of CaCO_3 as a part of the red mud into CaO , followed by washing-out in the $\text{Ca}(\text{OH})_2$ form. When led into the sample of a magnetic fluid, we observe a slight decrease in the pH that associated with the pH of the medium of the magnetic fluid.

The effectiveness of the sorption materials using was checked on model water containing methylene blue dye with a concentration 10 mg/l, the dose of the sorbent was 2 g/l, the sorption duration for 5 hours, the pH of the medium 5.5 - 7 (Fig. 3).

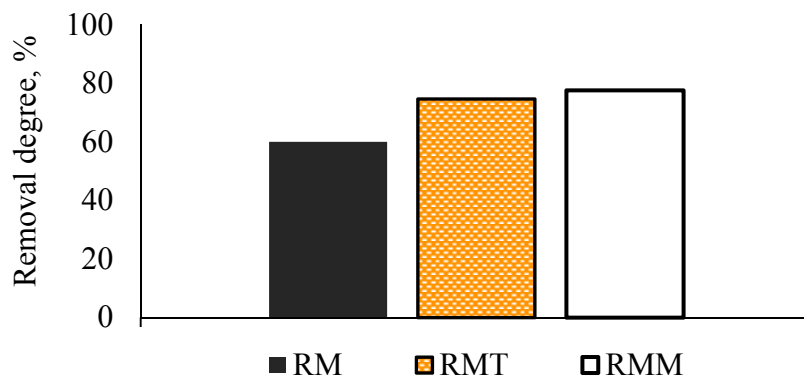


Figure 3. Removal efficiency of the dye methylene blue with different samples of sorbents

It was established that using of an initial RM allows to treat wastewater from dye for 60%, the efficiency of using of RMT and RMM is higher and takes 74.5% and 77.5% respectively, which correlates with the using of commercial sorption materials. The advantage of RMM using is the simplicity of separation due to the introduction of a magnetic fluid into the sample. However, this does not significantly affect the sorption properties of RMM, but only make more expensive compared to RMT.

Consequently, waste from alumina production red mud is a promising raw material for the sorption materials production. However, it is promising to create sorption materials thermally activated RMT, which have high efficiency and are cheaper when received.

REFERENCES

1. Online resource World Aluminium. <http://www.world-aluminium.org/statistics/>
2. S.O. Kyrii, I.V. Kosogina, I.M. Astrelin, L.S. Obodenko. Investigation of the properties of activated carbon modified by wastes of alumina production. *Voprosykhimiiikhimicheskoi tekhnologii*, 2018, № 2, pp. 70- 78.
3. Kyrii S., Kosogina I., Astrelin I. The Efficiency of Coagulation Treatment Wastewater by Reagent Obtained from Waste Alumina Production. *Research bulletin of National Technical University of Ukraine “Kyiv Polytechnic Institute”*, 2015, № 6 (104), pp. 95–101.
4. O.V. Makarchuk, T.A. Dontsova, I.M. Astrelin. Magnetic clay sorbent for the removal of dyes from aqueous solutions. *Research bulletin of National Technical University of Ukraine “Kyiv Polytechnic Institute”*, 2015, № 6, pp. 109-114.

ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД НА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ ПТИЦЕФАБРИКИ

В настоящее время в мире существует множество предприятий разного рода деятельности. На каждом предприятии, в зависимости от его рода деятельности, образуются сточные воды, имеющие свой индивидуальный состав и представляющие большую угрозу для экологической безопасности нашей планеты.

Для предприятий птицеводства характерна высокая загрязненность стоков по ХПК – 700–3400 мг/дм³ и более, БПК – 500–2600 мг/дм³, взвешенным веществам – от 400 до 2570 мг/дм³, жирам, азот аммонийному (15–150 мг/дм³), фосфатам (20–60 мг/дм³) [1]. Сточные воды необходимо очищать до установленных предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ. Применяются механические и физические (первая ступень), химические и биологические (вторая ступень) методы очистки, либо их комбинация.

Выбор биологической очистки, в качестве ключевой стадии очистки, связан с тем, что она не нуждается в больших затратах по реагентам (в сравнении с химической), имеет способность адаптироваться к изменениям состава стока. Биологическая очистка осуществляется в аэротенке – резервуаре-биореакторе, в котором происходит извлечение загрязняющих веществ активным илом.

В связи с высоким содержанием в стоках птицефабрик соединений фосфора и азота, современные очистные сооружения должны включать в себя аэробную, анаэробную и аноксидную зоны.

В аэробной зоне происходят окисление большей части органических веществ, их запасание, процессы нитрификации и прирост биомассы. В аноксидных условиях происходит частичное извлечение органических веществ из стоков с выделением летучих форм азота – процесс денитрификации. В анаэробных условиях запасенные питательные вещества превращаются в строительный материал клеток (полигидроксиалканоаты), что сопровождается выделением фосфатов. Комбинация данных зон, расчет оптимального количества активного ила и времени выдерживания стоков позволяет наиболее полно удалить загрязняющие вещества.

Основываясь на наблюдениях за биологической очисткой проточного стока птицефабрики с показателями (на входе в аэротенк) ХПК –

1765 мг/дм³, аммонийного азота – 10,44 мг/дм³, путем поддержания оптимальных условия технологического режима анаэробной и аноксидной зоны удастся снизить загрязненность по ХПК на 96%, а содержание аммонийного азота на 98%.

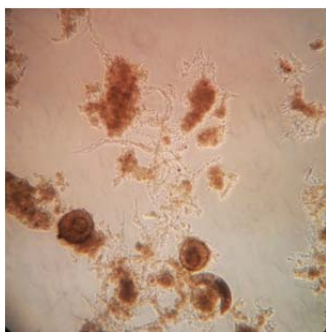
Качество очищенных стоков напрямую связано с состоянием и составом активного ила, для каждого очистных сооружений он индивидуален и зависит от состава поступающих стоков. Также установлено, что состав активного ила на отдельно взятых очистных может отличаться в разное время года в связи с изменением температуры стоков (особенно в период осень/весна).

Негативное влияние на активный ил оказывает периодическое залповое поступление стоков иного состава, токсичных веществ. Это связано с тем, что имеются цеха, работающие циклически: цех выращивания птицы, цех убоя птицы. Также в течение суток концентрация поступающих веществ и объем стоков непостоянны.

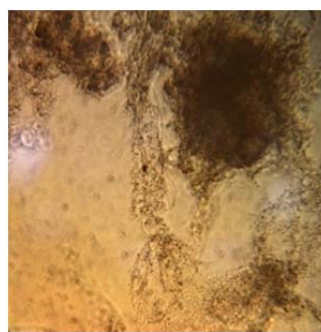
Основная масса микроорганизмов активного ила представлена скоплением бактериальных клеток в виде зооглей – своеобразных хлопков, связующим звеном которых является продуцируемая слизь, а также нитчатые бактериями (рисунок 1).

При оптимальных условиях аэрации и равномерном поступлении органических веществ наблюдается развитие крупных хлопков зооглей с прикрепленными нитями нитчатых бактерий.

При неудовлетворительном режиме аэрации, залповом поступлении легкоокисляемой органики развивается большое количество нитчатых бактерий, которые более приспособлены к неблагоприятным условиям. Такой активный ил занимает большой объем и имеет плохие седиментационные свойства.



а



б

Рисунок 1. Микрофотография активного ила:

а – скопление зооглей; *б* – нитчатые бактерии

На поверхности хлопка ила и в объеме стока были обнаружены характерные для данного стока индикаторные микроорганизмы: за-

крепленные (*Epistylis plicatilis*) и свободноплавающие (*Coleps hirtus*) инфузории, раковинные амебы (*Centropyxis aculeata*, *Centropyxis sp.*), коловратки (*Rotaria tardigada*), малощетинковые черви (*Aeolosomatidae*), тихоходки (*Tardigrada*) (рисунок 2).

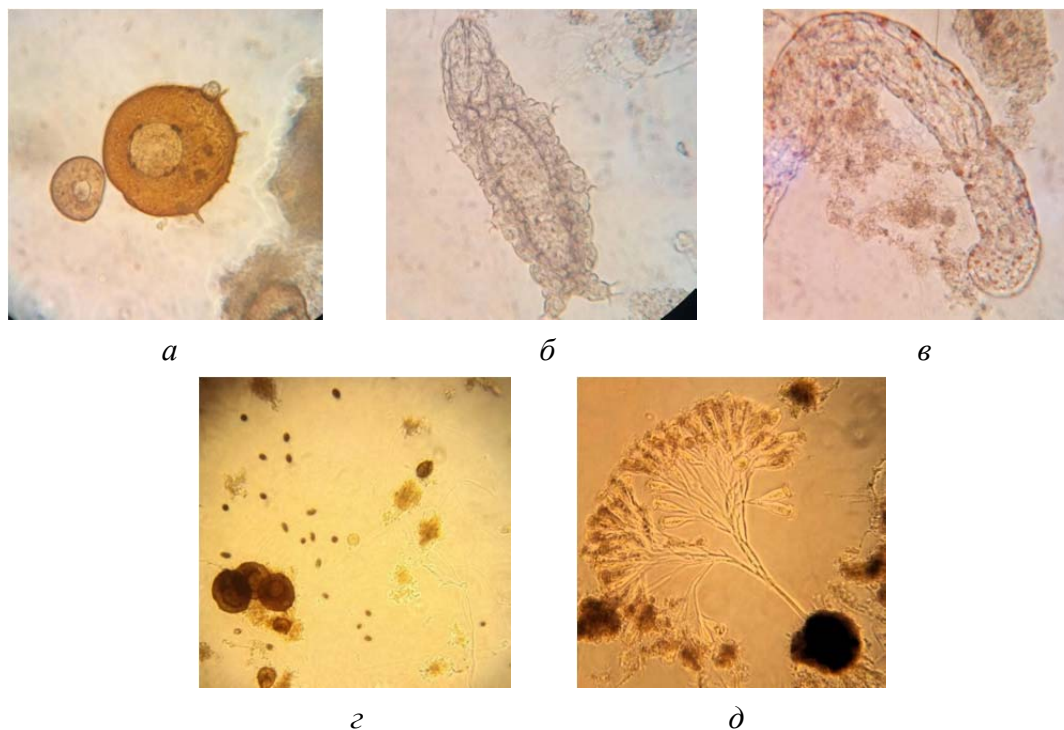


Рисунок 2. Индикаторные микроорганизмы:
а – раковинная амеба, *б* – тихоходка, *в* – малощетинковый червь,
г – свободноплавающие инфузории, *д* – прикрепленные колониальные

Так как развитие этих микроорганизмов напрямую зависит от условий среды, то по их количеству и морфологическому состоянию можно судить о состоянии активного ила.

В процессе жизнедеятельности данные виды микроорганизмов очищают хлопья ила от отмирающих и свободноплавающих бактерий. Это способствует омоложению активного ила и снижению взвешенных веществ стока.

Неравномерность поступления стоков и непостоянство концентрации загрязняющих веществ приводит к проблематичности установления стабильного режима работы очистных сооружений. Это ведет к снижению деструкционного потенциала активного ила, уменьшению видового разнообразия, увеличению доли нитчатых бактерий, отсутствию хищных видов микроорганизмов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Птицефабрика [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://npo-ewi.ru/solutions/poultry/>: Дата доступа: 23.11.2018.

ПЕРСПЕКТИВНЫЙ РЕСУРС ЗЕЛеноЙ ЭКОНОМИКИ – БИОШЛАМ КОММУНАЛЬНЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Ежегодно на коммунальных очистных сооружениях городов России образуются миллионы тонн биошлама. Площади, на которых размещаются осадки сточных вод, занимают тысячи гектар и практически полностью заполнены. В докладе рассматриваются основные мировые тенденции по использованию биошлама и предлагаются перспективные направления его переработки.

Следует отметить, что Эффективная реализация в жизни зеленой экономики требует объединения усилий всех ветвей власти.

Стоящие на повестке дня мирового сообщества проблемы создания зеленой экономики в первую очередь опираются на ресурсосберегающие и экологически безвредные производства. Особое значение приобретает создание новых технологий по возобновляемым источникам энергии, поскольку традиционные источники газ, нефть, уголь не бесконечны.

Наряду с солнечной и ветровой энергией на первый план выходят возобновляемые углеродсодержащие ресурсы к которым в первую очередь относятся древесина и биошлам образующийся на городских очистных сооружениях. Поступающие на очистные сооружения сточные воды, содержащие продукты жизнедеятельности человека, за счет биологической очистки трансформируются в биошлам, который в настоящее время занимает огромные площади вокруг городов, создавая дискомфортные условия для населения близ лежащих к очистным сооружениям населенных пунктов и оказывает значительное негативное воздействие на окружающую среду

Решение проблемы осложняется в первую очередь тем, что, как правило, тариф устанавливается на стоимость механической, биологической, химической очистки сточных вод, а образующийся в результате очистки биошлам остается за кадром, т.е. размещается на свободных площадях, которые катастрофически сокращаются.

Без государственного регулирования с реальным финансовым подкреплением решение проблемы эффективной утилизации биошлама может растянуться на долгие годы.

Естественно, при многообразии различных методов и подходов к утилизации биошлама нами предполагается сфокусировать внимание на возможность использования биошлама в качестве источника энергии и органо-минерального удобрения, что является немаловажным в свете продолжающегося обеднения почв органическими веществами.

Предлагаемые на мировом рынке варианты утилизации осадков, могут быть сведены к следующим методам: использование осадка для производства почвогрунта; утилизация осадка на базе современных термических технологий и, как следствие, получение из отходов вторичных продуктов, пригодных к реализации в строительной отрасли для производства строительных материалов или цемента.

Поэтому переработка осадков сточных вод является одной из актуальных, приоритетных задач, направленной на снижение и предотвращение негативного воздействия на объекты окружающей среды.

В развитых странах появилось понятие экологичной экономики («зеленой экономики»), то есть экономики обеспечивающей максимальный народно-хозяйственный эффект при минимальной нагрузке на окружающую среду. В связи с этим существующие экологические нормативы становятся существенным инструментом конкуренции в рыночных условиях.

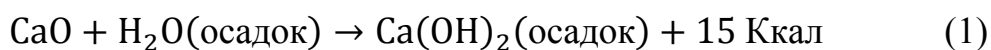
Проектом Федерального закона о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации предусматривается внедрение наилучших доступных технологий.

Одной из таких доступных технологий является переработка обезвоженных осадков сточных вод в почвогрунт с использованием оксида кальция (негашеной извести).

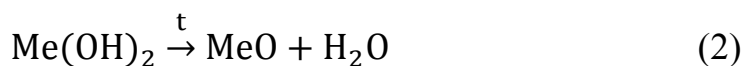
Технология заключается в том, что обезвоженный кек смешивается с оксидом кальция (негашеной известью) через шнековый смеситель в котором достигается его равномерное перемешивание с известью.

После перемешивания в бункер попадает готовый продукт – почвогрунт, который в дальнейшем можно перевозить от цеха механического обезвоживания на площадки временного хранения и там складировать до момента его дальнейшего использования по назначению.

Взаимодействие обезвоженного осадка с оксидом кальция заключается в связывании свободной воды по реакции (1).



При прохождении реакции происходит образование гидроокиси кальция и выделение тепла. В результате происходит полная дезинфекция за счет высокотемпературной обработки осадка и частичный переход гидроокисей металлов из коллоидного состояния в нерастворимые оксиды (2).



Таким образом, образующийся продукт, исходя из состава входящих в него компонентов, может быть отнесен к органо-минеральному раскислителю почв («ОМР-почва»), и с таким названием выведен на потребительский рынок.

Получаемый в результате почвогрунт предназначен для формирования растительного слоя при проведении работ по благоустройству придорожного полотна и откосов с целью высева газонных трав, для формирования нарушенных земель, карьеров, полигонов ТБО и полигонов промышленных отходов.

Известь может быть добавлена в осадки сточных вод на любом этапе их обработки: до загущения, перед обезвоживанием или после обезвоживания.

Преимущества стабилизации осадков сточных вод негашёной известью очевидны.

Известь – легкодоступное сильное основание. Её преимущества заключаются в том, что она: подходит для всех видов осадков; обеспечивает выпадение в осадок токсичных металлов; разрушает болезнетворные вещества; уменьшает химическое потребление кислорода (ХПК), биологическое потребление кислорода (БПК) и содержание взвешенных частиц; устраняет неприятный запах.

К сожалению, присутствие токсичных элементов не позволяет в полной мере использовать на практике благоприятные свойства осадков биошлама, связанные в первую очередь с высоким содержанием азота, фосфора и калия в качестве эффективных органических или комплексных органо-минеральных удобрений и почвогрунтов для восстановления нарушенных земель. В этом случае заслуживает внимание термическая утилизация биошлама. Для термической утилизации биошлама используются в основном печи с кипящим слоем. В настоящее время получили развитие печи с футерованными огнеупорными материалами и металлические печи по технологии FMI, которые представляют оригинальное направление в термической утилизации биошлама в первую очередь для образующегося на средних и небольших КОС.

Поскольку технология футерованных печей с кипящим слоем применяется уже многие годы, в том числе и в России, то все положительные и отрицательные стороны хорошо известны, поэтому, целесообразно, выделить металлические печи в связи с их экологичностью и экономичностью.[1]

Общая технологическая схема завода по термической утилизации биошлама приведена на рис.1.

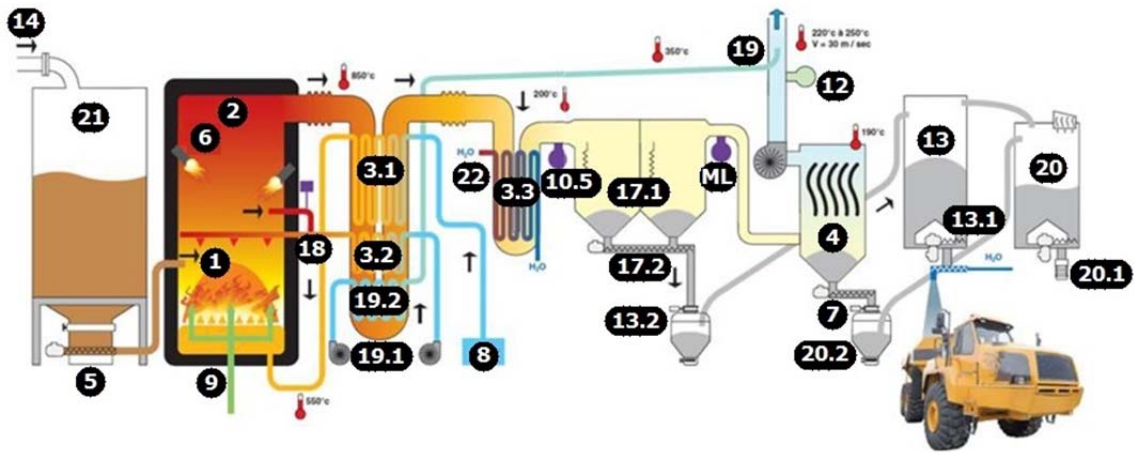


Рисунок 1. Общая технологическая схема завода по термической утилизации биошлама:

1. Камера сжигания. 2. Камера для дожигания. 3.1. Воздушный теплообменник – утилизация энергии. 3.2. Теплообменник очистки от окислов азота.
- 3.3. Воздухо-водяной теплообменник. 4. Сборник для золы. 5. Впуск биошлама в печь. 6. Горелки для дожигания. 7. Винтовой транспортер для золы.
8. Воздуходувка для псевдоожижения. 9. Впуск газа.
- 10.5 и ML. Распределительные устройства для удаления дыма. 12. Анализатор дыма непрерывного действия. 13. Цилиндрический накопитель для сбора золы после предварительной фильтрации. 13.1. Удаление и увлажнение золы.
- 13.2. Пневматический транспортер для удаления золы. 14. Подача обезвоженного биошлама. 17.1. Предварительная фильтрация для удаления золы.
- 17.2. Винтовой транспортер для золы. 18. Очистка от окислов азота (патент SNRCNOXYMIX). 19. Система подавления шлейфа. 19.1. Нагнетатель.
- 19.2. Воздухо-воздушный теплообменник. 20. Цилиндрический накопитель для приема золы из сборника. 20.1. Наполняющие рукава.
- 20.2. Пневматический транспортер для удаления золы. 21. Цилиндрический накопитель для биошлама. 22. Утилизация тепла от системы охлаждения дыма.

Технология FMI с псевдоожиженным слоем имеет ряд привлекательных характеристик по отношению к стандартной технологии сжигания в футерованных печах. В первую очередь к ним относятся сокращение опасных веществ в самом реакторе с псевдоожиженным слоем, высокий термический КПД, гибкость в отношении ввода в эксплуатацию в режиме многотопливного ввода и стоимость. При этом следует подчеркнуть различия между металлической печью FMI и огнеупорной печью. Это относительно низкие капитальные и эксплуатационные расходы благодаря простой концепции дизайна. Инвестиционная стоимость металлической печи FMI намного ниже, чем у футерованной печи, а по сравнению с другими печами с аналогичной мощностью и качеством выпускаемой продукции, с добавленными очистными сооружениями и инфраструктурой безопасности, является самым дешевым.

Низкие эксплуатационные расходы достигаются за счет целого ряда мероприятий. В первую очередь контроль установки осуществляется в режиме 24/7 с помощью дистанционного контроля. Для поддержания стабильной работы и обеспечения высокой эффективности процесс полностью автоматизирован: параметры температуры, давления, воздуха, различных скоростей потока измеряются в разных местах технологического процесса и постоянно все данные отображаются в системе диспетчеризации.

Используемые в технологии FMI печи SUN SAND могут быть остановлены и быстро перезапущены, даже на короткое время. Это позволяет обеспечить большую гибкость при эксплуатации.

Металлические печи спроектированы таким образом, чтобы ограничить проблемы из-за высоких тепловых колебаний. Быстрая и равномерная скорость теплопередачи, более короткие технологические циклы и повышенная производительность, значительное сокращение времени цикла диффузионных процессов позволяют перерабатывать малым печам непропорционально высокий тоннаж биошлама.

Для обеспечения длительной эксплуатации печи SUN SAND требуется в среднем от 2 до 3 недель через каждые 5–7 лет обслуживания.

Ремонт печи можно выполнить очень просто, заменив верхнюю часть или нижнюю часть печи, даже если они были сильно повреждены, или, поскольку это сталь, просто поместив заплатку на поврежденный участок.

Обработка кислых газов «у источника» имеет реальное преимущество в защите всего процесса по ходу процесса от печи. Действительно, если бы кислый газ не обрабатывался непосредственно в печи, он мог бы, проходя через теплообменники, сильно подвергать их коррозии, реагируя с конденсационной водой.

Среди нескольких оксидов азота (N_2O , NO , N_2O_3 , NO_2 , N_2O_4 , N_2O_5) наиболее распространенными в атмосферном воздухе являются оксид азота (NO) и диоксид азота (NO_2), в которых NO (оксид азота) составляют более 90% NO_x . Контроль выбросов NO_x осуществляется за счет некаталитического процесса обработки отходящих газов.

Повторное использование дымовых газов или контроль содержания кислорода позволяет сократить выбросы NO_x за счёт патентованных технологий (очистка патент SNRCNOXYNIX).

В настоящее время выпускается два типа технологических линий по термической утилизации биошлама. Компактные печи TERMIK для небольших станций по очистке сточных вод с объемом сжигаемого биошлама от 2000 до 6000 тонн в год. При этом возможна модульная поставка и быстрый ввод в эксплуатацию.

Завод по термической утилизации биошлама для средних и крупных станций очистки сточных вод с объемом сжигаемого биошлама от 6000 до 80 000 тонн в год.

Многолетняя эксплуатация заводов по технологии FMI позволяет выделить преимущества компактных печей: позволяют перерабатывать осадок без предварительной сушки непосредственно на месте его складирования и хранения; низкий уровень выбросов в атмосферу; не загрязняют окружающую среду и могут размещаться вблизи от жилых районов; автоматический контроль и управление всеми технологическими процессами; возможная остановка и быстрый последующий запуск (концепция «Stop & Start»); простота монтажа; низкие инвестиционные и эксплуатационные расходы.

Таким образом, в зависимости от качественного состава биошлама, производитель может выбрать технологию получения почвогрунта или технологию термической утилизации биошлама.

ЛИТЕРАТУРА

Э. Моран, А. В. Плеханов, Ф. И. Лобанов (2017) Термическая обработка – перспективное направление утилизации осадков сточных вод. Водоснабжение и санитарная техника (ВСТ) № 6.

ПОЛУЧЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ ГРАНУЛИРОВАННОГО АКТИВНОГО ИЛА ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД РАЗНОГО СОСТАВА В УСЛОВИЯХ АЭРАЦИИ

Широко распространенная в настоящее время технология биологической очистки сточных вод, основанная на удалении большей части загрязнений флокулированным активным илом в условиях аэрации, имеет существенные недостатки: большое количество избыточной биомассы, сложность разделения очищенной воды и активного ила при отстаивании, вспухаемость и пенообразование в аэротенках.

Альтернативой флокулированному илу в аэротенках или иммобилизованному в биофильтрах является гранулированный ил, функционирующий в условиях аэрации. Он обладает рядом преимуществ по сравнению с флокулированным: хорошие седиментационные характеристики; наличие аэробной и анаэробной зон в грануле обеспечивает одновременное протекание в объеме одного биореактора различных биологических процессов (деструкция органических веществ, нитрификация, денитрификация); в гранулированном иле сконцентрировано большое количество микроорганизмов, и он способен выдерживать ударную нагрузку по загрязнениям и токсикантам; образование избыточной биомассы минимальное [1].

На использовании гранулированного ила основана технология Nereda – технология очистки сточных вод, разработанная Royal HaskoningDHV в координации с Делфтским Технологическим Университетом и Голландским фондом прикладных водных исследований [2].

На формирование и биоценоз агрегатов активного ила (флокул, биопленок, гранул) в первую очередь влияет состав сточных вод.

Ранее нами в лабораторных условиях изучена динамика формирования гранул при инкубировании активного ила в условиях аэрации на городских сточных водах и сточных водах молочного производства. Прослежены изменения в численном и видовом составе биоценоза активного ила в процессе гранулообразования. Отмечено существенное сокращение численности раковинных амёб, уменьшение количества свободноплавающих инфузорий и возрастание доли кругоресничных, исчезновение малощетинковых червей, разрыхляющих формирующиеся гранулы.

Установлено влияние нагрузки по загрязнениям на формирование гранул. При уменьшении нагрузки ниже критического значения вследствие эндогенного окисления резко снижается доза (и объем) ила. Высокое содержание питательных веществ способствует приросту биомассы, но не образованию гранул. Подобран оптимальный режим подпитки: 1 раз в 4 сут для городских сточных вод и 1 раз в 10 сут для сточных вод молочного производства.

Отмечена разница в седиментационных характеристиках ила, инкубируемого при разных температурах: с увеличением температуры инкубирования возрастает скорость осаждения ила и уменьшается конечный объем активного ила после 7-минутного отстаивания.

При использовании в качестве исходной иловой смеси городских очистных сооружений гранулы размером от 1 до 1,5 мм сформировались спустя 2 месяца инкубирования. В том случае, когда исходная иловая смесь была отобрана на очистных сооружениях молочного производства, гранулы формировались быстрее (1 месяц инкубирования) и размер их находился в диапазоне 1,5–3,5 мм (рисунок 1).

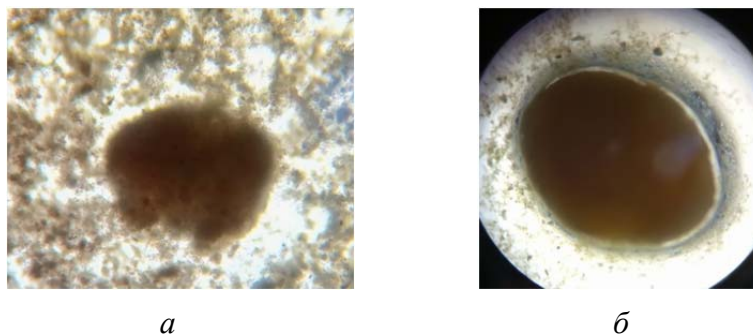


Рисунок 1. Гранулы активного ила, сформированные на сточных водах молочного производства:

а – исходная иловая смесь городских очистных сооружений;
б – исходная иловая смесь очистных сооружений молочного производства

На рисунке 2 приведена динамика снятия загрязнений сточных вод молочного производства гранулированным активным илом.

Целью настоящего исследования являлось изучение формирования агрегатов активного ила на модельных сточных водах пивного производства и питательном бульоне в условиях аэрации. Объекты исследования – активный ил, отобранный из аэротенков очистных сооружений молочного производства и модельные сточные воды, имеющие уровень ХПК 4000 мг/дм³.

Для приготовления ячменного сусла в 200 мл воды вносили 10 г дробленного ячменного зерна, доводили до кипения, затем вываривали в течение 1,5 ч на медленном огне до объема 50 мл. После чего

4 мл суслу смешивались с водопроводной водой, и вносились в среду в качестве модельных сточных вод.

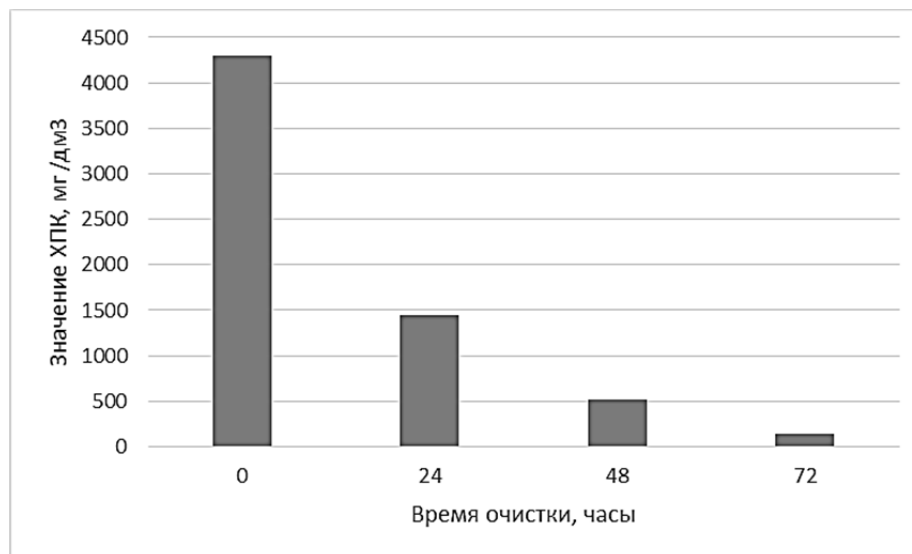


Рисунок 2. Динамика снятия загрязнений сточных вод молочного производства гранулированным активным илом

Проведено три параллельных эксперимента, одна часть колб культивировалась на модельных сточных водах пивного производства, вторая – на модельных сточных водах пивного производства с добавлением дробины ячменного зерна, третья – на разбавленном питательном бульоне.

Иловую смесь готовили, смешивая 50 мл активного ила и 50 мл модельных сточных вод с откорректированным значением рН, и инкубировали её в конических колбах ёмкостью 250 мл в отъемно-доливном режиме в шейкере-инкубаторе при рабочей частоте 150 мин⁻¹ и температуре 25°C. Пересев осуществляли 1 раз в 7сут. При пересевах культуры активного ила содержимое конической колбы количественно переносили в мерный цилиндр на 100 мл, смесь отстаивалась в течение 7 мин, сливали 70 мл надосадочной жидкости, и доводили уровень исходными сточными водами. Длительность инкубирования составила 40 суток.

Уже на 3 сутки в колбах с илом, инкубируемом на питательном бульоне, отмечалось образование гранул активного ила, однако они не обладали механической устойчивостью. После разрушения при активном встряхивании, фрагменты агрегировали в скопления шарообразной формы. В колбах с илом, культивированном на модельных сточных водах пивного производства, отмечалось образование агрегатов активного ила на 7 сутки инкубирования (рисунок 3).

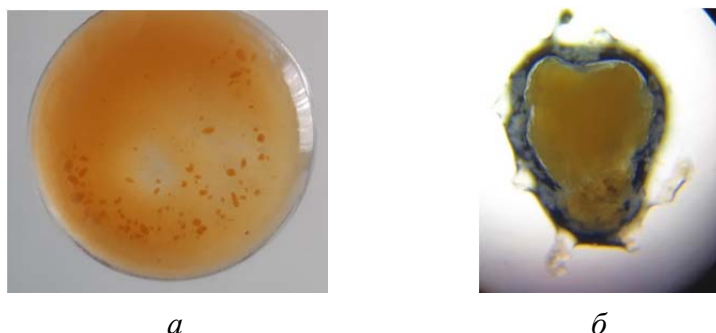


Рисунок 3. Гранулы активного ила

а – питательный бульон, 3 сутки инкубирования;

б – модельные сточные воды пивного производства, 7 сутки инкубирования

К середине эксперимента, а именно на 20 сутки в колбах, инкубируемых на питательном бульоне, отмечалось угнетение гранул, но при этом фиксировалось активное образование биопленок на внутренней поверхности колб с культивируемым активным илом. В колбах, культивируемых на модельных сточных водах пивного производства, напротив же, наблюдался численный прирост гранул, с диаметром от 0,5 до 2,0 мм, с численным преобладанием гранул с диаметром 1 мм. Стоит отметить, что биообрастания дробины ячменного зерна в колбах второй группы не фиксировалось.

В результате проведенных экспериментов установлена возможность формирования гранул активного ила в аэробных условиях на модельных сточных водах пивного производства, а также на разбавленном питательном бульоне. Гранулы, полученные в таких условиях, изначально адаптированы к высоким нагрузкам и специфическому субстрату сточных вод пивного производства.

Установлено, что формированию гранул способствуют чередование высокой нагрузки по органическим соединениям (ХПК больше 2000 мг/дм³) и «голодание», полноценный состав среды для инкубирования, адаптированный к высоким нагрузкам по органическим соединениям исходный активный ил, рабочая частота шейкера 140–150 об/мин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Aerobic granular sludge: characterization, mechanism of granulation and application to wastewater treatment / Dawen Gao, Lin Liu, Hong Liang, and Wei-Min Wu // *Critical Reviews in Biotechnology*. 2011. 31(2). P. 137–152.

2. Nereda Wastewater Treatment Plant [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.royalhaskoningdhv.com/nereda>. Дата доступа: 23.11.2018.

НОРМАТИВНОЕ ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ОБРАЩЕНИЯ С ОСАДКАМИ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ КАНАЛИЗАЦИИ

Степень вовлечения в хозяйственный оборот осадков очистных сооружений в значительной степени определяется совершенством нормативной правовой базы, регулирующей отношения в этой области. Осадки характеризуются весьма ценными агрохимическими свойствами, достаточно высокой теплотой сгорания, сравнимой с теплотой сгорания торфа и древесных пеллет, что позволяет их рассматривать в качестве ценного материала использование которого при соблюдении определенных условий может способствовать решению проблем ресурсосбережения и охраны окружающей среды. Используя инструменты нормативно-правового регулирования управления можно стимулировать те направления использования осадков, которые дают максимальный эффект при наименьшем в сравнении с другими воздействиями на окружающую среду.

В международной правовой практике осадки очистных сооружений канализации и близкие им по составу осадки сточных вод ряда производств относятся к группе отходов, обращение с которыми регулируется отдельными нормативными правовыми актами.

Большое влияние на практику обращения с осадками сточных вод и нормы, закрепленные в актах законодательства многих стран, оказали Директива ЕЭС 86/278/ЕЭС от 12 июня 1986 по охране окружающей среды, в частности, почвы, при использовании осадков сточных вод в сельском хозяйстве[1] и Стандарт США по использованию и удалению осадков сточных вод [2].

Директива ЕЭС 86/278/ЕЭС устанавливает систему требований, ограничений и условий, выполнение которых должно обеспечить защиту здоровья человека и окружающей среды при использовании осадков. Директива регламентирует: технологии обработки осадков перед их использованием; максимальное количество осадков (по сухому веществу), вносимых в почву на единицу площади в год; определяет условия, при которых может быть разрешено использование необработанного осадка; устанавливает минимальную частоту (периодичность) анализа состава осадков; требует получения разрешения на использование необработанных осадков на почве; устанавливает продолжительность периода между использованием (внесением)

осадка и выпасом скота, сбором урожая и продукции, которая находится в непосредственном контакте с осадком и потребляется в сыром виде; устанавливает ограничения (специальные требования) при использовании осадков на почвах с рН ниже 6; использование осадков в условиях, обеспечивающих защиту поверхностных и подземных вод; проведение анализов почвы и осадков с определением установленных показателей и доведением их до потребителей; установление минимальной частоты анализов почвы; регистрацию количества производимых осадков, места и условий использования осадков в сельском хозяйстве и средней концентрации тяжелых металлов в осадках; освобождение от некоторых требований (регистрация информации, проведение анализов) при использовании осадков, образующихся на малых очистных сооружениях.

Все страны ЕС обеспечили имплементацию требований Директивы в национальное законодательство, приняв соответствующие нормативные правовые акты (НПА). Анализ НПА стран Евросоюза в области обращения с осадками сточных вод свидетельствует, что отличия национальных инструментов регулирования от декларированных Директивой касаются определения осадков, пригодных для использования; подготовки осадков к использованию; предельных значений концентраций тяжелых металлов; доз внесения осадков. Различаются также механизмы регулирования и учета в области использования осадков.

Специальному регулированию подлежат предельные значения концентраций тяжелых металлов (кадмий, медь, никель, свинец, цинк, ртуть, хром) в почвах, которые не должны превышать при использовании осадков; предельные значения концентраций тяжелых металлов в осадках; максимальная годовая нагрузка по каждому нормируемому тяжелому металлу, создаваемую при внесении осадка в почву.

Предельные концентрации тяжелых металлов в осадках, которые предполагается использовать под сельскохозяйственные культуры, большинство стран ЕС установило на более низком уровне (кроме цинка) по сравнению с требованиями Директивы. По цинку большинство стран приняли предельные значения, близкие к установленным Директивой. Средние концентрации тяжелых металлов (ТМ) в осадках, используемых в сельском хозяйстве в большинстве стран Евросоюза значительно ниже лимитов, установленных Директивой.

Существенная разница в предельных концентрациях ТМ в осадках наблюдается между скандинавскими странами (в Швеции нормативы по большинству металлов, как правило, выше) и между близкими по природным условиям Болгарией и Румынией.

Помимо элементов, содержание которых регулируется Директивой, в перечень контролируемых и нормируемых включены: мышьяк (Россия, Болгария, Чехия, Дания), молибден (Австрия), селен (Франция), фториды (Англия). Большинство стран установило предельные концентрации по содержанию хрома в осадках.

Перечень веществ, содержание которых регламентируется в осадках, увеличивается по мере расширения информации о составе осадков и влиянии отдельных их компонентов на окружающую среду и человека. Помимо тяжелых металлов ряд стран в перечень контролируемых показателей включили вещества, относящиеся к стойким органическим загрязнителям, в том числе полициклические ароматические углеводороды, полихлорированные бифенилы.

Допустимая доза внесения осадков на сельскохозяйственные угодья в странах ЕС варьируется от 1,66 т (5 т сухого вещества на гектар в течение трехлетнего периода) для Германии до 55 т на гектар для Болгарии. В Италии максимальная доза (15 т сухого вещества на гектар в течение трех лет) установлена для рН почвы 6,0–7,5 и изменяется в зависимости от рН. При рН менее 6 уменьшается на 50%, при рН почвы выше 7,5 может быть увеличена на 50%. В Чешской Республике не более пяти тонн сухого вещества осадка на гектар может быть использовано в течение трех лет подряд. Это количество может быть увеличено до десяти тонн сухого вещества осадка в течение пяти лет подряд при условии, что концентрация контролируемых веществ меньше половины установленного предельного значения. Доза осадков зависит от направления использования осадков сточных вод. Так в Польше при дозе для сельскохозяйственного использования до 10 т сухого вещества на гектар в течение 5 лет, для рекультивации грунтов доза может составлять 200 т/га.

Помимо содержания тяжелых металлов доза осадка, используемого для внесения в почву, ограничивается содержанием азота. Поступление азота с осадком не должно превышать 70% от общей потребности в азоте сельскохозяйственных культур.

Частота контроля может быть различной и составляет от 1 раза в месяц до 1 раза в год и может увеличиваться в начальный период применения осадков. В большинстве НПА достаточно подробно описываются требования к отбору проб с целью получения репрезентативной пробы осадков.

Условия и ограничения на использование земельного участка после внесения осадка устанавливают продолжительность периода между внесением осадка и выпасом скота или сбором урожая. Максимальные сроки обычно устанавливаются для участков, используя

щихся для выращивания овощей и фруктов, которые находятся в непосредственном контакте с почвой и которые обычно едят сырыми.

В отличие от Директивы [1], введенные в 1993 году Агентством по охране окружающей среды США стандарты для использования или утилизации осадков очистных сооружений канализации [2] регламентируют как использование их на земле, так и сжигание и захоронение. При использовании осадков, как одного из видов биоотходов, путем внесения на почву, ограничения по содержанию и нагрузке по ТМ устанавливаются в виде: предельных значений их концентраций в биоотходах, среднемесячной концентрации ТМ, годовой нагрузки по ТМ, кумулятивной предельной нагрузки по ТМ (кг/га), определяемой для всего периода использования биоотходов.

По содержанию патогенных микроорганизмов биоотходы, подготовленные для использования на земле, делятся на классы **A** и **B**. Класс **A** предполагает выполнение определенных требований по содержанию патогенов или использование определенной обработки осадков (предлагается 6 вариантов такой обработки), после которой патогенные микроорганизмы в осадках практически отсутствуют. Осадки, которые сертифицированы как класс **A**, не имеют ограничений по использованию в отношении патогенов и могут применяться для устройства газонов или домашних садов, могут реализовываться в мешках или другой таре для внесения в землю.

В отличие от биоотходов класса **A**, в которых патогенные организмы находятся на уровнях ниже указанных пределов, класс **B** характеризуется присутствием определенного количества патогенных микроорганизмов.

В России в настоящее время требования к свойствам осадков сточных вод при использовании их в качестве удобрений, регламентируется ГОСТ Р 17.4.3.07–2001 [3], согласно которому по допустимому валовому содержанию тяжелых металлов осадки делятся на две группы, которые отличаются областью использования. Введены в действие стандарты, устанавливающие требования к осадкам при использовании для рекультивации нарушенных земель [4] и органическим удобрениям на основе осадков сточных вод [5].

Одним из аспектов, который является объектом нормативного правового регулирования, является извлечение фосфора из осадков сточных вод. Так Положение по осадкам сточных вод, введенное в действие в Германии, устанавливает требование обязательного извлечения фосфора из осадков сточных вод при его содержании более 2% для очистных сооружений производительностью более 50 000 ЭН. Внесение осадков на почву допускается только для очистных сооружений производительностью менее 50 000 ЭН [6].

Осадки, как отдельный объект нормативного правового регулирования в области обращения с отходами в Республике Беларусь не выделяются. Поэтому деятельность по обращению с этими отходами регламентируется Законом «Об обращении с отходами», рядом общих для всех отходов НПА и технических нормативных правовых актов (ТНПА). Порядок организации работ по использованию (обезвреживанию), хранению и захоронению отходов определяется их количеством, агрегатным состоянием, степенью опасности, а для опасных отходов – классом опасности.

Согласно классификатору отходов, образующихся в Республике Беларусь, все осадки очистных сооружений канализации относятся к опасным отходам. При этом отнесение осадков к опасным отходам производится без учета их состава. Известно, что состав осадков очистных сооружений крупных городов с развитой промышленностью и малых населенных пунктов, где производство в основном представлено предприятиями по переработке сельскохозяйственной продукции, существенно отличается. По содержанию некоторых компонентов, определяющих степень опасности данных отходов, отличия могут составлять в 5–10 раз.

В настоящее время в Беларуси действуют несколько локальных ТНПА, устанавливающих требования к отдельным продуктам, которые могут быть получены из осадков очистных сооружений канализации [7–9].

Использование осадков, состав и свойства отвечают требованиям этих ТНПА, осуществляется согласно технологическим регламентам, разработанным в соответствии с [10]. Однако в комплексе все вопросы, связанные с использованием осадков в настоящее время на нужном уровне не регламентируются. В связи с этим давно назрела необходимость изменения подходов к нормативному правовому регулированию обращения с осадками очистных сооружений канализации, особенно в части установления конкретных критериев определения степени их опасности, которые позволяли бы обоснованно подходить к выбору способов их обработки и направлений использования. Необходимо разработать и ввести в действие ТНПА «Обращение с осадками очистных сооружений канализации», в котором должны найти все вопросы обработки и использования осадков очистных сооружений канализации.

В Беларуси имеется научный задел и опыт работы в области обработки осадков, разработки нормативно-технических документов, регламентирующих их использование.

При наличии заинтересованности органов государственного управления используя отечественный опыт и опыт стран ЕС в сравни-

тельно короткие сроки могут быть разработаны и приняты ТНПА, которые позволят начать целенаправленную работу по использованию и обезвреживанию осадков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Директива ЕЭС 86/278/ЕЭС от 12 июня 1986 по охране окружающей среды, в частности, почвы, при использовании осадков сточных вод в сельском хозяйстве (Council Directive 86/278/EEC of 12 June 1986 on the protection of the environment, and in particular of the soil, when sewage sludge is used in agriculture).

2. Стандарт США по использованию и удалению осадков сточных вод (40 CFR PART 503 «Standards for the use or disposal of Sewage Sludge»).

3. ГОСТ Р 17.4.3.07-2001. Охрана природы. Почвы. Требования к свойствам осадков сточных вод при использовании их в качестве удобрений.

4. ГОСТ Р 54534-2011. Ресурсосбережение. Осадки сточных вод. Требования при использовании для рекультивации нарушенных земель.

5. ГОСТ Р 54651-2011. Удобрения органические на основе осадков сточных вод. Технические условия.

6. New German Sewage Sludge Regulation sets the Standard for Phosphorus Recovery [Электронный ресурс]: Control Service GmbH.–Режим доступа:<https://www.pcs-consult.de/en/news/New-German-Sewage-Sludge-Regulation-sets-the-Standard-for-Phosphorus-Recovery>

7. ТУ ВУ 790282162.009-2015 Составы для рекультивации нарушенных земель (РУП «Завод газетной бумаги»).

8. ТУ ВУ 300003249.001-2009 «Удобрение и почвоулучшающая добавка из осадков сточных вод» (УП «Витебскводоканал»).

9. ТУ ВУ 291000450.001-2015 Удобрение органическое на основе обезвоженного сброженного осадка сточных вод (КУПП «Брестский мусороперерабатывающий завод»).

10. ТКП 17.11-07-2013 (02120) «Охрана окружающей среды и природопользование. Отходы. Правила разработки технологических регламентов использования, обезвреживания отходов».

СРАВНЕНИЕ ВАРИАНТОВ ОБРАЩЕНИЯ С ОСАДКАМИ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ КАНАЛИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

Решение проблемы отходов является приоритетным направлением деятельности в области ресурсосбережения и охраны окружающей среды. Попытки ее решения без детального эколого-экономического анализа возможных вариантов обращения с отходами часто приводит к принятию решений, последствия реализации которых негативно сказываются на окружающей среде. Не всегда выбор наилучшего варианта обращения с отходами очевиден, так как используемые у нас в стране оценки эколого-экономической эффективности природоохранных мероприятий далеки от совершенства. Общеизвестной методологией, позволяющей провести комплексный анализ продукции и производственных процессов, использования ресурсов с учетом экологических последствий является анализ жизненного цикла (Lifecycle Analysis – LCA).

Методология АЖЦ и методики выполнения отдельных ее этапов активно развивалась и в 90-е годы 20 столетия сформировались как перспективное направление научных исследований и практической деятельности в области охраны окружающей среды. В настоящее время активно разрабатываются методики АЖЦ, дополненные экономической оценкой входных и выходных потоков для исследуемой системы (EconomicInput-OutputLifeCycleAnalysis – EIO-LCA).

В конце 90-х годов прошлого столетия в составе стандартов ИСО серии 14000 были разработаны и введены в действие стандарты по анализу жизненного цикла (ISO 14040, ISO 14041, ISO 14042, ISO 14043 и др.), определяющие принципы и структуру LCA, основные этапы его проведения. Оценка воздействия ЖЦ, как стадия LCA (ОВЖЦ) позволяет количественно охарактеризовать воздействие на окружающую среду, связанное с потреблением ресурсов, и выходными потоками производственной системы. Особенностью ОВЖЦ является то, что она предполагает использование так называемой функциональной единицы для сравнения различных производственных систем, продукции. При проведении ОВЖЦ систем обращения с отходами, в качестве функциональной единицы обычно используют единицу массы отхода (1 т, 1 кг).

Несмотря на то, что методология LCA достаточно проста для понимания и выглядит логичной и обоснованной, ее практическое применение часто связано с рядом трудностей, в первую очередь касающихся недостатка или неприемлемого качества информации. Проблемы, связанные с практической реализацией методологии LCA, по-разному решаются в различных методиках. Все известные методики выполнения основных этапов LCA и интерпретации его результатов имеют ряд общих черт, но и по ряду существенных признаков различаются. Отличия касаются методик и моделей, которые используются для перевода результатов инвентаризации в показатели воздействия. Для решения практических задач нашли применение методики Eco-indicator 99 (Голландия), EDIP (Дания), Eco-Scarcity Швейцария); EPS (Швеция) и др.

Для выполнения практических работ по LCA разработано программное обеспечение, которое обеспечивает выполнение необходимых расчетов с использованием моделей, управление базами данных. Среди наиболее известных программных продуктов, позволяющих анализировать все стадии жизненного цикла – SimaPro, EcoLab, GaBi, TEAM, WWLCAW и др.

Применению методологии АЖЦ для сравнения различных вариантов обработки и использования осадков с целью выбора приемлемого по воздействию на окружающую среду варианта посвящено большое число работ. Оценка воздействия при этом производится с использованием определенного набора показателей.

Особенностью LCA является то, что она ориентирована на количественную оценку воздействий на окружающую среду, связанных как с потреблением всех видов ресурсов, так и с эмиссией загрязняющих веществ. При оценке воздействия используются процедуры нормализации и взвешивания показателей воздействия.

Показано [1,2], что сочетание анаэробного сбраживания и использования сброженного осадка в сельском хозяйстве – наиболее экологически безопасный способ обращения при условии минимального содержания в осадках тяжелых металлов. Сравнение анаэробного сбраживания, пиролиза, сжигания с захоронением золы, использования сброженного осадка в сельском хозяйстве подтвердило этот вывод [3]. Термические процессы могут конкурировать с сельскохозяйственным применением осадков, в случае выбора подходящей технологии [4]. Однако воздействие исследуемых процессов оценивалось лишь частично, т.к. в исследовании не определялся показатель экотоксичности и токсичности для здоровья человека. В связи с этим, сделать однозначный вывод о предпочтительности термического либо

сельскохозяйственного использования осадков сточных вод, основываясь только на энергетических балансах процессов и сравнении потенциалов глобального потепления, не представляется возможным.

С использованием экологической и экономической оценки жизненного цикла проведено сравнение мезофильного и термофильного анаэробного сбраживания осадков с различной концентрацией органических веществ и с использованием предварительного термического гидролиза. По ряду показателей предпочтительным является анаэробное сбраживание при высокой концентрации органических веществ с предварительным термогидролизом [5].

Достоверность и надежность выводов по результатам АЖЦ во многом зависит от полноты данных по показателям эмиссии загрязняющих веществ как в процессах подготовки осадков к использованию, так и при использовании осадков и вторичных отходов.

В БГТУ проводятся комплексные исследования по сравнению различных вариантов обработки и использования осадков очистных сооружений канализации на основе методологии LCA. Они включают определение показателей эмиссии загрязняющих веществ для процессов, используемых для обработки осадков, использование опубликованных данных по факторам эмиссии, в том числе базы данных Ecoinvent. Для вариантов, по которым производится сравнение, составляются материальные и энергетические балансы. Оценка воздействия проводится с использованием методики LCA «Eco-Indicator 99» [6], метод оценки воздействия ReCiPe и программное обеспечение SimaPro (v.8.0.3).

Среди вариантов, по которым проводилась оценка: механическое обезвоживание (МО) – захоронение; МО – известкование – использование в сельском хозяйстве (ИСХ); МО – известкование – производство цемента; мезофильное анаэробное сбраживание – МО – ИСХ; МО – компостирование – ИСХ; МО – термическая сушка – производство цемента; мезофильное анаэробное сбраживание – МО – термическая сушка – сжигание; МО – сушка – сжигание.

Показатели (категории), по которым производили сравнение, включали выбросы (эмиссию) SO_2 , CO, NO_x , летучих органических соединений (ЛОС), твердых частиц (PM_{10}); потенциал глобального потепления (ПГП по CO_2), расход электроэнергии, расход тепловой энергии и топлива (всего до 12 показателей).

Результаты сравнения зависели от количества образующихся осадков, условий транспортировки осадков и других факторов. По показателям ПГП, «расход тепловой энергии и топлива» и некоторым другим наименьшим воздействием на окружающую среду харак-

теризуются варианты с анаэробным сбраживанием. Если осадок не может использоваться в качестве удобрения, то наилучшим вариантом является анаэробное сбраживание с последующей сушкой и использованием при производстве цемента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bridle, T., Skrypski-Mantele, S. Assessment of sludge reuse options: A life-cycle approach // *Water Science & Technology*. – 2000. Т. 41, № 8. P. 131–135.

2. Suh, Y.J., Rousseaux, P. An LCA of alternative wastewater sludge treatment scenarios // *Resources Conservation & Recycling*. – 2002. Т. 35, P. 191–200.

3. Hospido, A., Moreira, M. T., Martin, M., Rigola, M., Feijoo, G. Environmental evaluation of different treatment processes for sludge from urban wastewater treatments: Anaerobic digestion versus thermal processes / A. Hospido, M. T. Moreira, M. Martin, M. Rigola, G. Feijoo // *The International Journal of Life Cycle Assessment*. – 2005, Т. 10, № .5. P. 336–345.

4. Onaka, T. Sewage can make Portland cement: A new technology for ultimate reuse of sewage sludge // *Water Science & Technology*. – 2000, Т. 41, № 8, P. 93–98.

5. Li, H. Chang, Z. Zhanying, O. Mundree, S. Environmental and economic life cycle assessment of energy recovery from sewage sludge through different anaerobic digestion pathways // *Energy*. – 2017, Т.126, № 1, P. 649–657.

6. THE ECO-INDICATOR 99. A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment. Manual for Designers // Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment Communications Directorate, the Netherlands. 2000. – P. 49.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ БИОГАЗОВОГО ПОТЕНЦИАЛА ОСАДКОВ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ КАНАЛИЗАЦИИ

Анаэробное сбраживание считается одними из самых привлекательных способов производства возобновляемых энергетических ресурсов с точки зрения эффективности и стоимости. В связи с этим наблюдается постоянно растущий интерес к использованию различных субстратов, содержащих органические вещества, для получения метана. Выбор технологии и оборудования для анаэробного сбраживания невозможно произвести без информации о количестве биогаза, в том числе метана, которое может быть произведено из конкретного субстрата в определенных условиях проведения процесса. Практически все работы, которые выполняются в этой области исследований, нацелены на получение такой информации. В литературе в качестве характеристики органических субстратов, дающей представление о количестве метана, которое может быть получено при определенных условиях в процессе анаэробного сбраживания, является биохимический потенциал метана (biochemical methane potential – BMP).

На практике для определения БМП используются теоретические (расчетные), экспериментальные методики.

Теоретический БМП широко используется для прогнозирования количества метана, которое может быть получено из органических субстратов различного состава. Расчеты обычно ведут на массу органического вещества и ХПК субстрата и выражают в см³ метана на одни грамм.

Используя результаты определения элементного состава органического вещества субстрата (% масс.) и его эмпирическую формулу (C_aH_bO_cN_dS_e) БМП рассчитывают по соотношению:

$$V_t = [(a/2) + (b/8) + (c/4) - (3d/8) - (e/4)] / [12a + d + 16c + 14d + 32e].$$

Для субстратов, близких по составу осадкам очистных сооружений канализации, БМП может быть рассчитан по содержанию белков (Б), жиров (Ж) и углеводов (У), выраженному в массовых долях:

$$V_{tv} = 415 \cdot У + 496 \cdot Б + 1014 \cdot Ж.$$

Для прогнозирования БМП нашли применение эмпирические модели, которые получены для органических субстратов различного состава.

Для определения БПМ могут использоваться данные по ХПК субстрата, так как известно, что из 1 г ХПК продуцируется около 350 см^3 метана (приведенное к нормальным условиям) или 395 см^3 при 35°C и давлении $101,325 \text{ кПа}$. Однако для таких субстратов, как осадки очистных сооружений, содержащих значительное количество дисперсных частиц, определение ХПК с использованием методик, разработанных для анализа сточных вод, затруднено по причине плохой воспроизводимости результатов. В качестве показателя, дающего представление о содержании органических веществ в осадках, может быть использован общий органический углерод (ООУ). Имеется достаточно тесная корреляционная взаимосвязь между ХПК и ООУ. Для ООУ разработаны методики выполнения измерений этого показателя для образцов в широком спектре концентраций загрязняющих веществ.

Для осадков очистных сооружений канализации ТКП 45-4.01-321-2018 для предварительных расчетов рекомендует массу газа, получаемого при анаэробном сбраживании, принимать равной 1 г (1 дм^3 при плотности 1 кг/м^3) на 1 г распавшегося органического (беззольного) вещества осадка. Рекомендуемая величина степени распада органического вещества для осадков из первичных отстойников – 53 %; для избыточного активного ила – 44 %.

Расчетные значения БПМ являются хорошим ориентиром для оценки перспективности субстрата для анаэробного сбраживания, однако для определения продолжительности сбраживания, степени распада органического вещества, выбора температурного режима и других параметров, которые оказывают влияние на выбор аппаратного оформления и экономические показатели процесса не обойтись без проведения теста на БПМ.

В многочисленных работах по определению БПМ используются различные варианты определения этого показателя, которые отличаются как конструкцией установок, так и различными экспериментальными процедурами анализа субстратов. В общем виде процедура определения БПМ включает: смешение органического субстрата с анаэробным инокулятом, выдержку его в лабораторном анаэробном реакторе при заданной температуре и выбранном режиме перемешивания, количественное определение объема выделившегося биогаза и его состава.

В настоящее время не существует стандартизованных процедур проведения испытаний для определения БПМ, которые устанавливают конкретные условия проведения отдельных этапов такого исследования.

Наиболее часто в практической работе по определению БПМ ориентируются на руководство VDI 4630, разработанное ассоциацией

немецких инженеров. В руководстве подробно изложен поэтапный процесс оценки биогазового потенциала. Подбор дозы инокулята и выбор способа определения расхода биогаза (метана) производится в зависимости от состава субстрата и имеющихся возможностей. Продолжительность процесса сбраживания зависит от условий эксперимента (мезофильный или термофильный режим). Количественная оценка объема полученного биогаза чаще всего производится по объему вытесненной воды. Если в системе измерения расхода биогаза производится поглощение CO_2 раствором щелочи (обычно 1М раствор NaOH), то в результате получают расход метана. Результаты экспериментального определения выхода биогаза (метана) приводят к нормальным условиям (температура 273 К, давление 101,3 кПа, сухой газ).

Использование данной методики позволяет с помощью относительно простого аппаратного оформления получить данные по продолжительности сбраживания, степени распада органического вещества для субстратов различного состава. Однако ввиду малых объемов обрабатываемых субстратов, определение состава исследуемых субстратов производят только до и после сбраживания. Не удастся определить влияние на выход биогаза суточной дозы загрузки, условий перемешивания, колебаний в составе субстрата, установить изменения состава жидкой фазы, водоотдающих свойств сброженных осадков и др.

В БГТУ проведены сравнительные испытания различных вариантов определения БПМ осадков Минской очистной станции, базирующихся на руководстве VDI 4630. В качестве инокулята использовали, сброженный в лабораторных условиях сырой осадок (до 15% от массы сухого вещества). В качестве субстратов использовали сырой осадок, избыточный активный ил и их смеси. Определены степень распада органического вещества, выход биогаза и метана из исследуемых субстратов в мезофильных и термофильных условиях. Результаты исследований использованы при составлении материальных и энергетических балансов альтернативных вариантов обработки и использования осадков.

Определение условий анаэробного сбраживания, в максимальной степени соответствующих условиям действующей промышленной установки, возможно при использовании для проведения исследований анаэробных биореакторов, работающих непрерывно в проточном режиме с постоянным контролем выхода и состава биогаза, pH и других параметров.

Для получения исходных данных для выбора проектных решений по обработке и использованию осадков, образующихся на Минской очистной станции в соответствии Рамочным соглашением о сотрудничестве по проведению испытаний на ГУ «МИНСКВОДОКАНАЛ»

между БГТУ, компаниями AQUA-Consult Ingenieur GmbH, Cambi и Европейским экологическим центром KREVOX, AQUA-Consult Ingenieur GmbH предоставлена для проведения испытаний пилотная установка контейнерного типа, которая состоит из четырех реакторов объемом 80 литров каждый. Контейнер оборудован современными аналитической и инструментальной системами. Каждый реактор оснащен смесителем, станцией дозирования (предназначена для дозирования кислоты, основания и / или субстрата), системой сбора газа со встроенной конденсатоотводной ловушкой. В процессе работы производится автоматический контроль и измерение температуры, pH, уровня субстрата, расхода газа и его состава.

В ходе испытаний будут использованы мезофильный и термофильный режимы сбраживания сырого осадка, избыточного активного ила и их смеси. Будет установлено влияние предварительного термогидролиза осадков перед сбраживанием на выход биогаза. Для условий Минской очистной станции будет определена возможность и целесообразность извлечения фосфора из жидкой фазы сброженного осадка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Angelidaki I, Sanders W. Assessment of the anaerobic biodegradability of macropollutants. *Rev Environ Sci Biotechnol*, 2004. v. 3, №2. – p.117–129.
2. I. Angelidaki, M. Alves, D. Bolzonella, L. Borzacconi, J. L. Campos. Defining the biomethane potential (BMP) of solid organic wastes and energy crops: a proposed protocol for batch assays. *Water Sci Technol*, 2009, v. 59. №5. – p. 927–934.
3. Chudoba P, Chevalier JJ, Chang J and Capdeville B, Effect of anaerobic stabilization of activated sludge on its production under batch conditions at various S(o)/X(o) ratios. *Water Sci Technol.*, 1991, v. 23. – p. 917–926.
4. Schievano A, Pognani M, D'Imporzano G and Adani F, Predicting anaerobic biogasification potential of ingestates and digestates of a full-scale biogas plant using chemical and biological parameters. *Bioresource Technol*. 2008. v. 99, p. 8112–8117.
5. VDI 4630, Fermentation of Organic Materials. Characterisation of the Substrates, Sampling, Collection of Material Data, Fermentation Tests. *VDI-Handbuch Energietechnik*. 2006.–92p.
6. ТКП 45-4.01-321-2018. Канализация. Наружные сети и сооружения. Строительные нормы проектирования.

НЕОРГАНИЗОВАННЫЙ ПРИТОК СТОЧНЫХ ВОД В КАНАЛИЗАЦИЮ И ЕГО ВЕРОЯТНОСТНЫЕ РАСЧЕТНЫЕ КРИТЕРИИ

При эксплуатации самотечных внешних сетей канализации происходит так называемый дополнительный неорганизованный приток подземных вод, дождевых и талых сточных вод через штатные отверстия канализационных люков, трещины и разрушения в стенках колодцев, сводах коллекторов, а также через их стыки между собой. Затраты, связанные с транспортировкой таких дополнительных объемов воды включаются в себестоимость услуг водоотведения.

В установившейся практике водоотведения, величину такого неорганизованного притока определяют расчетным путем. Анализ условий применения расчетной формулы, выполненный на примере канализации г. Москвы в [1], показал, что данная формула недостаточно приемлема для решения практических эксплуатационно-экономических задач коммунальных предприятий, поскольку дает заниженные результаты, но может быть применима, если в формулу ввести повышающий коэффициент. Однако, критерии обоснованного определения его величины в статье не представлены.

В настоящей статье рассмотрены условия применения расчетной формулы, исходя из технического состояния сетей канализации, поскольку в сети могут находиться в эксплуатации коллекторы не только с истекшим сроком службы, но и с явными и скрытыми повреждениями. Например, технический контроль состояния канализационной сети, осуществленный в Слонимском водоканале, показал, что удельная площадь только явных повреждений в зависимости от срока службы коллектора составляет от 0,0046 до 0,012 м²/м трубы. Очевидно, что существует определенная корреляционная связь между техническим состоянием коллектора и интенсивностью формирования неорганизованного притока.

Учет технического состояния сетей канализации может быть осуществлен, используя элементы вероятностно-статистической теории надежности в технике. Теория надежности применима для технических объектов, при эксплуатации которых допускаются отказы и повреждения и для описания которых применима модель потока случайных событий. При этом отказы и повреждения могут быть рассмотрены как результат взаимодействия технического объекта с другими объектами и окружающей средой [2].

Техническое состояние объекта характеризуется совокупностью параметров, которыми по отношению к системе канализации могут быть приняты: срок службы коллектора, его остаточный ресурс, отказ (авария) и повреждение (например, деградация от коррозионных процессов), время восстановления и другие. Все это есть статистические характеристики состояния сетей, которые должны использоваться, и используются в повседневной деятельности предприятия водопроводно-канализационного хозяйства.

Учет условий эксплуатации при расчетах надежности осуществляется подстановкой в расчетные зависимости значений интенсивностей отказов и повреждений (λ), в т.ч. деградационных изменений, вычисленных для условий реальной эксплуатации с использованием поправочных расчетных коэффициентов, характеризующих степень изменения условий (режима) эксплуатации объекта от воздействия того или иного фактора по формуле [2]:

$$\lambda = \alpha_1 \lambda_0 + \alpha_2 \lambda_0 + \dots + \alpha_n \lambda_0 = \sum_{i=1}^n \alpha_i \lambda_0, \quad (1)$$

где α_i – поправочный коэффициент, характеризующий степень изменения режима эксплуатации от воздействия i -го фактора; λ_0 – интенсивность отказов и повреждений, установленная в нормативно-технической (конструкторской) документации; n – число факторов воздействия.

Соответственно, учет условий эксплуатации канализационных сетей, в части оценки изменения интенсивности неорганизованного притока сточных вод, также может быть осуществлен введением поправочного коэффициента и формула (1) приобретет вид:

$$q_{ad} = \sum_{i=1}^n k_{ad}^i q_{ad}^{\text{норм}} = \sum_{i=1}^n k_{ad}^i (0,15L\sqrt{m_d}), \text{ л/с} \quad (2)$$

где k_{ad}^i – расчетный (поправочный) коэффициент изменения интенсивности неорганизованного притока вод на участке коллектора, длиной L , от воздействия i -го фактора воздействия при максимальном суточном количестве осадков (m_d). В данной зависимости величина $q_{ad}^{\text{норм}}$ рассматривается как установленный технический норматив интенсивности неорганизованного притока вод в канализацию по [3].

Для определения k_{ad}^i поставим следующие расчетные условия в области определения:

1) изменение (усиление) интенсивности неорганизованного притока вызывается изменением условий (уменьшением) надежности се-

тей канализации, вследствие естественных процессов старения, коррозии, деформации и износа коллекторов, других деградационных изменений и факторов, действующих в совокупности, но независимо друг от друга;

2) совокупное действие факторов, в том числе внешней среды, по теории надежности характеризуют расчетные показатели, рассчитываемые применительно к определенным условиям эксплуатации объектов и их статистическим оценкам, соответственно, коэффициент k_{ad}^i может быть определен как сумма расчетных показателей (коэффициентов) эксплуатационной наработки элементов канализации вследствие деградационных изменений в сетях на расчетном участке в расчетном году.

3) для характеристики воздействия других техногенных объектов на интенсивность неорганизованного притока может быть использован фактор техногенной инфильтрации, также рассматриваемый в вероятностной постановке как функция формирования утечек из подземных водонесущих коммуникаций;

4) расчетным участком является бассейн канализования в сопряжении подводящего самотечного коллектора к канализационной насосной станции.

Используя элементы теории надежности, поправочный коэффициент k_{ad}^i можно определить как сумму коэффициентов $k_{ad}^i = k_1 + k_2 + k_3 + k_4$, где k_1 – коэффициент наработки соответствующего коллектора, k_2 – коэффициент вероятности отказа (деградации) коллектора, k_3 – коэффициент сохранения эффективности коллектора и k_4 – коэффициент наработки (готовности) городских водопроводных, а также тепловых и сетей дождевой канализации, имеющих на расчетном участке. Поскольку данные коэффициенты являются вероятностными характеристиками, то их расчетные значения заключены в пределах $0 \leq k_i \leq 1$.

Коэффициент наработки самотечного коллектора k_1 показывает вероятность того, что при заданной наработке трубопровода произошло хотя бы одно деградационное изменение (повреждение) при сохранении его работоспособного состояния. Расчет осуществляется по формуле $k_1 = T_p/T_3$, где T_3 – установленный ресурс эксплуатации коллектора, лет; T_p – его остаточный ресурс в расчетном году, лет. Коэффициент вероятности отказа (деградации) самотечного коллектора k_2 показывает вероятность того, что при эксплуатации трубопровода свыше установленного ресурса возможно дальнейшее, хотя бы единичное ухудшение (отказ или повреждение) его работоспособного состояния (например, в связи с

усилением коррозионных процессов) в произвольный момент времени. Расчет коэффициента осуществляется по формуле $k_2 = n(t)/N$, где $n(t)$ – количество коллекторов на расчетном участке, имеющих 100% износ и способных отказаться в произвольный момент времени; N – общее число коллекторов, работоспособных на расчетном участке в расчетном году. Коэффициент сохранения эффективности k_3 коллектора характеризует степень влияния отказов элементов трубопровода на эффективность его применения по назначению. Расчет коэффициента осуществляется по формуле $k_3 = t_p/t_3$, где t_p – число суток в расчетном году, в течение которых осуществлялась нормальная эксплуатация коллектора, t_3 – общее число суток в расчетном году.

Коэффициент k_4 , или комплексный показатель наработки (готовности) городских сетей, может быть связан с вероятностью образования и сохранения во времени параметров техногенной инфильтрации, образующейся в связи с инфильтрацией утечек из водопроводных, тепловых и сетей дождевой канализации на расчетном участке и способной увеличить приток вод в канализационные коллекторы. Расчет комплексного показателя, например, наработки водопроводных сетей может быть выполнен по формуле $k_3 = T_n/T_n + T_b$, где T_n – показатель надежности подачи воды потребителю, сут; T_b – время восстановления аварийного состояния сети, сут. Показатель T_n для водопроводных сетей, принимается равным отношению нормы времени, в течение которого возможно допустимое снижение подачи воды потребителю в системе водоснабжения данного населенного пункта, а время восстановления T_b , соответственно, равным нормативному расчетному времени ликвидации аварии на водопроводных сетях.

По аналогичным принципам могут быть рассчитаны и другие коэффициенты эксплуатационной наработки коллекторов и других сетей для их учета в расчетах неорганизованного притока.

ЛИТЕРАТУРА

1. Данилович, Д.А., Максимова, А.А., Пупырев, Е.И. Оценка объемов неорганизованного дополнительного притока сточных вод в систему канализации // Водоснабжение и санитарная техника. 2008. № 10. С. 31–38.
2. Целищев, В.А. Основы теории надежности. [Электронный курс]: конспект лекций для студентов. ИрГУПС. – Иркутск, 2015. – 148 с.
3. ТКП 45-4.01-53-2012 Системы канализации населенных пунктов. Основные положения и общие требования. Строительные нормы проектирования.

**ВНЕДРЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ БИОРЕАГЕНТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ
ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ НОВЫХ
И РЕКОНСТРУКЦИИ СТАРЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ.
ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ
ПРИМЕНЕНИЯ БИОРЕАГЕНТОВ**

На сегодняшний день наиболее опасными в хозяйственно-бытовом стоке являются биогенные вещества, такие как азот и фосфор, соединения которых, попадая в поверхностные воды, запускают процесс эвтрофикации водоемов и целый ряд других серьезных экологических проблем. Причина этого явления - быстрое развитие рынка бытовой химии, в которой используются различные соединения фосфора, так как фосфаты на сегодня являются самыми дешевыми смягчителями воды. Этим оправдывается необходимость присутствия фосфатов в составе практически любой бытовой химии. В результате, из-за повышения биологического потребления кислорода, содержание растворенного кислорода в воде резко снижается, что служит следствием ряда экологических проблем, включая исчезновение ценных видов рыб и приводит к активному развитию сорных видов. Одним из самых эффективных решений данных проблем является биореагентная технология очистки сточных вод, основой которого служат биореагенты.

Биореагенты – это комплексные решения системного действия, в состав которых входят коагулянты, флокулянты, ферментные препараты и биосовместимые коллоиды наномангнетита. При дозировании в аэротенкбиореагент работает в качестве биоактиватора, стимулирующего развитие фосфоаккумулирующих и флокообразующих микроорганизмов в биоценозе активного ила, которые эффективно удаляют загрязняющие вещества (в первую очередь, фосфор), при этом, одновременно подавляя развитие нитчатых бактерий [1]. Применение биореагентной технологии позволяет также регулировать качество очистки до необходимого предела.

Подобранные в оптимальном соотношении химические коагулянты и флокулянты обеспечивают быстрое и качественное химические связывание некоторых загрязнителей. Частицы наномангнетита обеспечивают в 2–3 раза большую скорость осаждения флокулированной взвеси.

Специфические ингибиторы липаз простейших рода *Sphaerotilus* подавляют их доминирование, что приводит к развитию биоценоза остальных микроорганизмов активного ила.

Практика применения биореагентов доказывает их эффективность за счёт комплексного действия, в то время как традиционные коагулянты, такие как сульфат алюминия или хлорное железо, снижая содержание фосфатов за счёт химического связывания, подавляют жизнедеятельность (вплоть до полного отмирания и всплытия активного ила), а также сами загрязняют воду продуктами гидролиза. В результате «очищенная» вода действительно содержит мало фосфатов, однако все загрязняющие вещества, содержание которых зависит от работы микроорганизмов, остаются. Биореагенты, за счёт высокой эффективности связывания фосфатов, дозируются непосредственно в аэротенк в настолько малых количествах (порядка 3–5 кг/1000м³), что не только не подавляют активный ил (за исключением нитчатых бактерий, вырабатывающих липазы), но и обеспечивают прирост активной биомассы. Продукты гидролиза остаются в осадке и практически не увеличивают его зольность (разница на уровне погрешности эксперимента).

Для эффективной очистки производственных сточных вод используются биореагенты, как общего действия (при общесплавной системе канализования – фосфор, взвешенные, тяжелые металлы, ХПК, БПК), в том числе позволяющие снизить основные концентрации загрязняющих веществ, часто встречаемые в промышленном стоке (для предприятий с высоким содержанием примесей с органическими и минеральными загрязнениями), так и биореагенты индивидуального исполнения, учитывающие профильные особенности предприятия (для пищевых производств, металлургических и нефтеперерабатывающих предприятий, производств бытовой и химии, целлюлозно-бумажные, деревообрабатывающие и домостроительные комбинаты и пр.)[2].

Благодаря своим химическим, физическим и биологическим свойствам, биореагенты, применяющиеся на существующих биологических очистных сооружениях, дают возможность в короткие сроки системно решить основные задачи по оптимизации их работы:

- Выполнить нормативные требования по качеству очистки сточных вод с глубоким изъятием фосфора, минимизацией взвешенных веществ и снижением концентрации тяжелых металлов.
- Обеспечить экономию или полное исключение штрафов за негативное влияние на окружающую среду для коммунальных и промышленных предприятий сбрасывающих сточную воду в поверхностные водоемы.

- Увеличить мощности очистных сооружений по приему и очистке сточных вод, без увеличения затрат, за счет оптимизации технологических и биологических процессов, что позволяет поддерживать концентрацию сухого вещества в среднем около 5,0–5,5 г\л при содержании растворенного кислорода в районе 2,0–2,5 мг\л, без выноса ила при вторичном отстаивании. Соответственно, затраты остаются на прежнем уровне, а производительность увеличивается. Особенно это актуально во время поступления пиковых нагрузок (обильное выпадение осадков, периоды снеготаяния и т.п.)

- Создать благоприятные условия для развития полезной биомассы (развитие фосфоро-аккумулирующих и флоко образующих бактерий и подавление развития водорослей и нитчатых бактерий).

- Увеличить скорость осаждения (седиментационные свойства активного ила) более чем в два раза на этапе вторичного отстаивания.

- Обеспечить минимально количество взвешенных веществ (менее 1 мг/л) при вторичном отстаивании и, следовательно, полностью исключить третичную доочистку.

- Обеспечить высокую степень прозрачности и значительно снизить затраты электроэнергии на работу УФО (ультрафиолетового оборудования).

- Снизить затраты на работу воздуходувного оборудования за счет поддержания невысокой концентрации растворенного кислорода (2,0–2,5 мг/л).

- Обеспечить кратковременный прием (от 24 до 72 часов) повышенных гидравлических нагрузок, без ухудшения параметров очистки.

Биополимерная матрица позволяет включать в состав биореагентанеобходимые химически активные микроэлементы в наноразмерном виде и поддерживать длительное время в коллоидном состоянии, что дает возможность избирательно и максимально эффективно нейтрализовать конкретные загрязнения химическим и биохимическим способом.

Данная биополимерная структура биореагентов дает возможность разрабатывать индивидуальные решения отраслевой и промышленной направленности с учетом специфики стоков [3].

Дозирование биореагента рассчитывается по объему поступающей сточной воды на очистные сооружения и концентрации фосфора фосфатов на выходе с очистных сооружений, содержание которого должно быть снижено до нормативного показателя.

Расчет выполняется по формуле, где учтен средний показатель концентрации фосфора фосфатов на выходе из очистных сооружений. Количества фосфора фосфатов, образующего в сточной воде за сутки, которое необходимо удалить, рассчитывается по формуле:

$$Q_{\text{фосф}} = \frac{Q_{\text{сут}} \times (C - C_{\text{ПДК}})}{1000};$$

где $Q_{\text{сут}}$ – среднесуточный расход сточных вод, м³/сут; C – концентрация фосфора фосфатов на выходе, мг/дм³; $C_{\text{ПДК}}$ – ПДК для фосфора рыбохозназначения.

В целом, реализация технологии биореагентной очистки сточных вод на биологических очистных сооружениях позволяет без серьезных капиталовложений увеличить количественные и качественные показатели водоочистки за счет ускорения биологических, химических и физических процессов на всех этапах очистки сточных вод.

ЛИТЕРАТУРА

1. Joanna Wawrzynczyk, Michael Recktenwald, Olof Norrlof, Estera S. Dey // *Water Research* 1555–1564 № 42 The function of cation-binding agents in the enzymatic treatment of municipal sludge.
2. M.C. Cammarota, D.M.G. Freire // *Bioresource Technology* 2195 – 2210 № 97 A review on hydrolytic enzymes in the treatment of wastewater with high oil and grease content.
3. AmbatkarMugha, MukundanUsha // *Scientific Reviews & Chemical Communications* 2012, 31–40 2(1) Enzymatic treatment of wastewater containing dyestuffs using different delivery systems.

А.С. Панасюгин, к.х.н., ф-л БНТУ
«Научно-исследовательский политехнический институт»
А.Р. Цыганов, первый проректор БГТУ, д-р с/х. наук,
профессор, академик НАН Беларуси
А.И. Теран, аспирант кафедры «Водоснабжения и водоотведения» БНТУ
Э.И. Михневич, д.т.н., профессор кафедры
«Водоснабжения и водоотведения» БНТУ
В.Н. Ануфриев, к.т.н., доцент, заведующий кафедрой
«Водоснабжения и водоотведения» БНТУ
Н. П. Машерова, к.х.н., доцент, Военная академия РБ
С. В. Григорьев, ф-л БНТУ «Научно-исследовательский
политехнический институт»

ИЗВЛЕЧЕНИЕ ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ИОНОВ МЕДИ ФИЛЬТРУЮЩЕЙ ЗАГРУЗКОЙ, СОДЕРЖАЩЕЙ ОКСИДЫ КАЛЬЦИЯ, ЖЕЛЕЗА, КРЕМНИЯ, АЛЮМИНИЯ, МАГНИЯ

Одними из основных источников загрязнения почвы, водоемов, водоносных горизонтов и сельскохозяйственных угодий тяжелыми металлами являются оводненные гальванические шламы и сточные воды гальванических производств.

В настоящее время в Беларуси значительная часть предприятий имеющих гальванические производства обладает малоэффективные очистные сооружения, промышленные стоки нейтрализуются не всегда в соответствии с требованиями экологической безопасности или хранятся в накопителях на территории предприятий.

Хранящиеся гальваношламы являются потенциальным источником экологических катастроф для тех территориальных комплексов, где они расположены. Это обусловлено тем, что шламы гальванических производств представляют собой лабильные системы, где тяжелые металлы в идеальном случае находятся в виде оводненных аммиакатов или полигидроксикомплексов. Данные системы с точки зрения экологии опасны тем, что при любом даже незначительном сдвиге рН в более кислую область конденсированные формы легко переходят в растворимые. В результате этого возрастает их подвижность.

Технические решения по обезвреживанию гальванических стоков используемые за рубежом (Евросоюз, США) и материалы, используемые для данных целей, во многих случаях не применимы в странах СНГ, из-за того зарубежные технологии привязаны к конкретным производствам с постоянным составом стоков, а у нас для большинства гальванических производств химический состав сточных вод постоянно меняется.

Поскольку на территории Беларуси более 40 % гальванических производств, так или иначе, связано с процессами меднения целью данной работы было извлечение из водных растворов ионов меди фильтрующей загрузкой, синтезированной на основе оксидов кальция, железа, кремния, алюминия, магния

Образец для исследований синтезировали следующим образом: растворы хлоридов кальция, железа, алюминия и магния обрабатывали расчетным количеством метасиликата натрия, исходя из прогнозируемого (расчетного состава), приведенного в таблице. Далее полученный материал отмывали до отсутствия в промывных водах хлорид ионов и ионов натрия, наличие которых определяли соответственно по реакции с ионами серебра и пламенно-фотометрическим методом. Полученный материал гранулировали (гранулы 1,8–2,0 мм) и прокаливали при температуре 500°C в течение 2 часов. Реальное содержание оксидных групп в синтезированном образце исходя из данных количественного рентгенофазового анализа (таблица).

Химический состав образца материала

№ пп.	Соединение	Масс., % (расчетные)	Масс., % (фактические)
1	2	3	4
1.	SiO ₂	20,0	22,1
2.	CaO	42,0	41,0
3.	MgO	7,0	6,5
4.	Al ₂ O ₃	8,0	6,8
5.	FeO	23,0	23,6

В данной работе изучено извлечение катионов Cu²⁺ из водных растворов материалом, полученным на основе оксидных соединений Ca-Mg-Si-Al-Fe.

Установлено, что процесс очистки воды от ионов меди (II) данным материалом идет по смешанному механизму как за счет образования труднорастворимых силикатов, так и за счет образования гидроксидов.

Эффективность извлечения ионов меди (II) в статических условиях определяли следующим образом: к 0,1 г исследуемого образца приливали 200 мл водного раствора CuSO₄, содержащего 10 мг/л меди (II), выдерживали 24 ч при постоянном перемешивании, затем раствор отделяли от фильтрующей загрузки. Время выдержки загрузки под маточным раствором было определено предварительными исследованиями, в ходе которых установлено, что равновесие загрузка – раствор устанавливается за 22–24 ч, дальнейшее увеличение времени

контакта не приводит к росту степени осаждения ионов меди (II) из раствора.

Использовали фракцию загрузки 1,8–2,0 мм при соотношении диаметр колонки – высота слоя загрузки 1–6.

Несмотря на высокие показатели скорости фильтрации полученные на дистиллированной воде до 15 колоночных объемов в час, при пропускании модельных растворов полученных на основе водопроводной воды скорость фильтрации не удается повысить выше 7 колоночных объемов в час. Это связано с тем, что ионы меди, которые содержались ($1,5 \text{ мг/дм}^3$) в очищаемой воде не успевали прореагировать с поверхностью загрузки. В ходе экспериментов установлено, что оптимальными параметрами фильтрации является скорость фильтрации до 5 колоночных объемов в час при содержании меди до $1,5 \text{ мг/дм}^3$.

Таким образом, в процессе изучения сорбции микро количеств меди (II) показано, что после через фильтрующую загрузку от общего количества в исходном растворе ионов меди осталось не более $0,005 \text{ мг/л}$, что меньше в 5 раз пределов ПДК, коэффициент очистки достигал 98,4–99,1 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ратько А. И., Колос Е. А., Панасюгин А.С. Извлечение из водных растворов ионов железа (III) силикатами кальция// ЖПХ 1998 т. 71, № 10, с. 1638–1642.
2. Панасюгин А.С., Михалап Д.П., Трибушевский В.Л. Влияние коллоидно-химического состояния ионов тяжелых металлов на морфологию и фазовый состав их оксидных форм// Литье и металлургия 2006., № 1 с. 44–51.

ИННОВАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ АЭРАЦИИ ДЛЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Биологическая очистка хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод осуществляется с использованием аэробного окисления загрязняющих веществ, в том числе соединений азота, вследствие жизнедеятельности микроорганизмов – активного ила, для которых эти загрязнения являются источником питания.

Одним из важнейших факторов, определяющих эффективность работы сооружений для биологической очистки сточных вод, например, аэротэнков, является достаточное количество кислорода, необходимого для жизнедеятельности активного ила. Поступление кислорода обеспечивается за счёт аэрации сточных вод и осуществляется при использовании аэрационных систем. Аэрация является энергоёмким процессом (до 80% потребляемой на очистных сооружениях электроэнергии).

Внедрение инновационных аэрационных систем является способом уменьшения себестоимости очистки сточных вод за счёт снижения затрат на эксплуатацию очистных сооружений, повышение их эффективности, надёжности и долговечности.

В данном докладе представлены новейшие достижения в области разработки и производства инновационных аэрационных систем для биологической очистки сточных вод, а также условия их эффективного внедрения с целью снижения затрат на строительство (реконструкцию, модернизацию) и эксплуатацию очистных сооружений канализации.

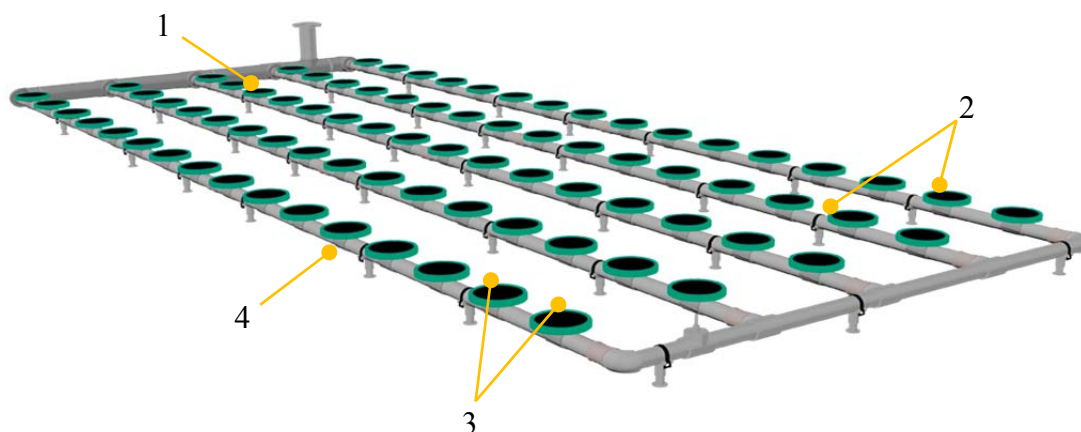


Рисунок 1.1. Схема погружной системы аэрации
1 – коллектор, 2 – распределительные трубопроводы,
3 – аэраторы, 4 – крепления.

Комплектные погружные системы аэрации включают воздухо-распределительные трубопроводы и диффузоры (аэраторы), предназначенные для подачи воздуха в сточную воду и фактически определяющие эффективность аэрационных систем.

Современные высокоэффективные системы комплектуются диффузорами, оснащёнными мембранами с различными размерами отверстий для выпуска воздуха и выполненными из различных материалов, что определяет их свойства и область применения.

Таблица 1

Классификация аэраторов

Тип аэрации	Размер пузырьков воздуха, мм	Свойства
Ультра мелкодисперсная	0,2... 0,5	– максимальный перенос кислорода – низкий удельный расход воздуха
Мелкодисперсная	0,5... 1,0	– требуется увеличенное количество диффузоров
Среднедисперсная	1,0... 1,75	– эффективный перенос кислорода – ограниченные потери давления – длительный срок службы
Грубодисперсная	1,75... 4,0	– работа с большим расходом воздуха, но с низким переносом кислорода – низкие потери давления – минимальная опасность засорения

Таблица 2

Материалы аэраторов для мелкопузырчатой аэрации

Материал	Свойства
EPDM	– низкая стоимость – эффективный перенос кислорода – высокая прочность
Силикон	– высокая механическая и химическая стойкость – устойчивость к налипанию отложений
Полиуретан	– низкая стоимость – эффективный перенос кислорода – устойчивость к воздействию углеводородов – устойчивость к налипанию отложений

Обзор мембранных диффузоров Wilo-Sevio AIR

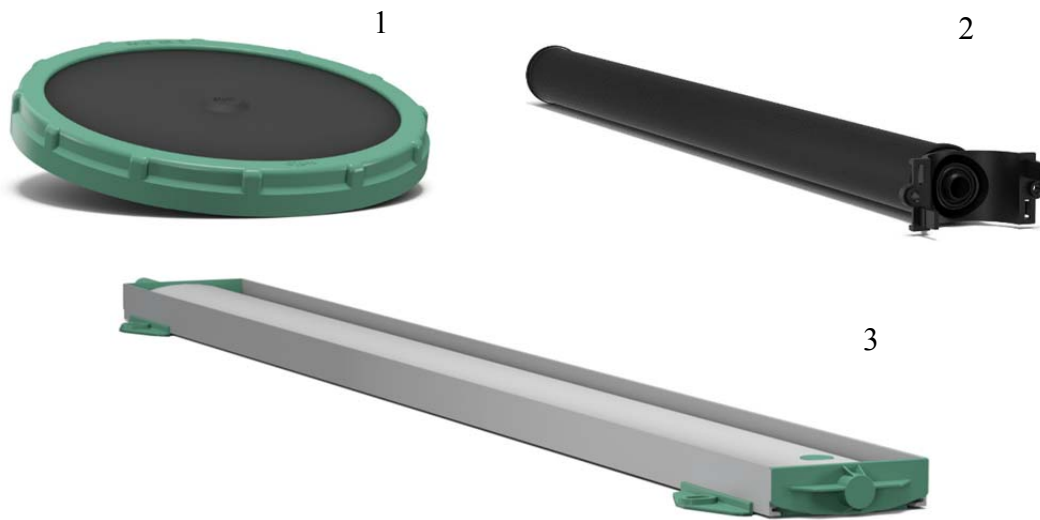


Рисунок 2. Аэраторы

- 1 – дисковый аэратор Wilo-SevioAIRD,
 2 – трубчатый аэратор Wilo-Sevio AIR T,
 3 – пластинчатый аэратор Wilo-SevioAIRP

Дисковые (тарельчатые) аэраторы

Таблица 3

Технические характеристики дисковых аэраторов

Показатель	Значение
Эффективный диаметр	218 мм
Рабочий расход воздуха	до 6 м ³ /ч
Материал мембраны и область применения	EPDM - хозяйственно-бытовые сточные воды Силикон – производственные сточные воды

Трубчатые аэраторы

Таблица 4

Технические характеристики трубчатых аэраторов

Показатель	Значение
Длина перфорированной поверхности, мм	до 1000 мм
Рабочий расход воздуха	до 12 м ³ /ч
Материал мембраны и область применения	EPDM – хозяйственно-бытовые сточные воды Силикон – производственные стоки Полиуретан – хозяйственно-бытовые и производственные сточные воды

Пластинчатые аэраторы

Таблица 5

Технические характеристики пластинчатых (плоских) аэраторов

Показатель	Значение
Длина перфорированной поверхности, мм	до 4000 мм
Рабочий расход воздуха	до 76 м ³ /ч
Материал мембраны и область применения	Полиуретан – хозяйственно-бытовые и производственные сточные воды

ЛИТЕРАТУРА

1. Жмур, Н. С. Биологические системы очистки / Н.С. Жмур. – М.: АКВАРОС, 2003. – 512 с.
2. Очистка сточных вод / Хенце М. [и др.]; под общ. Ред. М. Хенце – М: Мир, 2008. – 471 с.
3. Технический кодекс установившейся практики 45-4.01-202-2010 (02250) Очистные сооружения сточных вод. Строительные нормы проектирования. Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2011. – 99 с.
4. Wilo General Catalogue Water Management. Каталог оборудования. Wilo SE, 2018. – 95 с.

ЭКОЛОГИЧНЫЕ РЕШЕНИЯ – АЛЬТЕРНАТИВА ЦЕНТРАЛЬНОМУ КАНАЛИЗОВАНИЮ. УДАЛЕННЫЙ ТЕХНОЛОГ-ЦИФРОВОЙ КОНТРОЛЬ И УПРАВЛЕНИЕ ОЧИСТНЫМИ СООРУЖЕНИЯМИ

Кадровая проблема в сфере очистки сточных вод

На сегодня с уверенностью можно сказать, что в России огромный недостаток технологов по очистке сточных вод. Подавляющее большинство вузов страны прекратило их выпуск. Научно-технический прогресс не стоит на месте и в сфере водоотведения появляются новые технологии и оборудование, позволяющие обеспечить качественную очистку сточных вод. Однако, квалификация обслуживающего персонала очистных сооружений низкая и зачастую не позволяет провести обучение качественной эксплуатации нового технологического оборудования.

Усугубляет ситуацию и то, что межпоселковые сети изношены. Во многих населенных пунктах вообще нет очистных сооружений (даже на бумаге). Строить или ремонтировать межпоселковые сети зачастую дороже чем поставить очистные сооружения, которые будут чистить сточные воды, вместо того, чтобы их только перекачивать. Необходимо увеличивать количество очистных сооружений в малых населенных пунктах для очистки сточных вод на месте их образования и экономить на капитальных вложениях на строительстве КНС, строительстве инфраструктуры их энергообеспечения, и операционных расходах на эксплуатацию и ремонт этих КНС.



Рисунок 1. Статистика потребления электроэнергии малых и средних водоканалов

Централизованная или распределенная схема канализования?

Какой же путь развития канализования «на селе» выбрать? Строить межпоселковые сети к большим очистным сооружениям и через сети подавать туда сточные воды (рисунок 2), или строить малые очистные сооружения около малых населенных пунктов (рисунок 3) и сливные станции для автомашин?

Годы эксплуатации централизованных схем межпоселкового канализования выявили следующие проблемы:

- Канализационные сети
 - высокие эксплуатационные затраты
 - высокий износ
 - высокая приточность (чем больше протяженность сети, тем выше приточность)
 - большие потери на КНС и очистных сооружениях из-за очистки приточной грунтовой и поверхностной воды
- КНС
 - высокий износ КНС
 - высокое энергопотребление на перемещение сточных вод
- Очистные сооружения
 - высокая неравномерность поступления сточных вод в разрезе поступления осадков
 - большое разбавление входящих сточных вод
 - нестабильность технологических режимов ввиду высокой приточности и бедных стоков

При переходе на принцип распределенного канализования малых населенных пунктов часть проблем автоматически решается. Снижается потребность в перекачки сточных вод, что в целом сильно снижает себестоимость на организацию водоотведения. Ввиду этого решается целый куст вопросов: нет необходимости ремонтировать и содержать КНС, их обслуживать и платить за электроэнергию, уходит необходимость в ремонте и поддержании в рабочем состоянии напорных межпоселковых сетей.

Однако наравне с сокращением расходов появляется новая потребность в эксплуатации большего количества очистных сооружений и организации их сервисного и технологического сопровождения. На практике выясняется, что самой эффективной является гибридная схема, основанная на экономическом анализе и лежит где-то посередине между централизованной и строго распределенной схемой канализования.

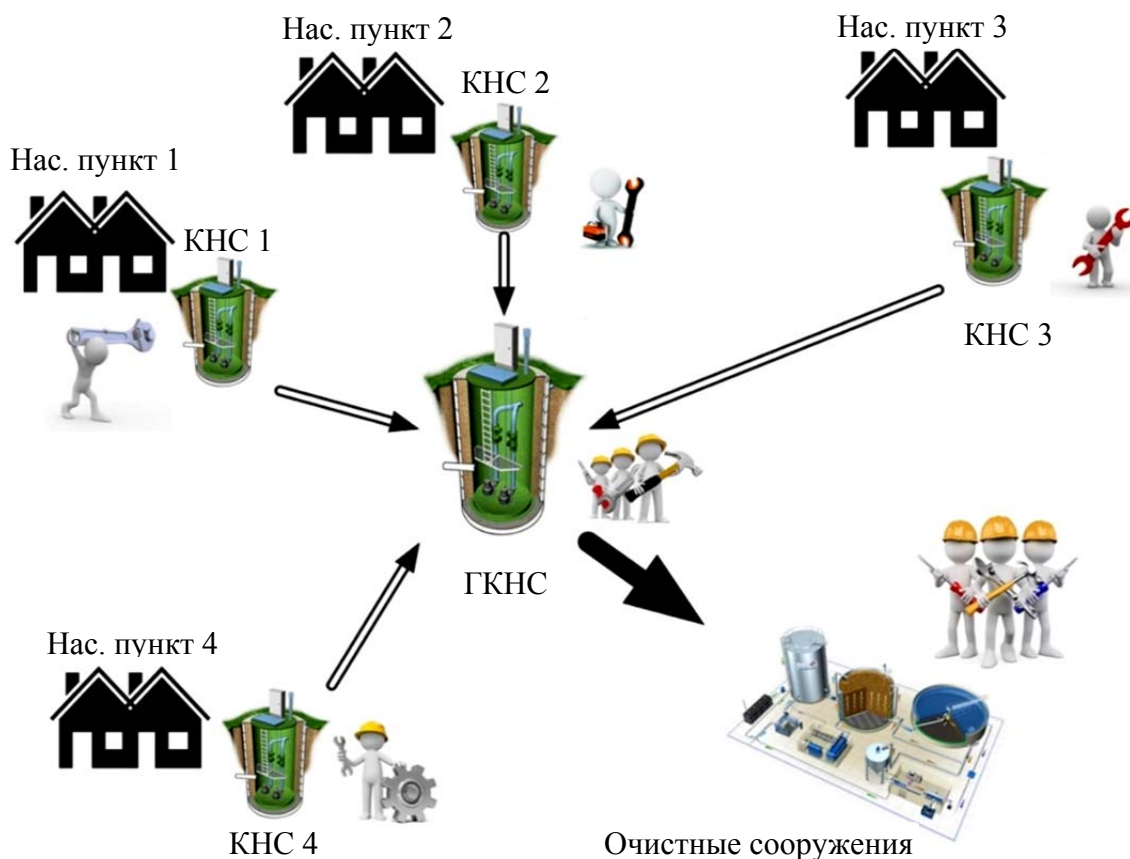


Рисунок 2. Централизованная схема канализования нескольких малых населенных пунктов с распределенным сервисом

Создание небольших кустовых автоматических и полуавтоматических очистных сооружений позволяет существенно снизить эксплуатационные расходы, а применение гибридной схемы канализования (сети плюс доставка стоков автомашинами к сливным станциям) позволяет быстро и с низкими капитальными затратами обеспечить услугами канализования большое количество населенных пунктов. Актуальные схемы канализования позволят администрациям субъектов РФ скоординировать работу поселений и эффективно использовать их ресурсы.

Снижение стоимости эксплуатации ОС

Кадры решают все, а также несут одни из самых больших издержек для эксплуатантов очистных сооружений. Итак, реальный путь снижения потребности в персонале – использование персонала одновременно на нескольких очистных сооружениях за счет повышения уровня автоматизированного контроля и диспетчеризации. Фактически это означает переход от регламентного обслуживания на обслуживание очистных сооружений по необходимости.

Удаленный технолог

Зачастую очевидные решения лежат на поверхности или даже давно применяются в других областях. Один из путей решения проблемы с дефицитом квалифицированных кадров был найден в сфере здравоохранения. Применение телемедицины позволило решить вопрос кадрового голодания в большом числе случаев. Принимая во внимание положительную медицинскую практику, есть предложение ввести в сферу ЖКХ услуги по удаленному технологическому сопровождению очистных сооружений (рисунок 3).

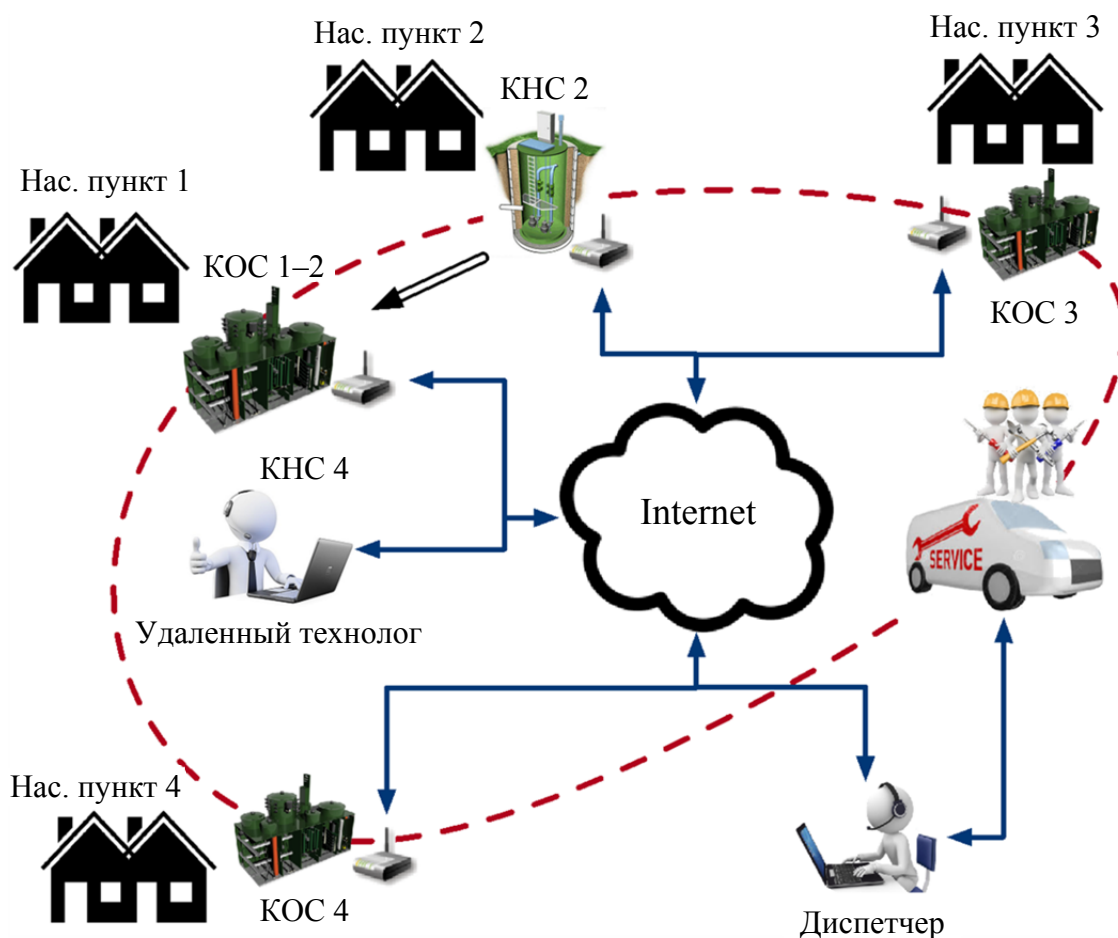


Рисунок 3. Распределенная схема канализования нескольких малых населенных пунктов с удаленным технологическим сопровождением и централизованным сервисом

Уровень автоматизации современных очистных позволяет дистанционно, в подавляющем большинстве случаев, управлять всеми процессами в очистном сооружении. Для принятия решения технологю в любом случае нужны анализы сточных вод из лаборатории, которые проводятся на месте, и иногда необходимо видеоизображение сточных вод или их фотографии. Для корректировки режи-

мов работы оборудования очистного сооружения технологу вовсе не-зачем ехать к нему. Всё управление оборудованием он получает дистанционно через интернет. Само же очистное сооружение может работать автономно и без подключения к интернету. Связь должна быть на время внесения изменений в настройки оборудования. Одновременно с этим, постоянная связь с очистным сооружением позволяет оперативно проводить диспетчеризацию его работы, собирать статистику с приборов учета и контрольно-измерительных приборов очистного сооружения.

Выводы

Для решения проблем водоотведения следует использовать распределенную (гибридную) очистку сточных вод, которая снизит стоимость очистных сооружений и их эксплуатацию, а также уменьшит негативное воздействие на окружающую среду.

Применение адаптивных технологий очистки и автоматизация процессов, не требуют постоянного присутствия эксплуатантов, диагностика и мониторинг происходят удаленно. Применение современных полимерных материалов, позволяет увеличить срок эксплуатации в несколько раз и избежать капитального ремонта каждые 8–10 лет. Оптимизация эксплуатационных затрат происходит за счет низкого потребления электроэнергии, отсутствия затрат на отопление и об-суживающий персонал.

Изменив концепцию в организации централизованного канализо-вания малых населенных пунктов, экономия ЖКХ будет иметь мульт-ипликативный эффект из-за комплексного сокращения затрат.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КАЛЬЦИЙ И МАГНИЙСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ФОСФОРА НА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ КАНАЛИЗАЦИИ

Антропогенное воздействие на природный цикл фосфора привело к сокращению его разведанного сырья и эвтрофированию водных объектов. Посчитано, что со сточными водами в мировой океан поступает более 4,5 млн. т. P/год, или 25% от добываемого количества. Учитывая и то, что качество и доступность фосфорсодержащего сырья постоянно ухудшается предложена стратегия 5R по обращению с фосфором [1]. Целью данной стратегии является создание максимально замкнутого техногенного цикла фосфора. Она основана на пяти основных принципах:

- сокращение использования ископаемого сырья фосфора;
- снижение количества потерь фосфора в водные объекты;
- рециклинг фосфора, содержащегося в биоресурсах;
- извлечение фосфора из отходов и сточных вод;
- перестройка системы питания.

Как показано в работе [2] среди расходных статей баланса фосфоров Европе наиболее существенными являются хозяйственно-бытовые сточные воды, поступающие на очистные сооружения канализации (ОСК). В связи с этим целесообразным является повышение эффективности извлечения фосфора из потоков ОСК. Существует несколько подходов к данной задаче в зависимости от места применения на ОСК: извлечение из сточных и иловых вод, осадков сточных вод и золы от их сжигания.

Наиболее целесообразным считается извлечение из сточной и иловой воды от уплотнения и обезвоживания осадков сточных вод. В США, Канаде и Японии внедрены установки кристаллизации, обеспечивающие связывание фосфатов в виде гранул, состоящих из кристаллов магний-аммоний фосфата, фосфатов кальция и магния. В основе применяемых технологий лежит использование таких реагентов, как известковое молоко, гидроксид магния, смесь гидроксида натрия и хлорида магния.

Наряду с кристаллизацией высокоэффективным методом извлечения фосфора из потоков ОСК является сорбция. Перспективным

считается использование местных материалов, обладающих высоким потенциалом удаления фосфора из числа недорогого сырья или отходов производства. Ввиду простоты использования, высокой эффективности и малой стоимости их использование особенно целесообразно на ОСК малой производительности. По происхождению данные материалы разделяют на три группы: природные, отходы или побочные продукты производства и искусственные, полученные путем обжига или синтеза. Наибольшее распространение среди них нашли кальций и магнийсодержащие материалы, это связано с тем, что отработанный материал в последующем может найти применение в сельском хозяйстве.

Целью данной работы было исследовать эффективность использования для извлечения фосфатов местными и доступными кальций и магнийсодержащими материалами на ОСК.

В работе проведено сравнение и выбор материалов для извлечения фосфатов из сточных вод на ОСК. Среди более чем 20 отобранных для исследований сорбентов наиболее эффективными местными материалами являются отработанный катализатор крекинга углеводородов нефти (ОКК), шлам водоподготовки (ШВ), электросталеплавильный шлак (ЭШ), термообработанный доломит (ТОД). Установлены значения предельной емкости по фосфору для ШВ, ОКК, ЭШ и ТОД, которые соответственно равны: 3,2; 7,3; 13,3, и 26,9 мг P/г. Результаты исследований, полученные в лабораторных условиях, подтверждены в настоящих водах, поступающих на Минскую очистную станцию УП «Минскводоканал».

Определены условия протекания хемосорбционных процессов, определяющих эффективность извлечения фосфора ЭШ и ТОД. Для сорбентов на основе ЭШ и ТОД разработаны ТУ ВУ 100354659.110-2015 Сорбенты для очистки сточных вод. Предложено использовать эти сорбенты для извлечения фосфора из иловых вод от уплотнения избыточного активного ила и фугата от обезвоживания осадков сточных вод. Способ извлечения фосфора из осадков сооружений биологической очистки сточных вод защищен патентом Республики Беларусь № 21502.

Разработана двухступенчатая противоточная схема извлечения фосфора из возвратных потоков очистных сооружений с помощью ТОД при которой движение очищаемой воды и обожженного доломита реализуется на встречу друг другу. Отработанный после сушки может использоваться в качестве фосфорсодержащей добавки в почву. Внедрение разработанной технологии очистки возвратных потоков от фосфора позволит уменьшить нагрузку на ОСК и тем самым увеличить эффективность их работы. Реализация данной технологии позво-

лит извлечь и повторно использовать до 20% фосфора от общего количества, поступающего на очистные сооружения. При использовании анаэробного сбраживания осадков сточных вод степень извлечения может достигать 40%.

Подтверждена высокая эффективность применения ЭШ и ТОД извлечения фосфора из потоков ОСК. Отработанные материалы можно использовать в сельском хозяйстве в качестве известковых мелиорантов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Withers P. J. A. [et al.]. Stewardship to tackle global phosphorus inefficiency: the case of Europe // *Ambio*. – 2015. – Vol. 44. – №. 2. P. 193–206.

2. Ott C., Rechberger H. The European phosphorus balance // *Resources, Conservation and Recycling*. – 2012. – Vol. 60. P. 159–172.

ОЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ КАК ИСТОЧНИК ЗАПАХА

Запах – это специфическое ощущение человека, вызываемое действием летучих пахучих веществ на рецепторы слизистой оболочки носовой полости. Ощущаемые запахи в весьма значительной степени влияют на оценку человеком качества среды обитания. В системе водоотведения дурнопахнущие вещества (в частности, сероводородмеркаптаны, летучие жирные кислоты, альдегиды, кетоны) образуются в результате анаэробного биологического разложения органических веществ (в особенности – серосодержащих).

Так как очистные сооружения и другие объекты водоотведения зачастую находятся поблизости от жилого сектора, выделение от них неприятных запахов приводит к жалобам населения. Кроме того, наличие запахов может указывать на развитие анаэробных процессов, приводящих к серьёзным проблемам, таким как газовая коррозия бетона в коллекторах или коррозия электрооборудования. Для предотвращения негативных последствий необходимо своевременно определить источники выбросов и обеспечить должную систему вентиляции выявленных объектов, оснащённую соответствующим газоочистным оборудованием.

К сожалению, инструментальные замеры концентраций загрязняющих веществ далеко не всегда отражают уровень запаха. Химические и физические характеристики того или иного вещества не позволяют предсказывать его способность вызывать запах. Пороговые значения восприятия запаха, т.е. такие концентрации пахучих веществ в воздухе, при превышении которых человек способен почувствовать запах, также сильно варьируются для различных веществ: например, для метилмеркаптана порог составляет $0,003 \text{ мкг/м}^3$, для сероводорода – $0,76 \text{ мкг/м}^3$, для ацетона – 650 мкг/м^3 . При превышении пороговой концентрации зависимость интенсивности воспринимаемого запаха от концентрации вещества изучена достаточно плохо и может варьироваться от одоранта к одоранту. Более того, чаще всего запах формируется не одним химическим веществом, а их смесью – тогда эффект их совместного действия на обоняние человека носит неаддитивный характер, даже если между пахучими веществами не происходит никаких химических взаимодействий. Если же вещества реагируют между собой, ситуация усложняется ещё больше. Помимо этого, немаловаж-

ную роль в восприятии человеком запахов играют и факторы окружающей среды, такие как температура и влажность. Поэтому для оценки запахового воздействия предприятия целесообразнее использовать ольфактометрические методы.

Ольфактометрия – это метод измерения запаха по степени его воздействия на человека. Для таких исследований используется ольфактометр, который служит для разбавления пробы пахучего воздуха нейтральным воздухом для подачи на анализ группе экспертов, которые должны ответить, ощущается ли в образце запах. Такие исследования позволяют определить концентрацию запаха, т.е. число разбавлений, необходимых для достижения получения образца в 1 ЕЗ/м³ (единицей запаха на кубический метр). По определению 1 ЕЗ/м³ – это такая концентрация запаха, при которой запах ощущается 50% испытуемых. Ольфактометрические исследования позволяют оценить качество атмосферного воздуха через человеческое восприятие и без привязки к конкретным загрязняющим веществам и являются важным дополнением к традиционным химико-аналитическим методам.

Ольфактометрические исследования определяют концентрацию запаха в воздухе, но поскольку равновесная концентрация одоранта в воздухе прямо пропорциональна его концентрации в воде, существенным параметром является способность к эмиссии запаха – количество запаха, выражаемое в ЕЗ/м³ жидкости, которое может быть извлечено из кубометра жидкости в стандартных условиях.

Различные технологические жидкости, находящиеся в открытых сооружениях, значительно отличаются друг от друга по способности к эмиссии запаха. Данные замеров способности к эмиссии запаха различных технологических жидкостей очистных сооружений приведены в таблице 1.

Таблица 1

**Данные по замерам способности к эмиссии запаха
различных технологических жидкостей очистных сооружений**

Жидкость	Значение, тыс. ЕЗ/м ³	
	среднее	максимальное
Сточная вода на входе на очистные сооружения	80	418
Иловая вода от сырого осадка	2000	10 700
Избыточный ил	29	92
Иловая вода от обезвоживания стабилизированного осадка	110	254

Мероприятия по снижению уровня запахов могут быть технологическими и техническими. В основе технологических мероприятий

лежит учет факторов, влияющих на интенсивность выбросов запаха, таких как использование напорных трубопроводов или самотёчных коллекторов, уровень загрязнённости сточных вод сульфатами и органическими соединениями, качество аэрации в аэротенках, условия эксплуатации первичных отстойников и др.

Технические мероприятия по снижению уровня запаха выбираются в зависимости от типа источника выбросов запаха и степени превышения ПДК загрязняющих веществ.

Для очистки воздуха от загрязняющих веществ и запахов на очистных сооружениях и объектах канализации в качестве наилучших доступных технологий применяется оборудование, приведенное в таблице 2.

Таблица 2

**Оборудование для очистки газовых выбросов
очистных сооружений поселений**

Оборудование	Краткое описание
Адсорберы	Загрязняющие вещества поглощаются адсорбентами (как правило, активным углём). Как правило, по мере выработки адсорбционной ёмкости производится замена загрузки адсорбера.
Биофильтры	Загрязняющие вещества сорбируются и окисляются биоплёнкой, развивающейся на поверхности загрузочных материалов. Загрузка природного происхождения (кора, щепа) периодически заменяется.
Плазмо-каталитические установки	Газообразные вещества, проходя зону высоковольтного разряда в газоразрядных ячейках и взаимодействуя с продуктами электросинтеза, разрушаются до углекислого газа и воды. Синтезируемый в газовом разряде плазмохимического реактора озон попадает на катализатор, где распадается на активный атомарный и молекулярный кислород. Остатки загрязняющих веществ, не уничтоженные в плазмохимическом реакторе, разрушаются на катализаторе благодаря глубокому окислению кислородом.
Мелкодисперсное распыление дезодорирующего состава	Нейтрализация запаха осуществляется за счёт взаимодействия смеси эфирных масел и органических соединений, извлечённых из растений, с веществами, обладающими запахом.

Практика показывает, что использование адсорбционного метода очистки воздуха на объектах водоотведения позволяет существенно снизить концентрации загрязняющих веществ и устранить неприятный запах. Зачастую этот метод оказывается значительно более эко-

номически выгодным, чем другие технологии. Среди характеристик некоторых моделей адсорберов (например, адсорберов «ПьюрАэр»):

- эффективность удаления запаха – до 99,5%;
- адсорбционная ёмкость по H_2S – до 70% от собственного веса;
- изменение или залповое повышение концентраций загрязняющих веществ не сказывается на эффективности очистки;
- влажность очищаемых газов не оказывает существенного влияния на степень эффективности очистки.
- техническое обслуживание заключается только в проверке износа адсорбента;
- для работы не требуются подвода электроэнергии или воды.

При невозможности перекрытия источников выбросов запаха, в том числе от неорганизованных источников большой площади, таких как иловые карты или шламонакопители, рекомендуется использовать технологии с распылением веществ, нейтрализующих запах. К этой группе методов относится технология «Мокрый Барьер». Суть метода заключается в распылении в воздухе водного раствора специального концентрата, представляющего собой смесь растительных эфирных масел, которые уничтожают неприятный запах.

К сожалению, раньше проблеме запаха от очистных сооружений и других объектов водоотведения не уделялось должного внимание. В настоящее время в связи с ростом численности населения этот вопрос встаёт всё острее. Разработанные методы очистки воздуха и нейтрализации неприятных запахов, такие как адсорбционная очистка и распыление реакционно-активных веществ, позволяют решить данную проблему.

ЛИТЕРАТУРА

1. ИТС10-2015 «Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов».
2. ГОСТ 32673-2014 «Правила установления нормативов и контроля выбросов дурнопахнущих веществ в атмосферу».
3. Свицков С. В., Данилович Д. А., Азаров В. Н. Очистные сооружения как источник неприятного запаха: причины, характеристики и методы борьбы // Водоснабжение и санитарная техника – 2016 – № 7 – с. 1–8.

А.В. Смирнов,
В.А. Юрченко, д-р техн. наук, проф., научный руководитель
АО «МАЙ ПРОЕКТ», г. Москва,
Харьковский национальный университет стр-ва и архитектуры

ВЛИЯНИЕ РЕДОКС-ПОТЕНЦИАЛА ПРИ УДАЛЕНИИ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В СОВРЕМЕННЫХ СХЕМАХ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Среди различных методов очистки сточных вод биологическая очистка сточных вод в аэротенках является наиболее эффективной и экономически выгодной для снижения содержания как органических соединений, так и соединений фосфора. Остаточное количество фосфора после обработки в аэротенках и вторичных отстойниках может быть удалено на скорых фильтрах с обработкой сточных вод химическими реагентами – солями алюминия и железа [1, 40–46; 2, 25].

Для проведения биологической очистки от соединений фосфора в сооружениях требуется организация зоны перемешивания с поддержкой в ней анаэробных условий (практически полное отсутствие растворенного или связанного кислорода). Процесс удаления фосфора протекает в 2 ступени: увеличение ортофосфатов – фосфотация и поглощение органического вещества при анаэробных условиях, и последующее снижение ортофосфатов при аэробных условиях – дефосфотация (рисунок 1) [3, 36].

При попадании иловой смеси в зону аэрации происходит окисление оставшихся органических загрязнений, а также осуществляется процесс нитрификации. Очищенные сточные воды попадают во вторичный отстойник с содержанием ортофосфатов, стремящихся к нулю, но условия вторичных отстойников могут вызвать повторное высвобождение соединений фосфора [4, 1–22].

На сегодняшний момент процесс биологического удаления фосфора изучен не до конца, что создает ряд проблем в его стабильном и эффективном применении на практике. Среди факторов среды, которые оказывают влияние на эффективность очистки, выделяют [5, 26]:

- температура иловой смеси;
- рН среды;
- концентрации загрязняющих веществ сточных вод: ЛЖК, быстрорастворимый БПК, азот/фосфор и их соотношение с органическими загрязнениями, калия, кальция и магния;
- наличие растворенного кислорода, нитратов;
- нагрузка на ил (гидравлическая и удельная);
- возраст ила и время обработки.

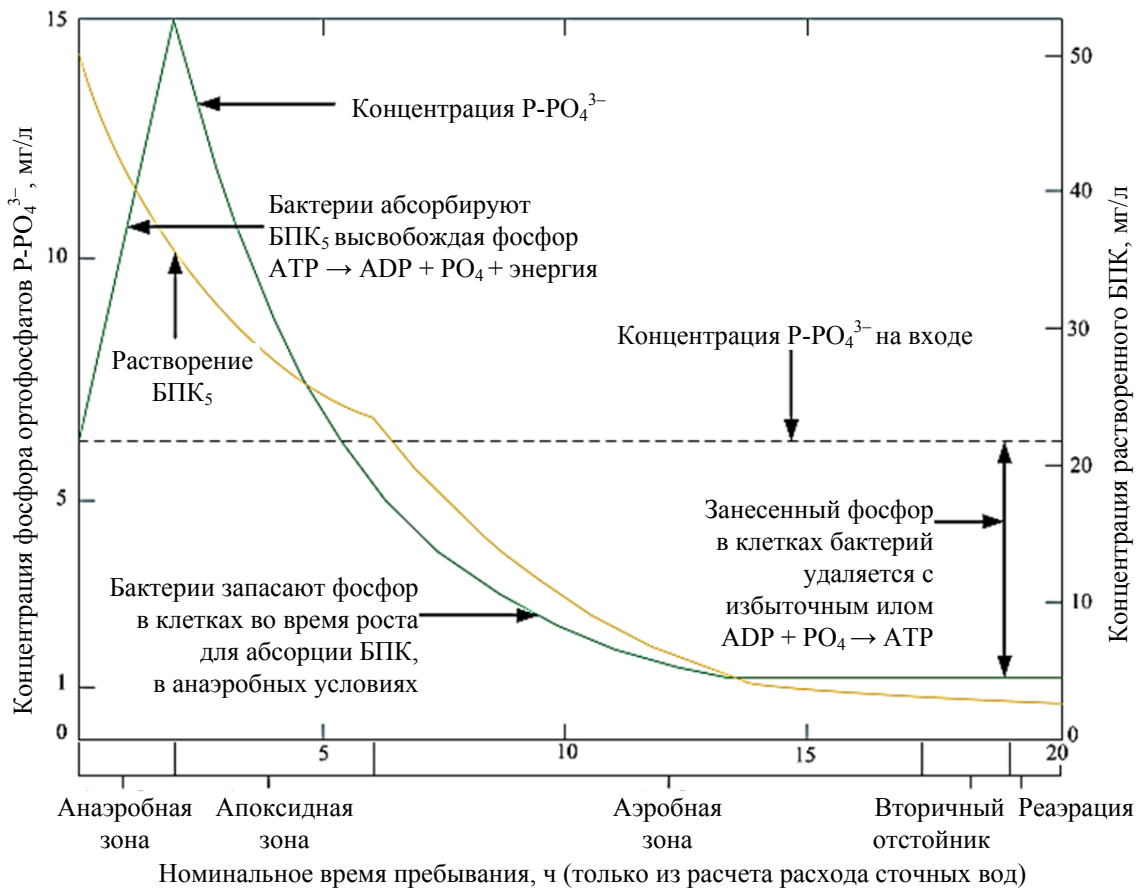


Рисунок 1. Профиль изменения фосфатов при биологической очистке

В качестве контролируемого параметра обработки сточных вод выбран окислительно-восстановительный потенциал (ОВП) водной среды, который характеризует способность воды обмениваться электронами с внешней средой. Вода может их отдавать или принимать. **Положительный ОВП** означает, что вода обладает повышенной способностью принимать электроны извне (окислительный потенциал), а отрицательный – отдавать (восстановительный потенциал). Влияние ОВП на кинетику процессов биологической очистки сточных вод от соединений фосфора практически не изучены.

Цель исследования: исследование в лабораторных и производственных условиях корреляций между окислительно-восстановительным потенциалом (ОВП) среды и миграцией фосфатов в системе активный ил-сточная вода (направленность и кинетика процесса).

Объект исследования: искусственное изменение окислительно-восстановительного потенциала с помощью микродоз реагентов в лабораторных условиях и подтверждение полученных корреляций на работающих очистных сооружениях (ОСК).

Методы исследования: гидрохимический анализ сточных вод – определение фосфора ортофосфатов по нормативным методикам,

электрохимические измерения ОВП сточных вод и иловой смеси с помощью портативного прибора HachHQ30d с датчиком RedOx.

В лабораторных условиях проведены исследования со сточной водой и активным илом с работающих очистных сооружений, с целью определения зависимости прироста концентрации фосфора фосфатов от начального значения ОВП сточной воды. В качестве исходной сточной воды использовались пробы после механической очистки (рисунок 2) и после вторичного отстойника (рисунок 3), в обе пробы добавлен активный ил. Для создания определенного уровня ОВП были использованы микродозы химических реагентов повышающие/понижающие его значение.

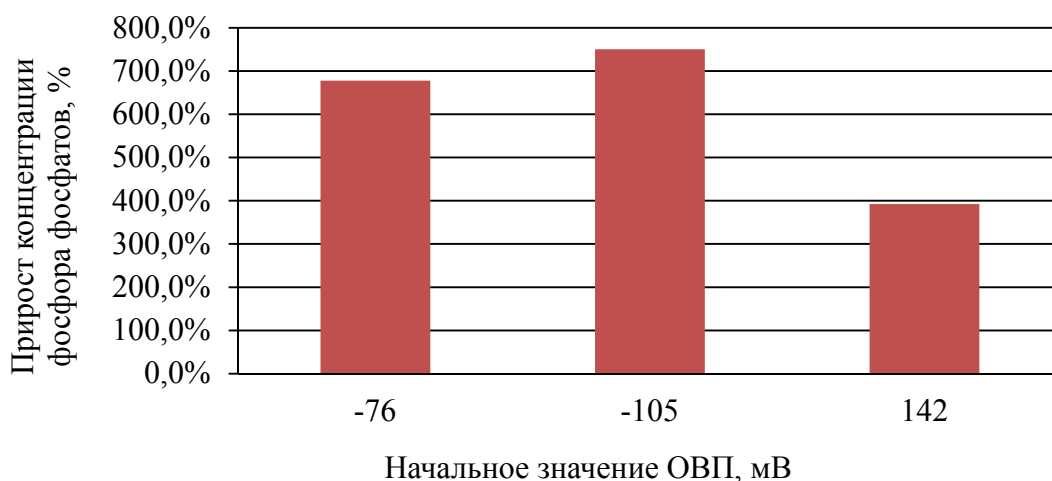


Рисунок 2. Прирост фосфора в неосветленной сточной воде от начального уровня ОВП

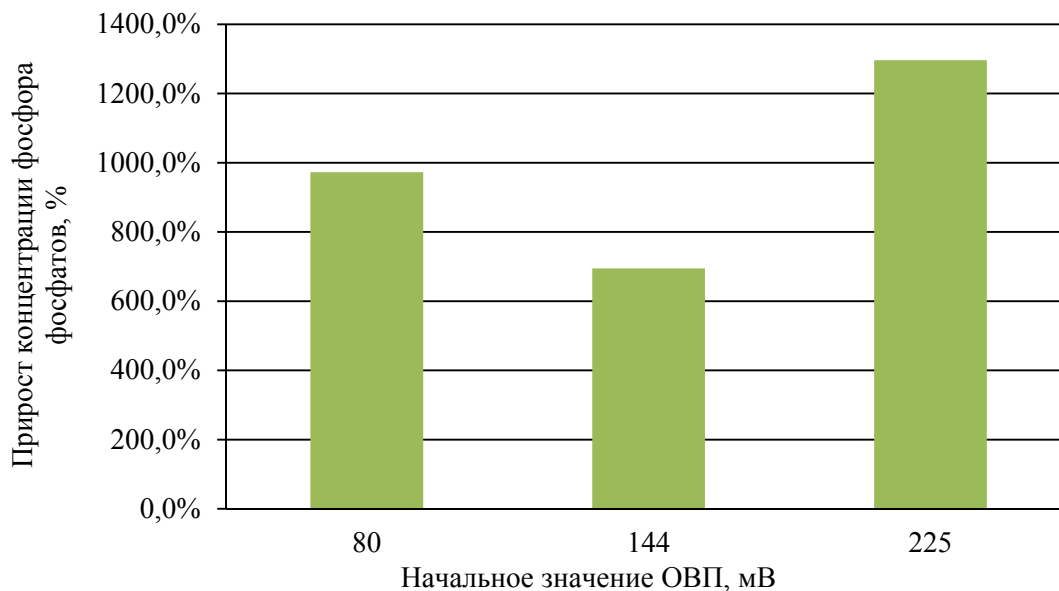


Рисунок 3. Прирост фосфора в очищенной сточной воде от начального уровня ОВП

По результатам проведенных лабораторных экспериментов были определены соответствующие зависимости ОВП и повышения фосфора фосфатов (рисунок 4), а также отношение повышения концентрации фосфатов от изменения уровня ОВП (рисунок 5).

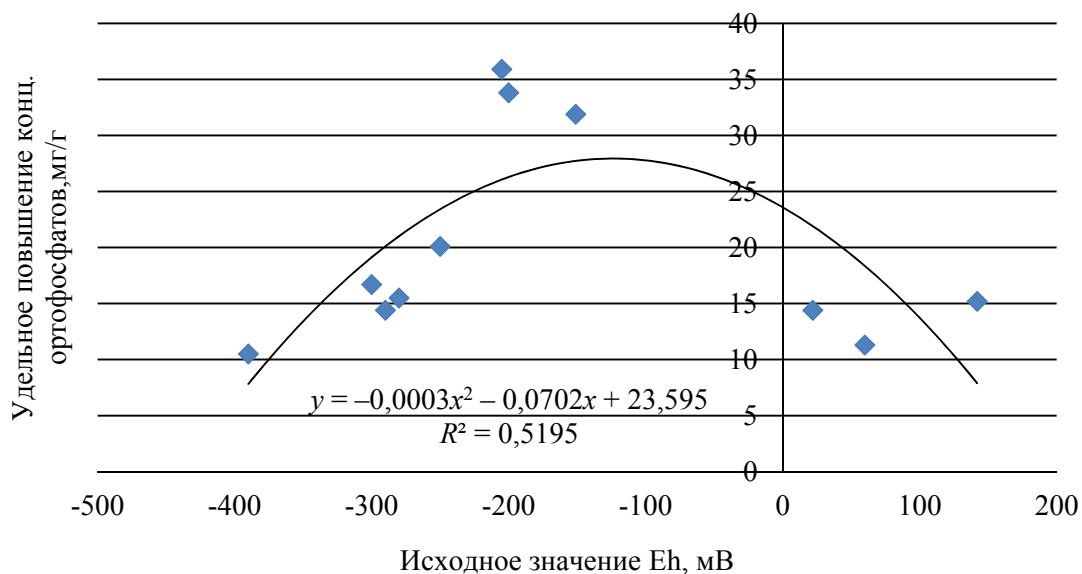


Рисунок 4. Зависимость фосфора и уровня ОВП в неочищенной сточной воде

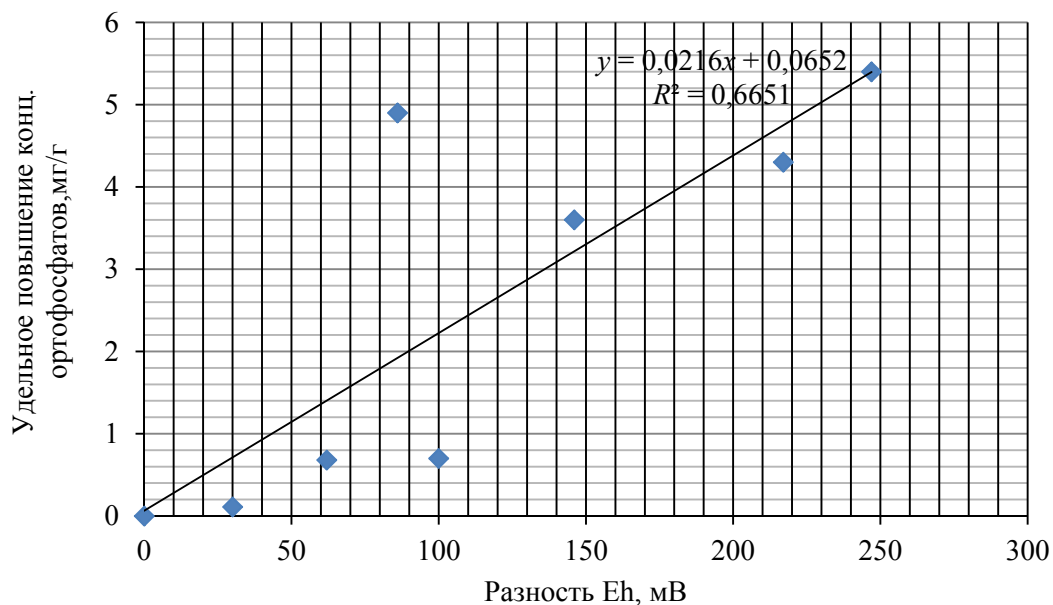


Рисунок 5. Повышение концентрации фосфора в неочищенной сточной воде от изменения уровня ОВП

Для подтверждения полученных зависимостей в ходе лабораторных измерений были проведены измерения на работающих ОСК. Очистные сооружения представлены классическим комплектом узлов

очистки сточных вод в составе первичных и вторичных отстойников, аэротенков.

На ОСК в аэротенках ОВП и концентрацию фосфора ортофосфатов в сточных водах определяли в верхнем канале аэротенка (сточная вода), после смешения возвратного ила и сточной воды (иловая смесь) в начале аэротенка, а также по ходу движения иловой смеси к концу аэротенка (рисунок 6).

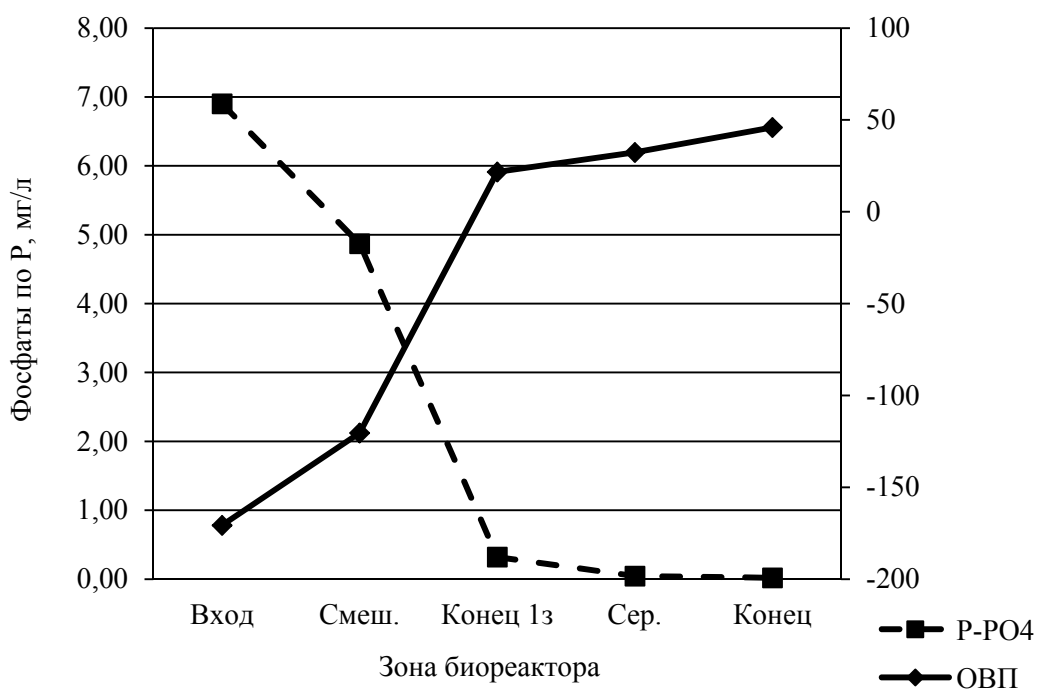
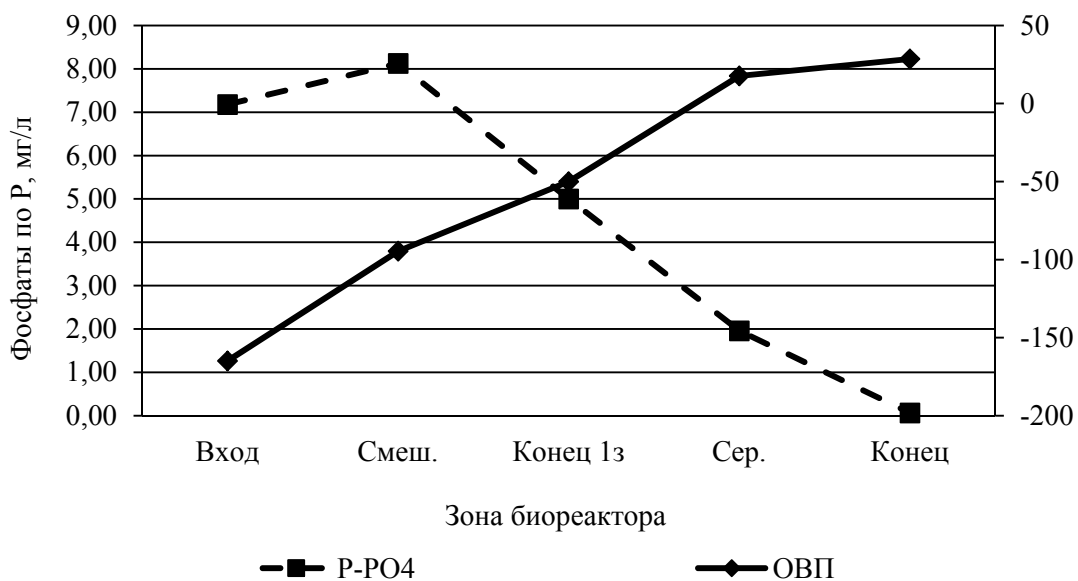


Рисунок 6. Динамика изменений фосфора и ОВП в аэротенках

Как видно из данных рисунка 5, направления прироста (убыли) ОВП среды и концентрации фосфора фосфатов в динамике обработки сточных вод в аэротенках аналогичны, что свидетельствует о взаимосвязи этих показателей.

В результате проведенной работы:

- установлена устойчивая корреляция между регулируемым параметром обработки сточных вод – ОВП и миграцией фосфатов в системе активный ил-сточная вода;
- на миграцию фосфатов влияет электрохимический потенциал ОВП среды и активного ила;
- отрицательные значения ОВП способствуют иммобилизации фосфатов из активного ила в водную среду.

ЛИТЕРАТУРА

1. Залётова Н. А. Особенности химического удаления фосфора при биологической очистки сточных вод. Жур. «Водоснабжение и санитарная техника» № 11, 2011. с. 40–46.
2. Standart ATV-DVWK-A 202E “Chemical-physical methods for the removal of phosphorus from wastewater”, April 2004. P. 25.
3. G. Ruston, C. Fort. Engineering considerations for phosphorus removal: IWEA O&M seminar, June 6, 2012. P. 36.
4. J.L. Barnard. Biological Nutrient Removal: Where We Have Been, Where We Are Going? WEFTEC, 2006. 1–22 p.
5. P. M. J. Janssen, K. Meinema, H. F. van der Roest. Biological Phosphorus Removal: Manual for Design and Operation. – IWA Publishing, STOWA, 2002. 26 p.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ КОАГУЛЯНТОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ ОКРАШЕННЫХ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ

На сегодняшний день одним из самых важных вопросов для большинства стран является вопрос очистки сточных вод от различного типа загрязнений и минимизация попадания опасных выбросов в водный бассейн. Известно, что в процессе использования в быту и в промышленности природная вода загрязняется веществами минерального и органического происхождения. Промышленные сточные воды, в основном загрязнены отходами и выбросами конкретных производств, в связи с чем, количественный и качественный состав их разнообразен и зависит от отрасли промышленности и технологических процессов, которые внедряются на производстве [1]. Актуально стоит вопрос разработки эффективных методов очистки сточных вод от загрязнения красителями различного типа, основным источником попадания которых в сточные воды являются текстильная, пищевая и химическая промышленность.

Известно довольно много эффективных методов очистки водных растворов от красителей, отличающихся своим многообразным строением и физико-химическими свойствами. Например, в работе [2] авторами предлагается использование фотоэкстракции с использованием поверхностно-активных веществ для извлечения бром фенолового синего. Достаточно широко на сегодняшний день используются сорбционные методы с использованием как синтетических, так и природных сорбентов для извлечения красителей [3–5].

Также, особое внимание следует уделить такому методу очистки, как коагуляция – процесс эффективного удаления из водных систем твердых частиц и коллоидов. Химическая коагуляция это наиболее эффективный и надежный метод удаления взвешенных частиц (диаметром > 10 нм) из природных и сточных вод, которая также удаляет растворенные фракции некоторых компонентов, снижает цветность исходной воды и содержание фосфатов в промышленных сточных водах. В качестве коагулянтов чаще всего используют соли алюминия и железа. Коагулянты способны гидролизироваться в воде с образованием различных коагуляционных структур, имеющих высокие адсорбционные и адгезионные свойства. Небольшие добавки флокулянтов в дополнение к обычным коагулянтам способствуют образованию хлопьев, от-

стаиванию и фильтрации, стабилизируют процесс очистки, повышают качество и увеличивают эффективность работы оборудования.

На кафедре химических технологий и водоочистки Черкасского государственного технологического университета проводятся исследования, направленные на изучение физико-химических параметров процессов очистки окрашенных растворов коагуляционным методом.

Объектами данного исследования были модельные растворы сточных вод, окрашенные красителем активный синий, в качестве коагулирующих компонентов были использованы классические коагулянты на основе алюминия ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ и ALS) и железа (PIX-318). Для интенсификации процесса удаления красителя из водных растворов в качестве флокулянта использовался природный высокомолекулярный полимер – хитозан. Определение концентрации красителя в водных растворах проводили спектрофотометрическим методом с помощью спектрофотометра Ulab 102. Для определения максимальных доз коагулянтов и флокулянтов использовался метод пробной коагуляции, так называемый Джар-тест (JAR-test), воспроизводимый на флокуляционной установке Flocculator 2000 производства ТМ «Kemira» (Финляндия), суть которого состоит в том, что в лабораторных условиях осуществляется имитация процесса образования хлопьев на промышленных установках очистки сточных вод, для чего используются стеклянные сосуды, в которых пробы воды взаимодействуют с реагентами при различных режимах перемешивания. Проведение данного эксперимента дает возможность определить минимальное время и дозы коагулянта, которые необходимы для осаждения или всплытия хлопьевого осадка, который образовывается при взаимодействии красителя с коагулянтом или с флокулянтом. При этом также есть возможность для исследования качества обработанной воды после отстаивания. При определении эффективности действия коагулянтов и флокулянтов в исследуемые объемы воды были добавлены различные дозы растворов коагулянта и флокулянта. При этом были использованы растворы коагулянта в пяти и десяти процентной концентрации, а флокулянта - от пяти сотых до одной десятой процента.

В ходе эксперимента были протестированы диапазоны доз от 20 до 70 мг/дм³ для коагулянтов на основе алюминия, а также от 10 до 60 мг/дм³ для коагулянта на основе железа. Диапазон доз для флокулянта-хитозана составил от 2 до 34 мг/дм³. Полученные данные, которые приведены на рис.1 показывают, что оптимальная доза для наиболее эффективной очистки модельного раствора с концентрацией красителя 0,02/дм³ коагулянтами составляет 40 мг/дм³ для PIX-318 и $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ и 20 мг/дм³ для ALS.

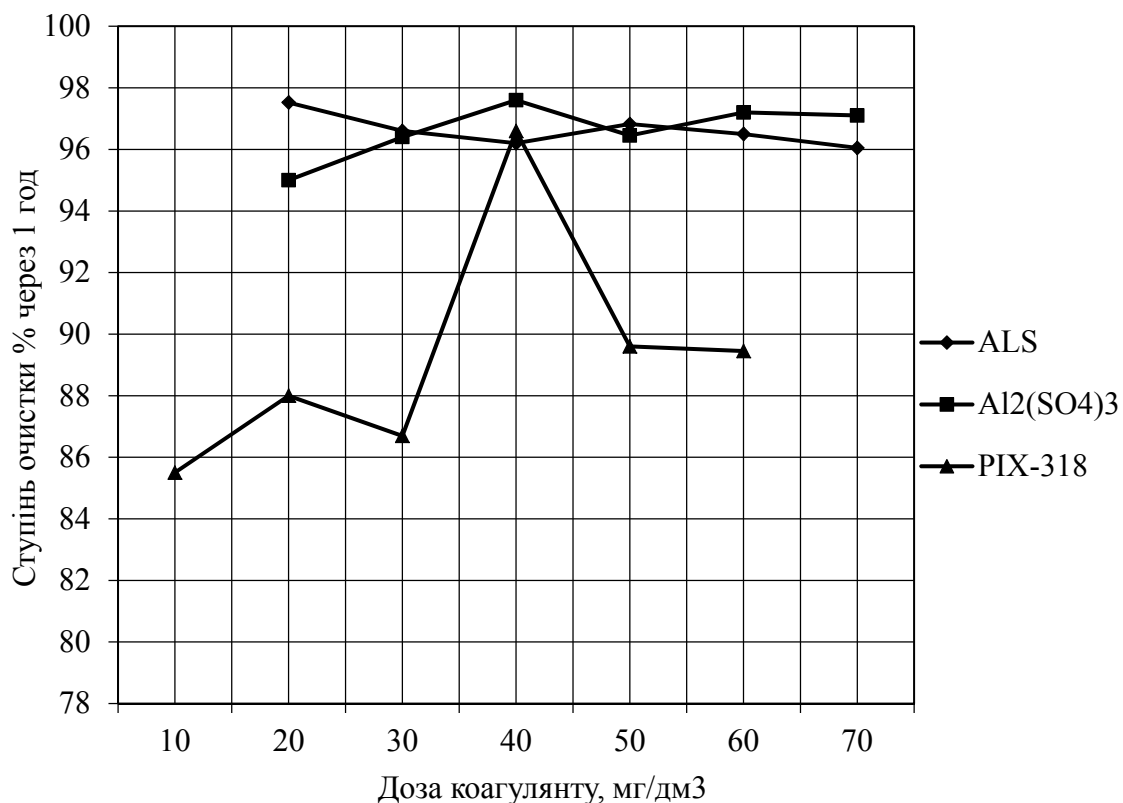


Рисунок 1. Зависимость степени очистки окрашенных модельных растворов с концентрацией красителя 0,02 г/дм³ от дозы коагулянта через 60 мин после начала процесса

Данные значения оптимальных доз, изучаемых коагулянтов, использовались при исследовании совместного действия этих коагулянтов и флокулянта-хитозана с целью определения его оптимальной дозы. Исходя из данных, представленных на рис.2, видно, что оптимальная доза флокулянта-хитозана для проведения эффективной очистки коагуляционным методом окрашенных растворов через один час после начала процесса составляет 20 мг/дм³ при использовании с PIX-318 и Al₂(SO₄)₃·nH₂O, а совместно с ALS – 34 мг/дм³.

В ходе исследования было установлено, что при использовании коагулянта PIX -318 очищенная вода содержит некоторое количество ионов Fe³⁺, которые увеличивают цветность растворов и отрицательно влияют на качество очистки, чего можно избежать при добавлении флокулянта-хитозана в количестве от 10 мг/дм³.

Также установлено, что использование природного полимера в качестве флокулянта способствует образованию хлопьев большего размера, а также увеличивается скорость их оседания, характерно, что коагулянты ALS и Al₂(SO₄)₃·nH₂O с хитозаном образуют агрегаты, которые со временем разрушаются, в отличие от агрегатов с коагулянтом PIX-318.

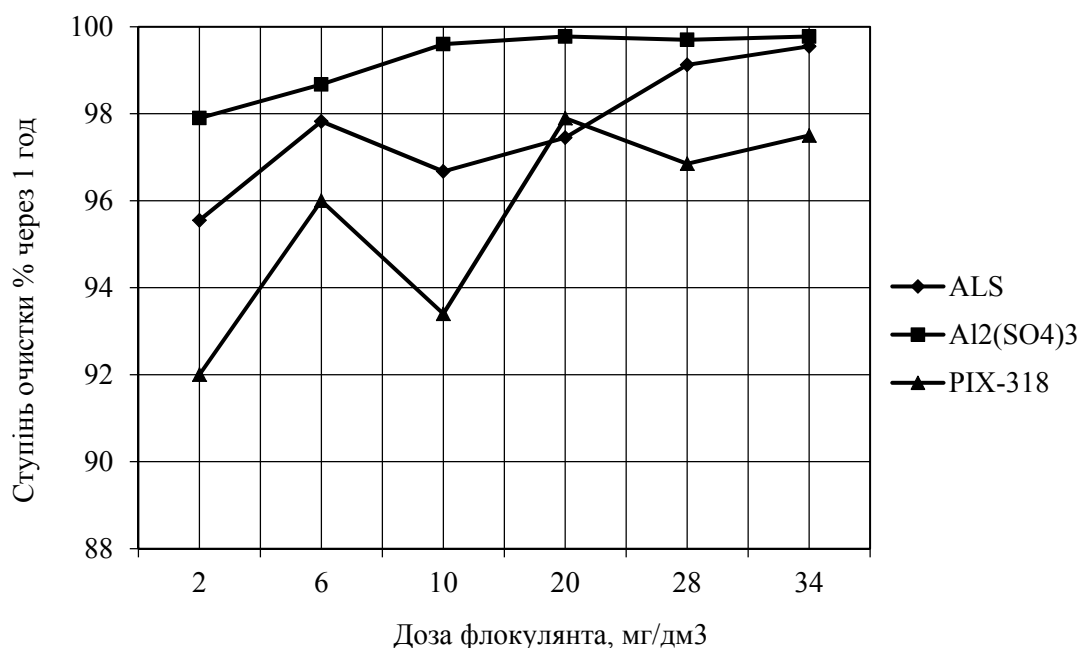


Рисунок 2. Зависимость степени очистки окрашенных модельных растворов с содержанием красителя 0,02 г/дм³ от дозы флокулянта-хитозана совместно с различными типами коагулянтов через один час после начала процесса

Таким образом, использование природного флокулянта в комплексе с классическими флокулянтами способствует уменьшению дозы всех исследуемых флокулянтов а также позволяют избежать загрязнения водных растворов ионами Fe³⁺ при использовании коагулянта PIX-318.

ЛИТЕРАТУРА

1. Физико-химические методы очистки воды. Управление водными ресурсами. Учебник. В рамках проекта “Water Harmony”, ТОВ “Друкарня Вольф”, 2015. – 578 с. ISBN 978-82-999978-3-6
2. 6. Obushenko, T., Tolstopalova, N., Kulesha, O., Astrelin I. (2016). Thermodynamic studies bromphenol blue removal from water using solvent sublation. *Chemistry & Chemical Technology*, 10(4), pp. 515–518.
3. 8. Солодовник Т.В. (2003). Сорбция растворимых красителей на хитинсодержащих комплексах. *Химия и технология воды*, 25(4), стр. 342–349.
4. 9. Dontsova T.A., Ivanenko I., Astrelin I. (2015). Synthesis and characterization of titanium (IV) oxide from various precursors. *Springer Proceedings in Physics*, 167, pp. 275–293.
5. 10. Mykhailenko, N., Makarchuk, O., Dontsova, T., Gorobets, S. and Astrelin, I. (2015) Purification of aqueous media by magnetically operated saponite sorbents. *Eastern European Journal of Enterprise Technologies*, 4, pp. 13–20.

ПРИМЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИНФИЛЬТРАЦИОННЫХ СИСТЕМ КАССЕТНОГО ТИПА ДЛЯ ОТВЕДЕНИЯ ОЧИЩЕННОГО СТОКА

В связи со вступлением в действие новой редакции Водного Кодекса [1], где в 47 главе, п. 7 говорится: «Сброс всех типов сточных вод с использованием рельефа местности (оврагов, карьеров, балок) не допускается», возникла проблема с отведением очищенного стока. Данный пункт появился для того, чтобы исключить образование оврагов. В настоящий момент допускаются выпуски очищенных сточных вод в водные объекты, искусственные пруды-испарители, а также подземные поля фильтрации. Основные проблемы связаны с тем, что водные объекты могут быть на большом удалении, малоинтенсивные водотоки не будут справляться с разбавлением поступающих вредных веществ. Пруды-испарители должны также быть выполнены с учетом санитарной зоны от жилой застройки (не менее 100 м).

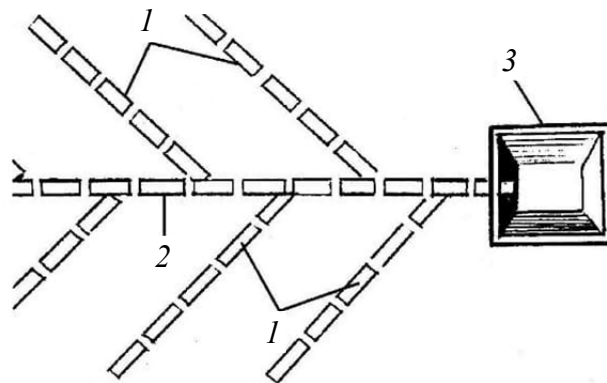
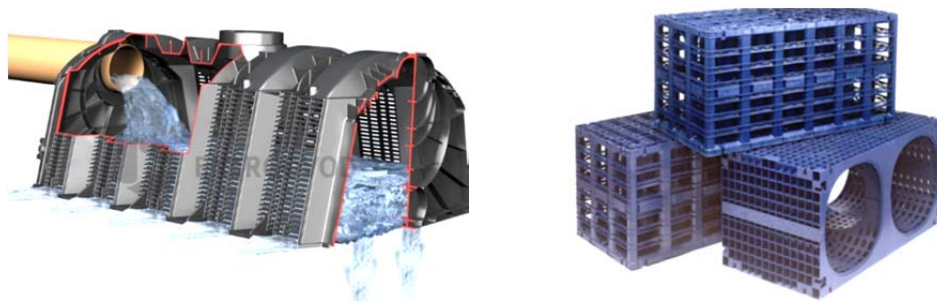


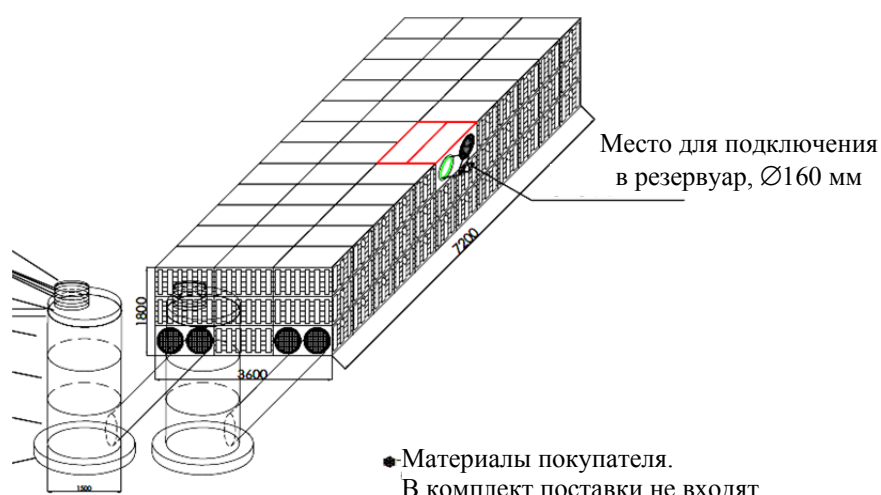
Схема прокладки закрытой дренажной системы:

1 – дренажные осушительные; 2 – центральный проводник; 3 – накопитель воды

Поэтому, вызывают интерес современные системы отведения очищенных сточных вод, такие как подземные поля фильтрации. Традиционное применение связано либо с применением дренажной системы по типу «елочки» либо с применением туннельных систем (исходно в железобетонном исполнении), которые устанавливаются на гравийную подушку. Обе системы достаточно эффективны, но имеют следующие недостатки. Во-первых: незначительный объем принимаемой воды во время залпового сброса стока.

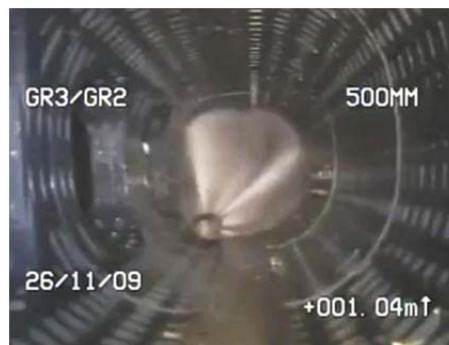


Во-вторых: достаточно большая занимаемая площадь. Особенно это характерно для первой из указанных систем. Но основной проблемой являются эксплуатационные недостатки. Со временем, особенно, если сбрасываемый сток недостаточно очищен, либо в применяемых очистных сооружениях возможны проскоки активного биологического ила, происходит заиливание грунта, расположенного под системами инфильтрации. Это приводит к уменьшению скорости водоотведения, а со временем и к заиливанию данных систем и невозможности отвода воды в полном объеме. В дальнейшем это может привести к подтоплению всей системы и, в худшем случае, к затопливанию очистных сооружений с последующим выходом их из строя. К сожалению, обе системы практически полностью не обслуживаемы. Применение вентиляционных труб на концах данных систем, якобы позволяющие проводить обратные промывки или откачки, приводят к незначительному продлению работоспособности системы. В худшем случае всю систему приходится полностью откапывать, удалять заилившийся грунт на глубине до 2-х метров ниже системы, с заменой на новый слой крупного песка и гравия.



С начала 2000-х годов, в отводе ливневого стока широкое применение получили дренажные системы кассетного типа. Успех был оше-

ломительный, ввиду того, что данные системы имели максимальные показатели как по принимаемому объему воды, так и по площади водоотведения – благодаря сквозной перфорации стенок кассеты. В связи со стихийностью притока воды ливневого стока данные системы полностью оборачивали в геотекстиль, чтобы исключить намывание грунта вовнутрь системы. Попытки применения этих систем для отвода хоз-бытового стока привели к модификации рекомендаций по монтажу. Для данного стока необходимо исключить наличие геотекстиля снизу. Так как геотекстиль является хорошим носителем для биоценоза, то это приводит к образованию колоний биопленок на нем и очень быстрому закупориванию межпорового пространства. В связи с тем, что залпы стока не носят стихийного характера, возможно располагать такую систему прямо на гравий, а геотекстилем защитить ее только сбоку и сверху. В этих случаях для расчета площади фильтрации рекомендуется использовать только площадь нижней стороны системы.



В результате оказалось возможным обслуживание данной системы и удаление накопившегося ила за счет промывки систем в трубе диаметром 50 см, которые специально встроены в нее с некоторой периодичностью. Применение илососной техники под давлением 150 атм позволяет эффективно удалять иловые накопления.

Таким образом, два существенных преимущества кассетной системы – большой объем и возможность обслуживания, позволяют применять такие системы для отвода воды большой производительности в местах с хорошей геологией и отсутствием грунтовых вод. Замена грунта на слой гравия большей мощности позволяет расширить применение данной системы и на грунты средней проницаемости. А в случае высокого уровня грунтовых вод необходим подъем данной системы примерно на метр выше уровня грунтовых вод.

ЛИТЕРАТУРА

1. Водный кодекс Республики Беларусь // 2014. Глава 47 п.7.

ПРОБЛЕМА УТИЛИЗАЦИИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД ГОРОДСКОЙ КАНАЛИЗАЦИИ: ОБЗОР МЕТОДОВ И НОВЫЕ СПОСОБЫ РЕШЕНИЯ

Осадки сточных вод, которые образуются на очистных сооружениях в больших городах и промышленных центрах в больших объемах (УП «Минскводоканал» в сутки вывозит на иловые площадки более 650 тонн, в России образуется ежегодно более 2 млн. тонн ОСВ в пересчете на сухое вещество), представляют собой серьезную экологическую угрозу, требующую адекватной реакции с использованием современных способов и технологий.

В то же время ОСВ, содержащие большое количество органического вещества (60% и более), азота, фосфора, калия и микроэлементов, могут быть использованы в качестве удобрения для сельскохозяйственных культур. Однако, например, в России в качестве удобрений используется не более 6% ОСВ.

Во времена СССР ОСВ почти повсеместно вывозились на поля. С 1992 года использование ОСВ в качестве удобрения без предварительной обработки было запрещено. Мотивацией принятия такого решения явилось присутствие в ОСВ токсикантов (прежде всего тяжелых металлов), а также содержание в них яиц гельминтов, патогенных бактерий, вирусов и других болезнетворных организмов.

Хотя сами по себе канализационные сточные воды не содержат соединений тяжелых металлов, превышающих предельно допустимые нормы (по ГОСТ РФ 17.4.3.07-2001), состав ОСВ разных городов отличается качественным и количественным разнообразием химических соединений и элементов. Кроме того, в городскую канализацию могут сбрасываться промышленные сточные воды без локальной очистки в местах их образования, поэтому возникает необходимость обязательного научного обоснования применения ОСВ в качестве удобрений в каждом конкретном случае.

Рассмотрим преимущества и недостатки существующих способов и технологий переработки и утилизации отходов очистных сооружений.

Использование в качестве грунтов

Осадок сточных вод может использоваться в качестве технических грунтов и как удобрение для сельскохозяйственных культур. И преимущество варианта – обогащение почвы гумусом и минеральными элементами (фосфор, азот, калий), микроэлементами. В качестве недостатка следует назвать следующие моменты. В странах ЕЭС су-

существует общий порядок применения ОСВ в сельском хозяйстве в качестве органоминерального удобрения, регламентированный Директивой ЕС от 12.06.1986 г. №86/278, ЕЕС, где особо подчеркивается тот факт, что ОСВ концентрируют в себе все основные загрязняющие вещества, содержащиеся в сточных водах, которые в силу их высокой токсичности являются, по данным ЮНЕСКО, наиболее опасными загрязнителями для окружающей среды. Указывается, что особую опасность представляют хлор и серосодержащие соединения, а также металлоорганические соединения, которые, как правило, относятся к суперэкоотоксикантам, что ограничивает использование ОСВ в качестве удобрения. В документе предписывается, что применение отходов очистных сооружений в качестве удобрений или технических грунтов представляется возможным после предварительной обработки, включающей процессы обеззараживания и дегельминтизации или реагентной детоксикации с последующим обезвоживанием с получением утилизированного продукта органоминерального компоста. В России требования к свойствам осадков сточных вод при использовании их в качестве удобрения и технического грунта регламентировано законодательством и согласно ГОСТ РФ 17.4.3.07-2001 «Охрана природы. Почвы. Требования к свойствам осадков сточных вод при использовании их в качестве удобрений». Порядок использования ОСВ в качестве органического удобрения регламентирован Типовым технологическим регламентом, утвержденным замминистра с/х РФ в 2000 году.

Недостатки варианта:

- для организации компостирования требуется строительство специальных, значительных по размерам площадок (более 100 га при выходе ОСВ 50–100 тонн в сутки) с искусственным наддувом воздуха;
- длительность процесса компостирования (3–6 месяцев);
- необходимость перемешивания с добавлением органики (древесных опилок, зеленой биомассы, химических реагентов);
- потеря при обработке аммиака как ценного компонента удобрений;
- опасность неполной стерилизации от присутствия патогенных бактерий и яиц гельминтов;
- опасность присутствия подвижных форм соединений тяжелых металлов;
- большие материальные затраты по хранению, доставке и внесению компоста в почву (весной в распутицу) под запашку;
- каждую партию компоста из ОСВ необходимо сертифицировать.

Термическая переработка, сжигание в специальных печах

Сложившаяся мировая практика свидетельствует о том, что термические методы являются наиболее эффективными с точки зрения

технико-экономических показателей. Это связано с тем, что в процессе термической переработки отходов снижается их масса и, одновременно происходит концентрирование токсичных компонентов, содержащихся в первоначальных отходах в золе. В то же время термические методы переработки отходов являются энергозатратными. Как следствие, возникает необходимость обезвоживания утилизируемых отходов перед сжиганием до минимально возможной влажности. Для сжигания ОСВ существует ряд специальных печей – вращающиеся, многоподовые, с кипящим слоем и другие. В настоящее время самым эффективным считается метод сжигания осадка в кипящем слое кварцевого песка.

Преимущества: в процессе сжигания все проблемы заканчиваются – получается зола, которую чаще всего используют для планировочных работ или как добавку к бетону.

Недостатки:

Высокие требования к влажности сжигаемого материала; печи сжигания являются не теплопроводящими, а теплопотребляющими; дымовые газы и выбросы подлежат сложной очистке, так как содержат CO, SO_x, NO_x, бензопирены, диоксины, фураны, пары металлов и др.; газовые выбросы с возможным наличием диоксинов (в литературе и отчетах о работе данной установки нет информации, что их вообще измеряли); неустойчивость процесса, а следовательно, наличие сложных систем автоматики; громоздкость и металлоемкость оборудования, большой набор вспомогательного оборудования и, как результат, запредельные инвестиционные затраты, длительные сроки с начала проектирования и пуска в эксплуатацию; большие удельные эксплуатационные затраты, связанные с очисткой отходящих газов (высокая стоимость импортных фильтров для очистки, расходных материалов и запчастей); необходимость утилизации отходов сгорания ОСВ (зола).

В связи с этим технология сжигания ОСВ реализуется при крайней необходимости, при невозможности применения любой другой технологии утилизации.

В России для сжигания осадков коммунальных сточных вод построена и работает только одна установка в г. Санкт-Петербурге, на которой установлены печи «Пирофлюид» (Франция), работающие по технологии сжигания в кипящем слое кварцевого песка.

Анаэробная деструкция и обеззараживание с получением биогаза

Данный метод не нашел широкого применения в России, Республике Беларусь и странах ЕС ввиду ограниченной возможности контроля процесса сбраживания, а также о связи с нестабильным выходом и низким качеством получаемого биогаза. Кроме того, при использовании данного метода не решается вопрос утилизации сброженного в ОСВ.

Переработка в органоминеральные гранулированные удобрения

Технология предполагает организацию буртов, обеспечивающих ферментацию ОСВ с одновременным обезвоживанием ОСВ с 70% до 40%. Далее подготовка ОСВ заключается в усреднении их по влагосодержанию, сепарации от посторонних включений (камней, растительных включений) и обезвоживанию (подсушке) до влажности 25–27%. Затем происходит смешивание ОСВ с агротехническими добавками (хлористым калием 5–6% и карбамидом 5–7% от сухой массы ОСВ) в присутствии связующей добавки – гумата натрия в количестве 2–3% от сухой массы ОСВ. После этого смесь подвергается гранулированию на обогреваемых вальцевых грануляторах и сушке до влажности 8–12%. В РФ применяется на заводах, производящих минеральные удобрения.

Преимущества: наличие в грануле сбалансированного набора питательных элементов в легкоусваиваемых растениями формах; содержание в удобрении до 30% органических веществ с высокой концентрацией биогенных элементов; содержание в удобрении хлористого калия и карбамида, придающих удобрению качество комплексного; гуминовый препарат связывает тяжелые металлы в нерастворимые соединения, неспособные к миграции в растения. При этом он способствует транспорту питательных веществ и микроэлементов в растения; легко поддается механизированному внесению на поля обычной сельскохозяйственной техникой; способно длительно и безопасно храниться; транспортабельны – поддаются упаковке в мягкие контейнеры типа «Биг-Бэг» (вес нетто – до 1000 кг).

Недостатки: большие инвестиционные затраты (стоимость установки при производительности 1 тонны гранулята в час–200 000\$); значительные энергетические затраты на единицу произведенной продукции; организация буртов для ферментации ОСВ с одновременным обезвоживанием. Процесс длительный – три месяца, в зимний период – проблематичен; большие потери азота в виде газообразного аммиака при ферментации ОСВ в буртах; высокая стоимость гумата натрия.

Переработка в удобрения при помощи негашеной извести

В основе этой технологии лежит способ переработки ОСВ в процессе контролируемой экзотермической реакции между водной фракцией ОСВ и высоко реактивными щелочными реагентами (негашеная известь). Полученный продукт представляет собой органоминеральное удобрение пролонгированного и контролируемого действия а виде гранул с прочной оболочкой, окружающей ядро с питательными элементами.

Преимущества: перевод ионов тяжелых металлов в малоподвижные соединения, в результате которого снижается гидролитическая кислотность, повышается степень насыщенности основаниями и по-

движность фосфатов; происходит естественное разбавление исходного сырья (ОСВ) в пропорции 1:2 за счет введения в состав извести; содержание в грануле более 30% органических веществ и легко усваиваемого азота (связанного аммиака в солевую форму Мора); содержание в грануле заданного количества фосфора, калия и азота придают удобрению качество комплексного с набором питательных веществ, необходимых для конкретной сельхоз культуры и соответствующим почвенным и климатическим условиям; полное отсутствие энергетических затрат, так как в ходе экзотермической реакции выделяется достаточное количество тепла для получения гранул с влажностью 10-15%; полная стерилизация ОСВ, так как процесс идет при температуре 60-140°C; гранула, содержащая органику, имеет прочную оболочку, поскольку в процессе реакции гидрат кальция ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) связывается с двуокисью кислорода (CO_2), образуя CaCO_3 . Это соединение создает тонкую, но прочную оболочку вокруг ядра с органо-минеральной начинкой; гранулированные органо-минеральные удобрения имеют свойства пролонгированного действия, так как оболочка замедляет выход питательных веществ в почву; наличие в продукте значительного количества кальция (до 50% в сухой массе) понижает кислотность почвы, которая после внесения продукта не требует дополнительного известкования; в ценное гранулированное органо-минеральное удобрение по данной технологии могут перерабатываться навоз животноводческих комплексов, куриный помет, осадки установок по производству биогаза и органические остатки мясоперерабатывающих и других предприятий с/х производства; технология достаточно отработана за рубежом и нашла широкое применение в странах ЕЭС, США, Кореи и Китая; самым неоспоримым преимуществом является удобство хранения, перевозки и внесения в почву традиционными методами.

Наиболее далеко в этом вопросе продвинулась польская фирма EvergreenSolutionsSp.zo.o, разработавшая технологию OrCal, позволяющую перерабатывать любые органические отходы, в том числе ОСВ, навоз, куриный помет и отходы пищевой и мясоперерабатывающей промышленности в органо-минеральное удобрение, пользующееся большим спросом на рынке удобрений в странах ЕЭС. Оптовая отпускная цена со склада находится в пределах 100–140\$.

Стоимость комплекта оборудования для Минской очистной станции, производительностью 30 тонн в час составит около 8 млн. евро. Альтернативная программа утилизации ОСВ Минской ОС путем переработки ОСВ в газ и дальнейшего сжигания образующего осадка составляет более 100 млн. евро. При этом эксплуатационные затраты превышают 50\$ за тонну утилизированного продукта.

Заключение

Таким образом, ОСВ, переработанный в гранулированные органоминеральные удобрения методом известкования, является наиболее предпочтительным с точки зрения экономической эффективности и задачи охраны окружающей среды.

ЗАО «Белагроинторг» совместно с российскими партнерами разработало и внедряет указанную технологию с конечной целью решения триединой задачи в республиканском масштабе. Это:

- утилизация ОСВ, отходов животноводства и птицеводства;
- насыщение обедненных почв органикой;
- известкование кислых почв.

С этой целью на базе ОАО «Щучинагрохимсервис» в 2018 году запущена опытно-производственная установка, производительность которой до 2-х тонн в час органоминеральных удобрений с использованием сырья в виде ОСВ, куриного и свиного помета.

Для регистрации полученных удобрений в Государственном реестре СЗР и удобрений, разрешенных к применению на территории, проведен первый годичный цикл испытаний в «Гродненском зональном институте растениеводства НАН РБ». Результаты испытаний показали высокую биологическую и экономическую эффективность удобрений. Второй цикл по яровому ячменю и кукурузе будет проводиться в марте–сентябре 2019 года.

В течение февраля-июня будет закончена разработка и регистрация технических условий на органическое удобрение на основе ОСВ Минской очистной станции.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ. ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Защита окружающей среды и создание благоприятных условий для жизни и работы человека всегда является одной из главных задач любого развитого государства или социума. Коммунальные сточные воды, содержащие возбудителей инфекционных заболеваний различной природы, представляют собой источник эпидемиологической опасности и не могут сбрасываться в водный объект без соответствующей очистки и обеззараживания до определенных индикаторных показателей.

Методы обеззараживания сточных вод

Существует несколько основных принципиальных методов обеззараживания сточных вод:

- Обеззараживание хлорсодержащими реагентами:
 - хлором (жидкий хлор или хлор-газ)
 - гипохлоритом
- Обеззараживание ультрафиолетовым излучением;
- Озонирование.

Озонирование не нашло практического применения для обеззараживания коммунальных сточных вод, так является весьма затратным методом, требующим как сложного комплекса оборудования, так и высоких энергозатрат. Результаты многолетних исследований, проведенных МГУП «Мосводоканал», показали, что для выполнения требований государственных российских нормативов необходимо использование озона дозой не менее 12 мг/л для доочищенных и 18–20 мг/л для очищенных сточных вод.

В связи с этим предлагается обсудить две основные технологии обеззараживания сточных вод – обеззараживание различными хлорре-агентами и обеззараживание УФ-излучением.

Аспекты обеззараживания хлорсодержащими реагентами

Хлорирование в настоящий момент является исторически самой знакомой и известной технологией обеззараживания. Невысокая эффективность хлора по отношению к простейшим и вирусам дополняется образованием различных хлорорганических соединений, которые, поступая со сточными водами в водоем, представляют опасность, как для биоценоза и человека. Такие соединения могут обладать высокой токсичностью, мутагенностью и канцерогенностью, даже однократное загрязнение донных отложений может приводить к поражению микроорганизмов биоценоза, сохраняющемуся на протяжении нескольких лет.

Канадский «Акт о защите окружающей среды» рассматривает хлорированные сточные воды как отдельную позицию в списке токсичных веществ, наряду, к примеру, с ртутью. Поэтому современные нормативы, в том числе и Российской Федерации, требуют обязательного дехлорирования сточных вод в случае применения этой технологии обеззараживания.

УФ-обеззараживание

Ультрафиолетовое излучение для обеззараживания сточных вод (УФ-обеззараживание) уже давно и широко применяется и в мире, и на территории нашей страны. По нашим данным более 20% очистных сооружений канализации в РФ используют станции УФ-обеззараживания.

Достоинствами УФ-обеззараживания являются:

- Эффективное обеззараживание в отношении всех типов индикаторных и патогенных микроорганизмов, в то время как хлорсодержащие реагенты зачастую не обеспечивают достаточной эффективности по вирусам и простейшим;

- При обеззараживании УФ-излучением не образуются побочные продукты - нет негативного воздействия на водные объекты, а значит, нет и штрафов;

- Нет опасности передозировки;

- Легкий и простой контроль над процессом обеззараживания – нет необходимости в системе дозирования и дополнительным системам контроля;

- Независимость эффекта обеззараживания при колебаниях качества сточных вод в пределах проектных параметров – не требует постоянной подстройки под текущее качество сточных вод;

- Минимальная занимаемая площадь – нет нужды в дополнительных сооружениях (таких как контактный резервуар для дехлорирования);

- Возможность «вписаться» в уже существующие здания или сооружения - например, при модернизации ОСК и замене хлорирования на УФ-обеззараживание;

- Низкие эксплуатационные расходы – только на замену ламп раз в полтора-два года и электроэнергию.

При обеззараживании сточных вод даже условные недостатки УФ-обеззараживания (отсутствие эффекта «последствия») становятся достоинствами – нет никакого воздействия на биоценоз водоема и окружающую среду в целом.

Выбор метода обеззараживания

Исходя из реальной ситуации, при выборе метода обеззараживания для новых очистных сооружений альтернатива невелика: либо гипохлорит, либо ультрафиолет. Жидкий хлор, в силу своей опасности и связанными с этим требованиями Ростехнадзора, в основном исполь-

зуется на уже действующих сооружениях как изначально заложенная в них технология. При модернизации существующих сооружений в большинстве своем переходят на УФ-обеззараживание, что отмечено в справочнике НДТ для городских очистных сооружений [1].

Справочник ИТС 10-2015 по применению НДТ, который и был создан для облегчения выбора применяемых технологий при очистке сточных вод, в качестве наилучшей доступной технологии для обеззараживания приводит именно использование ультрафиолета. УФ-облучение – это технология в полной мере отвечающая требованиям и определениям наилучшей доступной технологии: она универсальна, эффективна, без воздействия на окружающую среду и уже применяется на территории России.

Экономическое сравнение двух методов обеззараживания (применение гипохлорита или УФ-излучения) также показывает значительную эксплуатационную выгоду при внедрении УФ-обеззараживания. Годовая экономия в эксплуатационных расходах составляет до 70% [2].

Ещё большую динамику по тотальному отказу от хлорирования сточных вод и переходу на физические методы обеззараживания мы наблюдаем в последние десятилетия в США, Европе и индустриально развитых странах Азии. Так в США более 70% действующих и практически все проектируемые очистные сооружения канализации применяют УФ-обеззараживание. В Южной Корее успешно завершилась государственная программа по отказу от хлорирования сточных вод и переходу на УФ-обеззараживание. Сейчас все очистные сооружения канализации в стране оснащены станциями УФ-обеззараживания.

Решение не только технологических, но и экологических задач при проектировании и строительстве очистных сооружений канализации становится все более актуальным во всем мире. Природоохранное законодательство фокусируется на применении экологически безопасных технологий, в том числе и при обеззараживании сточных вод. В таких условиях именно переход на использование бесхлорных технологий обеззараживания, не приводящих к образованию хлорорганических загрязнителей, является адекватным решением.

Литература

1. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 10-2015. Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов. – М., Бюро НДТ, 2015.

2. А. А. Ткачев, В.Л. Баранов, В. М. Пискарева. Сравнительная оценка эксплуатационных затрат на обеззараживание сточных вод при применении хлорирования и УФ-технологии. // Водоснабжение и санитарная техника. 2018. № 3

СНИЖЕНИЕ ТОКСИЧНОСТИ СТОЧНЫХ ВОД ШЛАМОНАКОПИТЕЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СИНТЕТИЧЕСКОГО ВОЛОКНА С ПОЛУЧЕНИЕМ ЦИНКА

Значительные площади шламонакопителей представляют опасность загрязнения почвы, подземных вод, водоемов и, соответственно, сельскохозяйственных культур; представляют значительную опасность для здоровья человека и других живых организмов. Основными источниками загрязнения являются промышленные предприятия различных отраслей, где происходит накопление шламов, в частности, ЧАО «Черкасское хімволокно». Серьезную опасность для поверхностных вод – р. Днепр представляют цинксодержащие шламы этого предприятия.

Для утилизации солей цинка в виде товарного продукта целесообразен комплексный подход и использование различных методов переработки. Выбор технологической схемы утилизации зависит в первую очередь от качественного и количественного состава отходов, который, в свою очередь, зависит от реагентов, используемых при осаждении цинка. С использованием химического и спектрального анализа получен усредненный состав шлама следующий: 8,15% – цинка (в пересчете на Zn); 0,020% – свинеца (Pb); 0,048% – меди (Cu); 6,47% – железа (Fe); 1,46% – алюминия (Al); 0,96% – магния (Mg); 16,0% – кальция (Ca); <0,05% – хлора (Cl); 0,1% – фтора (F); 23,04% – диоксида кремния (SiO₂); 2,03% – серы (S); <0,1% – сульфата серы; 5,8% – углерода (C); 8,01% – диоксида углерода (CO₂). Высокое содержание кальция и сульфида цинка в шламах требует усовершенствования щелочного метода переработки [1].

На рис.1 представлена динамика дрейфа загрязнений в подземных водах, которые перемещаются в восточном и юго-восточном направлениях до Кременчугского водохранилища и уже достигли жилого массива частного сектора, где водоносный горизонт используют для хозяйственно - питьевого водоснабжения населения и промышленных предприятий, расположенных в этой части города. После достижения реки Днепр последствия не предсказуемы.

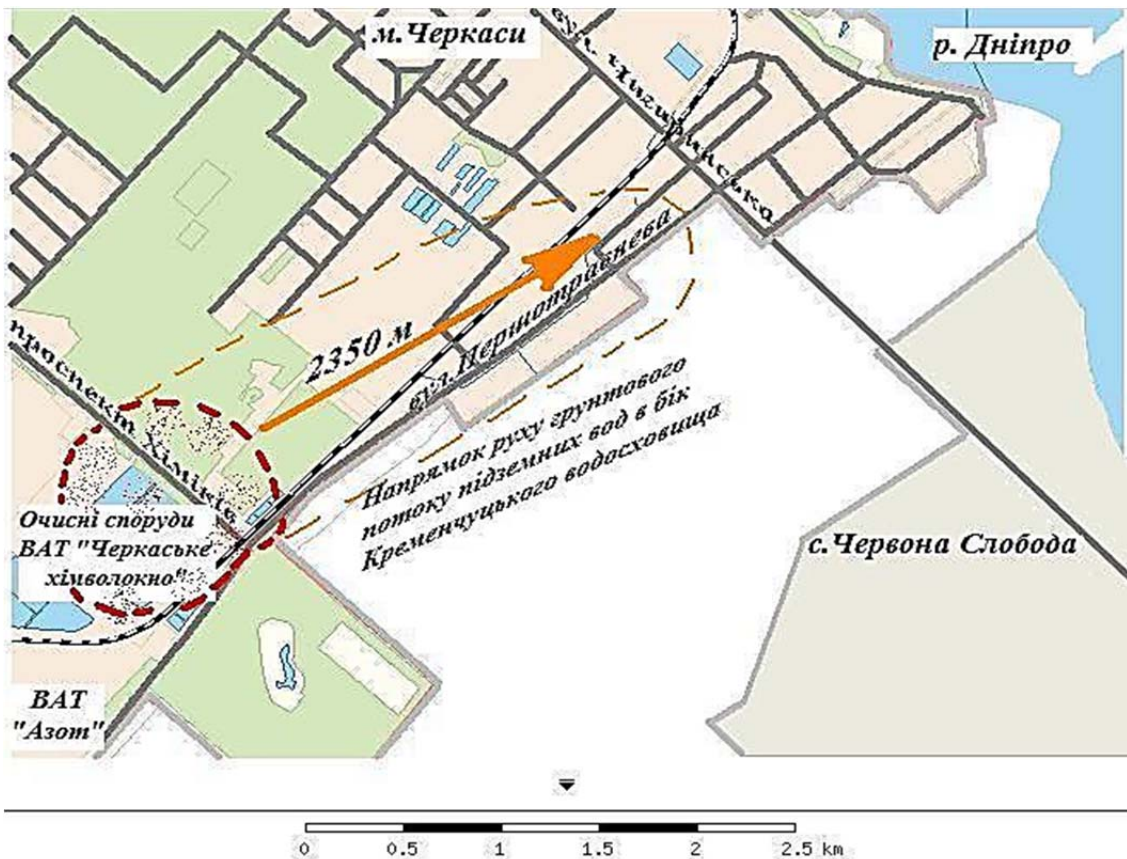
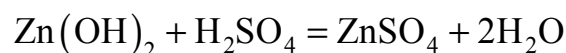
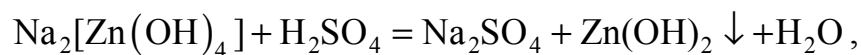
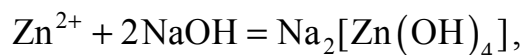


Рисунок 1. Динамика распространения зоны загрязнения подземных вод в районе шламонакопителя в городе Черкассы.

Целью данной работы является усовершенствование щелочной технологии переработки шлама и увеличения степени извлечения цинка с минимизацией энергетических и капитальных затрат.

Объектом исследования был шлам производства синтетического волокна, образованный при очистке стоков с использованием известкового молока.

Суть работы заключается в предварительной обработке отходов раствором едкого натра (до pH 12–12,5), отделением раствора от нерастворившихся твердых примесей, подкислении раствора до pH 5,5–6,0 и извлечении цинка из сульфатного раствора [2].



Было установлено, что при оптимальных условиях процесса степень выщелачивания составляет 72–76%. Однако из-за неравномерно-

сти распределения труднорастворимых солей, в том числе, сульфида цинка, в образцах шлама степень выщелачивания снижается. Она не превышает 50% в зависимостях от всех основных параметров процесса (см. табл.1–3).

Таблица 1

**Влияние продолжительности выщелачивания
на полноту извлечения ионов Zn^{2+}**

Время, мин	20	30	40	50	60	70
Степень извлечения %	12	18	23	36	45	46

Таблица 2

**Зависимость степени выщелачивания от объема. Раствор NaOH (20%);
образцы цинксодержащего шлама: 10кг**

Объем раствора, $дм^3$	30	40	50	60	70	80
Степень извлечения %	0	15,4	34,65	45,15	46,5	47,1

Таблица 3

Влияние температуры на степень выщелачивания

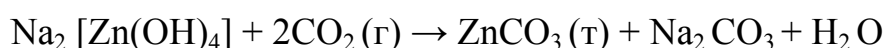
Температура, °С	20	30	40	50	60	70	80	90
Степень извлечения %	7,12	12,08	23	31,17	40,43	44,20	45,12	46,28

Усовершенствование процесса извлечения цинка связано с двухстадийным выщелачиванием:

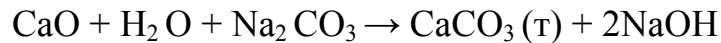
– на первой стадии щелочного выщелачивания для получения большего выхода растворимых комплексов цинка использовано воздушное перемешивание, а также раствор гипохлорида натрия и другие окислительные реагенты (повышение степени извлечения цинка до 75%), использование в качестве осадителя углекислого газа;

– на второй стадии для процессов более полной переработки цинксодержащих шламов предложено кислотное растворение осадка, полученного после стадии щелочного выщелачивания, с достижением 87–98% -ного конечного извлечения цинка. В качестве осадителя предложено использовать азотную кислоту.

На первой стадии предложены и изучены процессы:



При этом методе гидроксид натрия восстанавливается обработкой раствора карбоната натрия с использованием негашеной извести, что резко снизит затраты на расход щелочи.



При осаждении тонкодисперсной взвеси карбоната кальция решается проблема извлечения из технологического цикла высокомолекулярных органических соединений, которые содержатся в шламе. Энергетические затраты на обжиг при регенерации карбоната кальция до оксида кальция минимизируются из-за содержания органических соединений в карбонате кальция.

На второй стадии, содержащийся в осадке кальций перерабатывается в кальциевую селитру.

Преимущества комбинированной технологии переработки шламов в следующем:

- возможность перерабатывать шламы без загрязнения воздуха города сероводородом;
- возможность перерабатывать цинксодержащие отходы независимо от сроков их хранения, что обеспечит минимизацию расходов;
- дает возможность снизить объем шламов путем переработки их в кальциевую селитру;
- в несколько раз снижаются расходы на регенерацию реакционных растворов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Атамась М. Эколого-экономические аспекты утилизации цинк-содержащих шламовых // Сб. материалов конференции [«Эколого-правовые и экономические аспекты техногенной безопасности регионов»]. – Харьков: 2007.

2. Патент № 2428491 С22В7/04. Способы переработки шлака. Мекчи Антон. Заявл. 28.08.2008.

Н.И. Шепелева, инженер, В.Н. Марцуль, канд.техн. наук,
И.В. Войтов, докт. техн. наук
БГТУ, г. Минск, Республика Беларусь

СОЗДАНИЕ ФИТОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ КОРОТКОГО ЦИКЛА РОТАЦИИ НА ОСНОВЕ НЕЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ИЛОВЫХ ПЛОЩАДОК

До настоящего времени в Беларуси размещение осадков очистных сооружений канализации на картах иловых площадок является практически единственным методом решения проблемы образования этих отходов. Иловые площадки из сооружений для обезвоживания и подсушки осадков превратились в объекты долговременного хранения отходов, на которых их накоплено свыше 9 млн. т.

Большинство известных решений по использованию накопленных осадков включают удаление отходов из иловых карт для обработки такими способами, как компостирование, сжигание и др. или захоронение на полигонах. Освобожденные от осадков иловые площадки подлежат рекультивации. На практике имеются единичные примеры использования таких вариантов решения проблемы накопленных осадков.

Обследование иловых площадок ряда очистных сооружений республики показало, что для них характерно естественное зарастание этих территорий с образованием фитоценоза, состоящего в основном из быстрорастущих растений ивы, березы и тополя. Таким образом, накопленные осадки могут рассматриваться в качестве готового субстрата для создания фитомелиоративной системы короткого севооборота. Такой вариант использования иловых площадок не требует извлечения накопленных осадков из карт и способствует созданию источника местных энергетических ресурсов.

Для оценки возможности выращивания ивы на неэксплуатируемых картах иловых площадок очистных сооружений канализации в период 2014- 2017 гг. проводили обследование сформировавшегося в естественных условиях древесно-кустарникового фитоценоза. В структуре фитоценоза выявлено преобладание *Salix aurita*, *Salix caprea*, *Salix fragilis*, *Salix cinerea*. Толщина опавших листьев в осенний период варьировалась в пределах 5,0-8,5 см, опавшие листья представлены в основном ветвями и листьями ивы, ольхи, тополя и остатками травяной растительности.

Для оценки уровня питания накопленных осадков были проанализированы агрохимические параметры, такие как рН, общее содержание органических веществ, общий азот, фосфор и калий. Основная корневая масса (до 97%) ивового кустарника находилась в горизонте А1 (0–40 см), который считался стромосферой. Такая особенность локального фитоценоза позволила оценить влияние вегетации кустарника ивы на физико-химическую трансформацию двух горизонтов осадков – А1 (0–40 см) и G1 (41–100 см). Горизонт G1 из-за анаэробных условий не был подвержен формированию почвы и, по сути, является так называемым «исходным» субстратом осадков. Определяли ежегодный прирост древесных кустарников на субстрате из накопленных осадков сточных вод, отбирали пробы для оценки величины фитонакопления тяжелых металлов (Cd, Cr, Zn, Cu, Fe, Ni) биомассой ивы. В ходе экспериментальных исследований установили, что использование древесно-кустарниковых культур ивы рода *Salix* для проведения биологической рекультивации позволяет формировать фитомелиоративные системы краткого цикла ротации, в которых интервал от интенсивного роста до сбора биомассы составляет 3–4 года с количеством сборов не менее 6–7, и создавать на их основе источники местных топливно-энергетических ресурсов. Краткий период ротации позволяет более интенсивно управлять фитомелиоративной системой с целью корректировки водного режима переувлажненных иловых площадок, обеспечить улучшение агрохимических характеристик плодородного слоя за счет способности растений ивы к избирательному накоплению тяжелых металлов.

Комплексная экологическая оценка создания «энергетических» плантаций проведена на основе сравнения двух вариантов обращения с осадками с использованием методологии оценки жизненного цикла (LCA). Границы первого варианта оценки включали образование осадков, механическое обезвоживание с флокулянтном, транспортировку осадка на иловую площадку и его длительное нахождение на картах. В границах второго варианта были включены вышеупомянутые процессы и технологические этапы, связанные с созданием «энергетических» плантаций (например, культивирование растительной биомассы, выкорчевывание биомассы в конце периода севооборота); энергетическое использование биомассы ивы (например, транспортировка на ТЭС и сжигание для производства электроэнергии) и окончательное удаление золы.

Для анализа использовали результаты исследований, выполненных на кафедре промышленной экологии, а также опубликованные данные. На этапе инвентаризации были составлены материальные и

энергетические балансы для каждого элементарного этапа обработки. Для LCA использовали методику «Есо-индикатор 99» и программное обеспечение SimaPro (v.8.0.3). В исследовании использовался метод оценки воздействия «ReCiPe Endpoint (H)». Общее сравнение варианта 1 и варианта 2 было произведено на основе безразмерной единой оценки. Функциональной единицей в исследовании была 1 тонна смеси сырого осадка и избыточного активного ила (1:1) по сухому веществу.

В целом, сравнение результатов LCA двух вариантов показали, что создание «энергетической» плантации на выведенных из оборота картах иловых площадок является экономически и экологически выгодным. Помимо минимизации затрат на производство биомассы, происходит снижение негативного воздействия на окружающую среду до 22,4% по сравнению с хранением осадков на иловых площадках.

ЛИТЕРАТУРА

1 BORJESSON P. Environmental effects of energy crop cultivation in Sweden – I: identification and quantification / *Biomass and bioenergy*. 1999. Vol. 16. – P. 137–154.

2 DUBUISSON X. Energy and CO₂ balances in different power generation routs using wood fuel from short rotation coppice / *Biomass and Bioenergy*. 1998. Vol. 15(4/5). – P. 379–390.

3 HABERL A. Biomass from reeds as a substitute for peat in energy production / Michael Succow Foundation (№ 52.379330, E 25.136771). Sporovo region, Belarus, 2015. – 4 p.

4 LAZDINA D., Lazdinš A., Karinš Z., Kāposts V. Effect of sewage sludge fertilization in short-rotation willow plantations. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 2007, vol. 15, no. 2, pp. 105–111.

5 Я. К. Кулико. Почвенные ресурсы. Минск: Вышэйшая школа.– 2013.– 208 с.

6 THE ECO-INDICATOR 99. A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment. Manual for Designers // Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment Communications Directorate, the Netherlands. 2000. – P. 49.

СЕКЦИЯ «РАЗВИТИЕ СИСТЕМ ВОДОСНОБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ»

УДК 628

О.А. Аврутин, директор,
УП «Минскводоканал», г. Минск,
Республика Беларусь

ЦЕЛИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ КАК ОРИЕНТИР ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УП «МИНСКВОДОКАНАЛ»

В глобальном смысле у УП «Минскводоканал» есть два основных партнера – потребители и окружающая среда, и деятельность предприятия строится таким образом, чтобы и потребители были удовлетворены, и не наносился урон окружающей среде.

В результате производственной деятельности предприятие обеспечивает хозяйственно – питьевое и техническое водоснабжение г. Минска и Минского района, перекачку и очистку сточных вод в городе с населением почти 2 млн. человек.

Базой, или залогом эффективной работы предприятия, является стойкая всеохватная инфраструктура, которая постоянно модернизируется, что соответствует выполнению цели устойчивого развития №9 «Создание стойкой инфраструктуры, содействие всеохватной и устойчивой индустриализации и инновации».

Система водоснабжения и водоотведения г. Минска на сегодняшний день представляет инженерный комплекс, включающий в себя 3087,8 км водопроводных сетей, 16 водозаборов подземных вод, 354 артезианские скважины глубиной от 60 до 300 м, 389 повысительных насосных станций, 63 км канала Вилейско-Минской водной системы, обеспечивающего подъем воды из Вилейского водохранилища на 70 метров, очистную водопроводную станцию.

Общая протяженность канализационных сетей составляет почти 1900 км. Все сточные воды транспортируются по системе самотечных коллекторов и напорных водоводов с помощью 57-х канализационных

насосных станций на очистные сооружения, которые представляют собой сложный природоохранный комплекс.

В настоящее время 100% жителей г. Минска обеспечены централизованным водоснабжением. А наличие качественного централизованного водоснабжения одна из составляющих обеспечения здорового образа жизни и содействия благополучию для всех в любом возрасте (цель устойчивого развития №3).

УП «Минскводоканал» постоянно проводит контроль качества питьевой воды, который осуществляется лабораториями, аккредитованными в Национальной системе аккредитации Республики Беларусь.

Ежегодно отбирается более 100 000 проб воды, выполняется более 300 000 испытаний проб природной и питьевой воды.

Для обеспечения открытости УП «Минскводоканал» ведет информационную работу, так на сайте предприятия можно узнать информацию о качестве воды в распределительной сети по любому адресу г. Минска.

Дальнейшее развитие системы водоснабжения направлено на обеспечение всего населения г. Минска питьевой водой из артезианских источников, путем воплощения в жизнь Проекта «Перевод г. Минска на водоснабжение из подземных источников».

Рациональное использование водных ресурсов (цель № 6 «Обеспечение наличия и рационального использования водных ресурсов и санитарии для всех») является приоритетной задачей для предприятия и осуществляется за счет постоянной планомерной работы, проводимой УП «Минскводоканал» по снижению в величины потерь и неучтенных расходов воды из системы коммунального водоснабжения г. Минска и расходов воды на собственные технологические нужды.

Так, например, реализация проекта по реконструкции сооружений повторного использования воды на водозаборе №6 «Острова» в 2017 году позволила сократить потребление воды на технологические нужды в среднем ежемесячно с 5 000 м³ до 4 000 м³ (или в 12,5 раза), а это более полумиллиона кубов экономии в год.

В целом, суммарный расход воды на потери и технологические нужды предприятия до подачи воды в распределительную сеть г. Минска за 5 лет с 2013 по 2017 годы сократился с 15 млн. м³ до 8 млн. м³.

За этот же период в результате ежегодного проведения на УП «Минскводоканал» мероприятий по снижению потерь воды удалось сократить эту величину на 13 миллионов м³ или 29%.

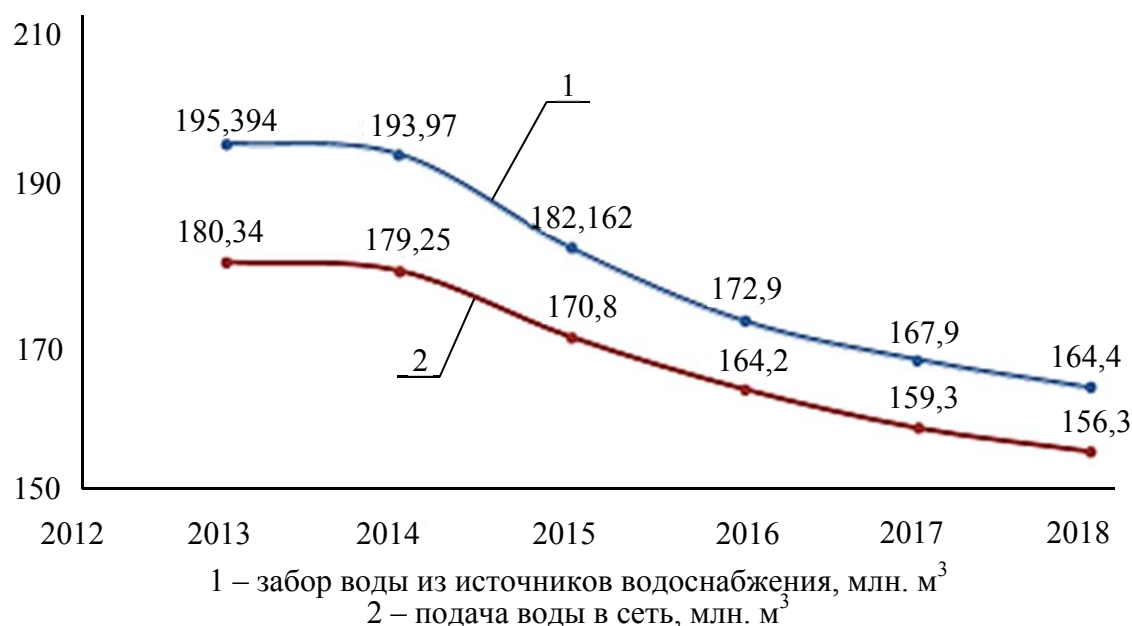


Рисунок 1. Динамика снижения забора воды из источников водоснабжения и подачи в распределительную сеть г. Минска

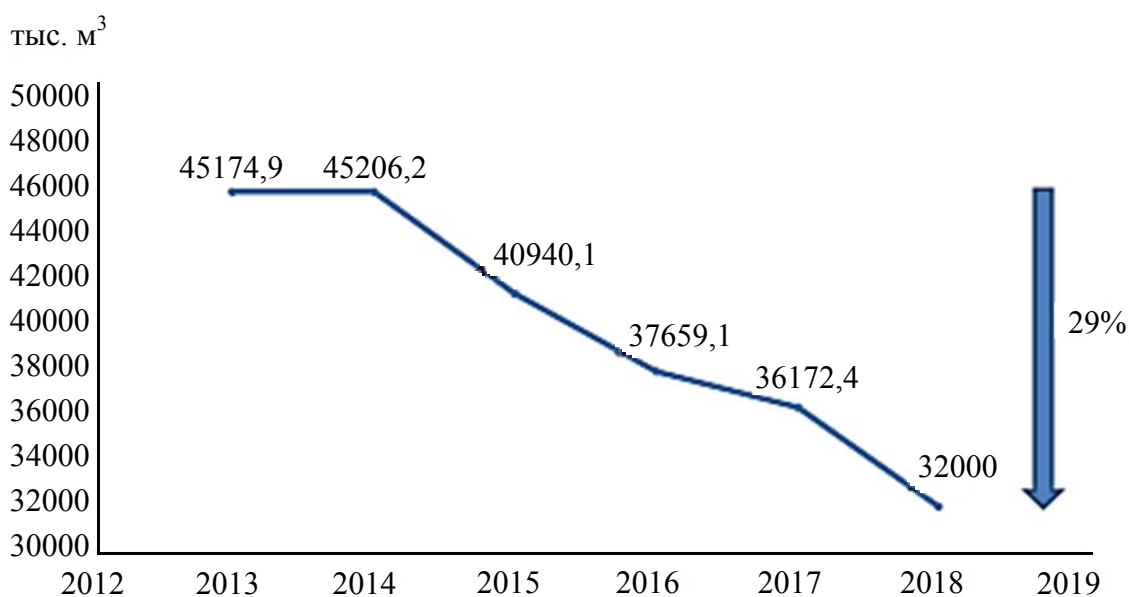


Рисунок 2. Динамика снижения величины потерь и неучтенных расходов воды

Этот результат достигается целым комплексом работ: замена сетей водопровода, обследование сетей водопровода на скрытые утечки с помощью специализированного современного, сокращение количества водоразборных колонок, выявление несанкционированного водопотребления юридическими лицами и гражданами, обход квартир с целью сверки фактических и заявленных жителями показаний индивидуальных приборов учета расхода воды и прочие.

К слову за 2018 год выявлено более 1,0 млн. м³ воды, которые жители г. Минска недозаявили и не оплатили.

Деятельность по «Сохранению и рациональному использованию океанов, морей и морских ресурсов в интересах устойчивого развития» (цель № 14) осуществляется на предприятии путем очистки сточных вод, поступающих от населения и организаций г. Минска и сбрасываемых в р. Свислочь, которая входит в бассейн Днепра и Черного моря в целом.

На УП «Минскводоканал» с 1964 года эксплуатируется Минская очистная станция – крупнейший в Беларуси комплекс сооружений по приему и обработке сточных вод, обеспечивающий очистку 100% поступающих хозяйственно-бытовых стоков столицы и прилегающих к ней населенных пунктов, а также производственных стоков сотен промышленных предприятий.

Состояние р. Свислочь на данный момент нельзя назвать удовлетворительным из-за ее малой водности и низкой способности к самоочищению. Технология очистки сточных вод сегодня позволяет очищать их до установленных требований. Но состояние реки требует большего!

С учетом того, что сброс с очистной станции формирует до 40% потока р. Свислочь ниже г. Минска, только выполнение комплексной реконструкции очистной станции способно в значительной мере снижению нагрузки на реку и ее восстановлению за счет:

- внедрения современных технологий удаления из сточных вод фосфора и азота;
- внедрения современной системы обеззараживания сточных вод;
- модернизации системы автоматического контроля процессов очистки.

К слову сказать, существенную роль в уменьшении антропогенной нагрузки и обеспечение благоприятного состояния р. Свислочь в районе города Минска достигается путем перекачки воды из реки Вилия при эксплуатации УП «Минскводоканал» уникальной Вилейско-Минской водной системы, которая была построена в 70-х годах. Это единственный в Республике Беларусь подобный гидротехнический комплекс искусственных водных объектов.

Искусственная «река» позволила создать новые природные ландшафты и зоны отдыха, водное благоустройство столицы.

Но если вернуться к интересу потребителя (населения). То реализация комплексной реконструкции Минской очистной станции также позволит сократить объем выбросов загрязняющих веществ, обуслав-

ливающих неприятные запахи, и, соответственно улучшить качество жизни населения в районе реализации Проекта (микрорайоны Шабаны и Чижовка), и рядом с иловым хозяйством «Волма» (около деревень Синело, Веселки, Михановичи).

За счет снижения рисков для здоровья и безопасности населения, связанных с воздействием производственной деятельности Минской очистной станции будет выполняться цель устойчивого развития по «Обеспечению здорового образа жизни и содействие благополучию для всех в любом возрасте».

Сегодня важным является формирование в обществе активной социальной позиции по отношению к рациональному использованию водных ресурсов. С этой целью УП «Минскводоканал» учредил в 2017 году для школьников г. Минска творческий конкурс ВОДА.by. Идея конкурса соответствует национальным целям в области устойчивого развития Республики Беларусь и направлена на пропаганду предотвращения загрязнения рек, озер, водохранилищ, не допущения засорения системы канализации в городе, очистки сточных вод.

Работе-победителю в номинации «Гран-при» в 2017 году был присвоен статус социальной рекламы, и видеоролик «Берегите воду» активно транслируется в эфире белорусских телеканалов.

В 2018 году тематика конкурса была «Вторая жизнь воды».

Победители конкурса будут задействованы в разработке совместных с УП «Минскводоканал» проектов по рациональному использованию водоемов Беларуси и предотвращению последствий загрязнения канализации.

Анализ приведенной информации показывает, что практическая деятельность УП «Минскводоканал» соответствует ряду целей устойчивого развития. Очевидно, что если предприятие ориентировано на достижение этих целей, как в местном, так и в региональном масштабе, то суммарный эффект получают предприятие, потребитель и окружающая среда.

В.В. Ананич, начальник ЦРП «Водосбыт»
УП «Минскводоканал», г. Минск, Республика Беларусь
К.А. Ковалев, старший научный сотрудник
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО СЪЕМА ПОКАЗАНИЙ С ПРИБОРОВ УЧЕТА РАСХОДА ВОДЫ

Внедрение дистанционного съема показаний с приборов учета расхода воды позволит полностью автоматизировать процесс снятия, передачи и обработки данных – выполнения расчета и начисления платы за жилищно-коммунальные услуги, т.е. исключить необходимость в передаче населением и юридическими лицами объемов водопотребления.

Основными преимуществами внедрения дистанционного съема показаний с индивидуальных приборов учета расхода воды являются:

- одномоментность снятия показаний с индивидуальных приборов учета расхода воды (все показания будут приходиться одновременно, поэтому не возникает разница из-за показаний, сданных в разные дни);
- точность снятия показаний индивидуальных приборов учета (все данные легко проверить, соответствуют ли они действительному потреблению ресурсов);
- исключение манипуляций с индивидуальными приборами учета расхода воды (вмешательство в работу приборов);
- своевременность начислений жителям за оказанные услуги;
- снижение затрат УП «Минскводоканал» за счет сокращения штата контролеров – нет необходимости обхода квартир для сверки показаний индивидуальных приборов учета;
- интеграция показаний индивидуальных приборов учета автоматически в программу АИС «Расчет-ЖКУ» (отражение в счет-извещении жильца) без привлечения специалистов;
- удобство для населения при оплате за жилищно-коммунальные услуги – нет необходимости ежемесячно передавать показания индивидуальных приборов учета;
- снижение потерь и неучтенных расходов воды в жилых домах (уменьшается разница между показаниями индивидуальных приборов учета расхода воды и общим счетчиком воды, который установлен на входе в жилой дом).

В настоящее время существуют различные технологии передачи данных от радиомодуля, установленного на приборе учета расхода воды, в базу данных водоснабжающей организации по беспроводному

каналу. Выбор технологии в последующем и определяют схему построения системы дистанционного съема показаний с приборов учета расхода воды.

Распространенные и перспективные технологии:

1. Wireless M-Bus (EN13757-4:2005 и EN13757-4:2012) или просто wM-Bus, определяет полосы частот и способы взаимодействия между устройствами сбора данных, счетчиками расхода газа, воды, электричества и тепла. Являясь, по сути, расширением популярного промышленного стандарта систем управления и сбора данных M-Bus, он получил большое распространение в европейских странах в приложениях интеллектуального учета расхода ресурсов (Smart Metering или Advanced Metering Infrastructure, AMI). Изначально wM-Bus описывал требования к физическому каналу в полосе частот 868 МГц. Чуть позже появились варианты стандарта для 169 и 433 МГц. Для рынка стран СНГ на данный момент актуальны полосы частот 433 и 868 МГц в связи с тем, что они являются на нелицензируемые.

При использовании радиомодулей, установленных на индивидуальных приборах учета расхода воды, с чипом по технологии Wireless M-Bus возможны 2 способа дистанционного получения данных с приборов учета:

- инкассаторский. Получение данных производится посредством объезда специалистами водоснабжающей организации всех жилых домов, которые оборудованы системой дистанционного съема показаний с индивидуальных приборов учета расхода воды, с использованием ноутбука и радиоприемника;

- автоматизированный. Получение информации о показаниях индивидуальных приборов учета расхода воды производится в базу данных в автоматическом режиме для дальнейшего выставления счетов на оплату.

2. LPWAN (англ. Low-power Wide-area Network – «энергоэффективная сеть дальнего радиуса действия») – беспроводная технология передачи небольших по объему данных на дальние расстояния, разработанная для распределенных сетей телеметрии, межмашинного взаимодействия и интернета вещей. LPWAN является одной из беспроводных технологий, обеспечивающих среду сбора данных с различного оборудования: датчиков, счетчиков и сенсоров.

В основе принципа передачи данных по технологии LPWAN на физическом уровне РНУ (аббревиатура от англ. Physical layer – физический уровень) лежит свойство радиосистем – увеличение энергетики, а значит и дальности связи при уменьшении скорости передачи. Чем ниже битовая скорость передачи, тем больше энергии вкладыва-

ется в каждый бит и тем легче выделить его на фоне шумов в приемной части системы. Таким образом, низкая скорость передачи данных позволяет добиться большей дальности их приема.

Подход, используемый для построения LPWAN-сети, схож с принципом работы сетей мобильной связи. LPWAN-сеть использует топологию «звезда», где каждое устройство взаимодействует с базовой станцией напрямую. Сети городского или регионального масштаба строятся с использованием конфигурации «звезда из звезд».

LPWAN технология имеет различные ответвления, наиболее популярная из них LoRaWAN (Long Range Wide Area Networks).

В 2015 году разработчиками и производителями устройств и программного обеспечения был разработан стандарт беспроводной передачи данных LPWAN (протокол LoRaWan).

Протокол LoRaWAN оптимизирован для радиомодулей, установленных на индивидуальных приборах учета расхода воды, работающих от батарейки, обеспечивая компромисс между скоростью доставки информации и временем работы устройства при использовании питания от батарейки.

Данный протокол обеспечивает двухстороннюю связь, а его архитектура, посредством специальных методов шифрования, обеспечивает общую надежность и безопасность всей системы. Архитектура протокола LoRaWAN разрабатывалась с учетом возможности активной работы с мобильными конечными устройствами, что является одним из быстрорастущих направлений «IoT – Интернет вещей».

Для применения стандарта беспроводной передачи данных LPWAN (протокол LoRaWan) необходима установка специальных антенн, принимающих радиосигнал от индивидуальных приборов учета расхода воды с дистанционным съемом показания.

Организация системы дистанционного съема показаний по данному протоколу повлечет необходимость введения в штат водоснабжающей организации специалистов по обслуживанию базовых станций (антенн).

3. NB-IoT (Narrow Band Internet of Things) – стандарт сотовой связи для устройств телеметрии с низкими объемами обмена данными. Разработан консорциумом 3GPP в рамках работ над стандартами сотовых сетей нового поколения. Первая рабочая версия спецификации представлена в июне 2016 года. Предназначен для подключения к цифровым сетям связи широкого спектра автономных устройств. Например, медицинских датчиков, счетчиков потребления ресурсов, устройств умного дома и т. п. В быту такие системы связи получили обобщающее наименование интернет вещей (англ. Internet of Things (IoT)).

NB-IoT является одним из трех стандартов IoT, разработанных 3GPP для сотовых сетей связи: eMTC (enhanced Machine-Type Communication), NB-IoT и EC-GSM-IoT. eMTC обладает наибольшей пропускной способностью и разворачивается на оборудовании LTE. NB-IoT сеть может быть развернута как на оборудовании сотовых сетей LTE, так и отдельно, в том числе поверх GSM. Среди достоинств NB-IoT:

- гибкое управление энергопотреблением устройств (вплоть до 10 лет в сети от батареи емкостью 5 Вт·ч);
- огромная емкость сети (десятки–сотни тысяч подключенных устройств на одну базовую станцию);
- низкая стоимость устройств;
- оптимизированная для улучшения чувствительности модуляция сигнала.

В настоящее время в г. Минске проходят тестирование технологии беспроводной передачи данных NB-IoT. Поддержку данных сетей заявили мобильные операторы СОО «МТС» и УП «Велком».

В результате организации дистанционного сема с приборов учета расхода воды водоснабжающая организация сможет улучшить свои финансовые показатели, а также оперативном режиме следить за состоянием водопроводных сетей.

ЛИТЕРАТУРА

1. <https://www.IoT.ru> – посвященный технологиям «Интернета вещей».
2. Википедия – проект свободной многоязычной энциклопедии. Интернет-ресурс. Открытый доступ, русскоязычный раздел (<http://ru.wikipedia.org>).
3. <https://lora-alliance.org/> – официальный сайт компании LoRa Alliance™
4. <http://www.3gpp.org/> – официальный сайт консорциум, разрабатывающий спецификации для мобильной телефонии

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ТЕНДЕНЦИЙ В СФЕРЕ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМАМИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ В СТРАНАХ ЕВРОПЫ

Необходимость постоянного совершенствования организационно-экономического механизма развития систем водоснабжения и водоотведения в ЖКХ Беларуси обуславливает актуальность поиска перспективных его вариантов, в т. ч. путем анализа опыта зарубежных стран в организации процесса оказания услуг водоснабжения и водоотведения.

Цель статьи: провести сравнительный анализ функционирования систем водоснабжения и водоотведения в странах ЕС.

В отдельно взятых странах система и формы управления водопроводно-канализационным хозяйством, как правило, сформированы с учетом экономического и социального развития, законодательной практики, политических процессов и менталитета населения.

Для анализа приняты экономически развитые страны Европы: Франция, Германия, Польша.

Водопроводно-канализационное хозяйство Франции имеет ряд особенностей. Межмуниципальное взаимодействие во Франции является своего рода механизмом, который позволяет увязывать существующую структуру административного управления с географическими условиями и местными условиями работы водопроводно-канализационного хозяйства, не прибегая к политическим изменениям [1].

Во Франции имеется прочная и комплексная законодательная база для институционализации и децентрализации услуг ЖКХ, межмуниципального взаимодействия и передачи функций сторонним организациям. Коммунальный сектор имеет сложное институциональное устройство, особенностью которого является наличие дополнительной структуры на уровне каждого речного бассейна. Это обуславливает сложность существующих механизмов финансирования, административного и оперативного управления сектором. Система государственного управления Франции характеризуется слишком большой плотностью общественных структур, чрезмерной институционализацией и дублированием обязанностей [1].

Характерной особенностью системы водоснабжения и водоотведения Франции является активное привлечение частных операторов.

Следует отметить, что французские водохозяйственные компании активно предоставляют свои услуги на международном рынке. Данные транснациональные компании занимают лидирующие места в мире по охвату потребителей услугами водоснабжения и канализации. При высоком техническом уровне развития они используют в своей деятельности стратегию, направленную на доминирование на мировом рынке водоснабжения путем приобретения активов местных компаний водного хозяйства для вывоза из стран значительной части капитала [2].

Сектор водоснабжения и водоотведения Германии сильно фрагментирован. Традиционно за водоснабжение и водоотведение отвечают муниципалитеты, в функции которого входит выбор соответствующей организационной формы управления водопроводно-канализационного хозяйства муниципального образования и установление тарифов на воду. К таким относятся унитарные предприятия муниципалитета, учреждение публичного права, частные операторы, межмуниципальные организации, союз по управлению водными и земельными ресурсами.

Перспективной формой ГЧП в Германии является создание в крупных городах совместных предприятий по управлению инженерной инфраструктурой систем ВКХ путем продажи муниципалитетом части акций национальным и иностранным ТНК (например, в Берлине – компании Berlinwasser). Эти компании инвестируют порядка 2,5 млрд. евро в год на обновление, расширение и реконструкцию инженерных сетей ВКХ. Возврат этих капиталовложений обеспечивается включением в тарифы инвестиционной составляющей. И хотя из-за этого в первые годы реализации данной формы ГЧП резко выросли тарифы (на воду на 40%, на услуги канализации на 80%), сейчас Германия имеет самый низкий в Европе показатель непроизводственных потерь воды (около 9–10%). В Испании и Италии, например, он составляет около 30% [3].

Интересен опыт Польши, где действует модель децентрализованного предоставления услуг водоснабжения и водоотведения. Муниципалитеты отвечают за снабжение водой в требуемых объемах и требуемого качества, а также за оказание услуг водоотведения на своей территории. Муниципалитеты обладают определенной свободой в выборе организационных форм для создания муниципальных предприятий. Кроме того, они вправе передавать эти функции сторонним организациям, в том числе другому муниципалитету или муниципалитетам, что означает создание межмуниципального объединения [1].

Параллельно модели децентрализованного предоставления услуг водоснабжения и водоотведения сосуществует модель предоставления

услуг водоснабжения и водоотведения многоотраслевым коммунальным предприятием (общество с ограниченной ответственностью или акционерное общество). Наблюдается тенденция к переходу к централизации управленческих и технологических функций.

В настоящее время рост привлечения частных операторов в водопроводно-канализационном хозяйстве Польши незначителен, это обусловлено тем, что местные органы опасаются утратить контроль над инфраструктурой.

Таким образом, анализ опыта отдельных стран Европы в сфере водопроводно-канализационного хозяйства показал, что они имеют сложную институциональную систему управления водоснабжением и водоотведением, что обуславливает сложность существующих механизмов финансирования, административного и оперативного управления сектором.

В современной Европе наблюдается тенденция активного привлечения частных операторов, что с одной стороны позволяет получать значительную экономию бюджетных средств, а с другой – сохраняет ответственность городской (муниципальной) администрации за координацию частных компаний и предпринимателей в сфере городского хозяйства.

ЛИТЕРАТУРА

1. На пути преодоления негативных последствий децентрализации в секторе водоснабжения и водоотведения [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.oecd.org/env/outreach/44096454.pdf> – Дата доступа: 23.10.2018

2. Иванов В.А. Мировой опыт управления водопроводно-канализационным хозяйством: Учебное пособие – Ижевск, 2013. – 80 с.

2. А.Б. Бахмат, А.Д. Гуринович Реформирование системы управления ВКХ в странах Европы [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.stroyekonomika.by/media/user_upload/vkh-system_in_europe_bahmat_jkh_12-2010.pdf – Дата доступа: 23.10.2018

О ВОЗМОЖНЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ПОТРЕБЛЕНИЕМ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Декрет Президента Республики Беларусь от 21.12.2017 № 8 «О развитии цифровой экономики» зафиксировал на высшем уровне государственной власти переход страны к цифровой экономике. Как известно, методы цифровой экономики базируются на глубокой взаимосвязи процессов материального производства товаров и услуг с их информационными образами в качестве объектов управления. С этой целью информационный образ должен достаточно точно отражать в реальном времени все изменения, происходящие с физическим объектом. При этом средства производства в разрезе целенаправленного воздействия на информационный образ объекта и собственно на объект принимают форму динамических систем управления с отрицательной обратной связью. Высокоэффективное автоматизированное управление крупномасштабными объектами возможно только при использовании адаптивных, самообучающихся и самонастраивающихся систем, объединенных в единую цифровую экосистему.

Применение технологий цифровой экономики к хозяйственному потреблению природных водных ресурсов позволяет осуществить постановку вопроса об оптимизации водопользования в государственных масштабах по следующим направлениям:

- 1) улучшению прослеживаемости и учета статичности и динамики движения воды в технологических процессах водоснабжения и водоотведения, в том числе в реальном масштабе времени;
- 2) снижению потерь воды на всех стадиях ее использования;
- 3) оптимизацию расхода ресурсов всех видов на подготовку и доставку воды потребителям;
- 4) улучшению прослеживаемости связи между водопользованием и состоянием природных биологических и гидрологических систем на территории Республики Беларусь;
- 5) улучшению управления количественным, качественным и пространственно-временным балансом изымаемой из природного кругооборота и возвращаемой в природный кругооборот воды в целях ее сохранения и воспроизводства;

б) формирования и активного продвижения идеологических установок на рациональность водопользования, отвечающих насущным требованиям экологии, охраны окружающей среды и сбережения ресурсов природной пресной воды;

7) минимизации неблагоприятного воздействия на окружающую среду и постепенного улучшения экологического состояния водных ресурсов страны.

В настоящее время в Республике Беларусь уделяется значительное внимание подготовке к повсеместному внедрению индивидуальных и общедомовых приборов учета горячего и холодного водоснабжения с дистанционной передачей данных и их централизованного сбора, обработки и хранения с предоставлением доступа к данным всем заинтересованным ведомствам и организациям. В рамках достижения указанной цели при Министерстве связи и информатизации Республики Беларусь с апреля 2018 г. функционирует рабочая группа по созданию аппаратно-программного комплекса унифицированной системы управления, контроля и учета информации инженерных систем интеллектуальных зданий (АПК УСКИЗ). Ожидается, что к 2020-2021 гг. пилотный проект АПК УСКИЗ будет реализован. Его внедрение в государственных масштабах должно привести к решению начального этапа оптимизации водопользования по направлениям 1–2.

Для практической оптимизации расхода ресурсов всех видов на подготовку и доставку воды потребителям (направление 3) помимо сбора данных о холодном и горячем водоснабжении и водопотреблении (техническая подсистема) в рамках территориальных административных образований должны быть реализованы основные подсистемы информационной системы управления водными ресурсами [1]:

- картографическая (в частности, операции с пространственными объектами, определение протяженности трубопроводов);
- учета имущества (зданий и сооружений, земельных участков, сетей, объектов централизованного водоснабжения);
- технического учета (изменения инженерных сооружений);
- моделирования (участков отключения водопроводной сети с обеспечением анализа возможности их оптимизации, участков фактического отключения системы централизованного водоснабжения).

В представленном составе система информационного управления водными ресурсами может тиражироваться по предприятиям «Водоканал», с которыми предварительно следует согласовать целесообразность и степень унификации технологических процессов для обеспечения сопоставимости показателей их работы в рамках единой технической политики, оперативности и легкости внедрения наилучших доступных технологий.

Решение задач направлений 4 и 5 предполагает создание единой государственной информационной системы управления водными ресурсами Республики Беларусь. Указанная система должна иметь централизованную структуру и обеспечивать информатизацию деятельности (в частности, работы бассейновых советов), регламентированной Водным Кодексом Республики Беларусь и Водной стратегией Республики Беларусь на период до 2020 года, включая ее последующие модификации. Разработка системы должна вестись при активном участии Министерства природных ресурсов и окружающей среды Республики Беларусь и Института природопользования НАН Беларуси, имеющего, в частности, опыт имитационного компьютерного моделирования влияния техногенных факторов на экологию пресных подземных вод [2]. При создании концепции системы целесообразно максимально учесть обобщенный опыт Российской Федерации [3], в том числе структуру, функции и стратегию информационного обеспечения управления водными ресурсами [там же, с. 212–232], а также методики оценки эффективности водохозяйственных и водоохраных мероприятий и ущербов, наносимых вредным воздействием вод и загрязнением водных объектов [там же, с. 176–211]. Также представляет интерес опыт постановки задачи создания национальной информационной системы «Водные ресурсы Таджикистана» [4] и опыт управления водными ресурсами в США [5].

С учетом актуальности экологического планирования в совершенствовании водно-коммунального хозяйства Республики Беларусь данной области можно с определенностью констатировать:

1. Процессы цифровизации могут и должны быть не просто модным трендом или темой для научного дискурса, а решением реальных задач повышения эффективности управления водными ресурсами страны, в первую очередь, в водно-коммунальном хозяйстве.

2. Внедрение цифровых технологий управления водными ресурсами в государственном масштабе – процесс дорогостоящий, следовательно, каждый его шаг требует взвешенного подхода и научного организационно-экономического обоснования.

3. Взаимодействие между управляющими и исполняющими подсистемами, с одной стороны, и между поставщиками и потребителями услуги водоснабжения, с другой стороны, должно стимулировать минимизацию потребления и загрязнения водных ресурсов.

4. Информатизация управления инженерной инфраструктурой водоснабжения, водоочистки и водоотведения позволит существенно снизить потери и неучтенный расход воды, своевременно выявлять и локализовать аварии и устранять утечки, оптимизировать расход ресурсов всех видов на подготовку и доставку воды потребителям.

5. Повышение информативности взаимодействия поставщиков водно-коммунальных услуг с их потребителями, в том числе в разрезе соблюдения баланса в водопользовании и воспроизводстве природных водных ресурсов страны, позволит углубить понимание значимости отрасли жилищно-коммунального хозяйства, в частности, предприятий «Водоканал» в общественном сознании и повысить эффективность реализации мероприятий по минимизации неблагоприятного воздействия на окружающую среду и постепенного улучшения экологического состояния водных ресурсов страны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барашкова, П.С., Информационные системы в области управления водными ресурсами / П.С. Барашкова, М.Д. Коровина, А.А. Шавва [Электронный ресурс] // ИТпортал: электронный научный журнал. – 2018. – № 1. – 11 с. – Режим доступа: itportal.ru/science/tech/informationnye-sistemy-v-oblasti-u/. – Дата доступа: 31.10.2018.

2. Жогло, В.Г. Пресные подземные воды Гомельской области: динамика и экология / В.Г. Жогло [и др.]; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т природопользования. – Минск: Беларуская навука, 2018. – 176 с.

3. Управление водными ресурсами России : монография / Федеральное агентство водных ресурсов, ОАО «Институт микроэкономики». – М.: АМА-ПРЕСС, 2008. – 288 с.

4. Проект ФГЭФ-ВЕКЦА «Наращивание потенциала по управлению данными для оценки трансграничных водных ресурсов в странах ВЕКЦА» / Компонент по бассейну Аральского Моря // Поддержка концептуального анализа национальной информационной системы «Водные ресурсы Таджикистана» (первые выводы и рекомендации) [Электронный ресурс]. – 2012. – Режим доступа: http://www.unecce.org/fileadmin/DAM/env/water/npd/Conclusions_and_recommendations_to_the_conceptual_analysis_of_the_water_information_system_in_TJ_Rus.pdf. – Дата доступа: 14.10.2018.

5. Совершенствование управления водными ресурсами в США / Сост. А.Г. Пулатов // Публикации Тренингового центра МКВК: Вып. 3. – Ташкент, 2004. – 113 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.cawater-info.net/library/rus/03_usa.pdf. – Дата доступа: 14.10.2018.

ОНЛАЙН-ПЛАТФОРМЫ КАК СПОСОБ ПРОДВИЖЕНИЯ ЗНАНИЙ О ПРЕДОВЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ В ВОДНОМ СЕКТОРЕ

Вода – основополагающий ресурс человечества. Проникая во все сферы жизни, водные ресурсы не имеют четких границ: например, трансграничные водосборные бассейны, покрывая 46% поверхности суши, одновременно относятся к 148 странам [1].

Вопросы трансграничного управления водными ресурсами охватывают широчайший спектр направлений в области использования и охраны вод на страновом, бассейновом и региональном уровнях (национальное законодательство, условия водопользования, учет, контроль и мониторинг, реализуемые технологии в области водоснабжения, водоотведения и очистки сточных вод и др.). Как следствие, формируются значительные объемы и потоки информации, использование которой зачастую представляется затруднительным, особенно при необходимости проведения комплексных оценок эффективности водопользования для трансграничных речных бассейнов, расположенных в пределах нескольких стран. При этом, в условиях постоянно растущей информатизации мирового сообщества вопросы трансграничного управления водными ресурсами должны поддерживаться разработкой и обменом знаниями как на страновом, так и на межнациональном уровне при помощи современных информационных ресурсов и технологий.

Одним из способов продвижения знаний в области водного менеджмента являются онлайн-платформы, аккумулирующие отраслевые информационные ресурсы на страновом и международном уровне. Основной задачей такого рода информационных ресурсов является накопление и распространение передового опыта, стимулирование сотрудничества и обмена знаниями между местными и региональными учреждениями, специалистами в управлении водными ресурсами. При обращении к онлайн-платформам органы госуправления в области использования и охраны вод получают доступ к передовым технологиям для укрепления потенциала государственного аппарата,

специалисты-практики в области водоснабжения и водоотведения знакомятся с практической стороной реализации наилучших доступных технологий на производстве, научное сообщество ориентируется на передовые тенденции фундаментальных и прикладных исследований в отрасли, а система образования (подготовки кадров) использует предлагаемые знания и технологии в образовательном процессе при подготовке отраслевых специалистов и вовлечению молодежи в научную и инновационную деятельность. Необходимо также отметить, что такого рода платформы, объединяя значительное количество различных заинтересованных сторон, могут рассматриваться как площадки для поддержки местных инициатив и возможных финансовых инвестиций различными международными донорами в водный сектор стран.

Республика Беларусь, большая часть водных ресурсов которой является трансграничными, активно участвует в целом ряде международных инициатив, реализуемых в странах Европейского союза в области трансграничного управления водными ресурсами.

В рамках региона Балтийского моря при поддержке Союза Балтийских городов (The Union of the Baltic Cities) в настоящее время реализуется проект IWAMA (Interactive Water Management), ориентированный на совершенствование управления сточными водами в регионе Балтийского моря путем развития потенциала организаций, занимающихся очисткой сточных вод, и реализации экспериментальных инвестиций для повышения эффективности энергопользования и обработки осадка сточных вод [2].

В регионе Балтийского моря проект IWAMA формирует основанную на знаниях сеть высококвалифицированных экспертов по водным ресурсам, а также реализует процесс участия в мероприятиях по распространению научных знаний, информации и передовых технологий по комплексному обращению со сточными водами.

Программа «Interreg Baltic Sea Region», финансирующая проект IWAMA, ориентирована на поддержку интегрированного территориального развития и сотрудничества для региона Балтийского моря. В связи с этим, IWAMA активно поддерживает включение субъектов региона Балтийского моря, находящихся вне области программы, в региональные мероприятия по сохранению и устойчивому развитию региона.

Масштабы проекта IWAMA ограничены странами Европейского союза в регионе Балтийского моря (Финляндия, Дания, Германия, Эстония, Литва, Латвия, Польша и Швеция), однако проект активно поддерживает участников из российских прибрежных регионов (г. Санкт-

Петербург и Калининградская область) и тех городов Беларуси, которые попадают в водосбор Балтийского моря. Республика Беларусь, наряду с Россией, может выступать в качестве ассоциированных партнеров IWAMA и поддерживать распространение информации и передовых практик по интегрированному управлению сточными водами. Крайне важным для достижения целей проекта является обмен опытом, активно поддерживаемый ассоциированными партнерами из Беларуси – при нем целый ряд итоговых материалов проекта обретает актуальность для всего региона Балтийского моря.

В сферах проекта IWAMA, относящихся к технической стороне развития энергоэффективности и улучшения обращения с осадком очистных сооружений в регионе, реализовано семь инвестиционных проектов на очистных сооружениях партнеров проекта. Помимо этого, в рамках IWAMA был также проведен сборный анализ показателей по эффективности энергопользования и обращения с осадком на более чем 65 объектах в регионе.

Собранные и обработанные результаты представляют собой актуальные на сегодняшний день реперные точки, создающие представление о тенденциях в очистке сточных вод в регионе, применяемых технологиях, эффективности очистки сточных вод, уровнях энергопотребления, а также о региональных тенденциях в выборе технологий обработки осадка и их действенности.

Фокусируясь на вопросах обмена информацией и повышения квалификации операторов очистных сооружений, в рамках проекта IWAMA готовится пакет учебных материалов, включающий как теоретическую базу данных по продвинутому управлению энергетикой и обработкой осадка, так и различные практические методы обучения: серию онлайн-игр, интерактивную систему тестирования и др. Выложенный в открытом доступе и переведенный на языки региона Балтийского моря, данный пакет материалов позволит специалистам сектора расширить знания о современных тенденциях в сфере очистки сточных вод.

Другим эффективным методом обмена знаний является запущенная в рамках проекта онлайн-платформа «Baltic Smart Water Hub» (www.balticwaterhub.net), созданная под эгидой Союза Балтийских городов [3]. Данная платформа создана для распространения передовых практик в области использования и охраны водных ресурсов и объединяет специалистов, имеющих опыт управления водными ресурсами как в научных и учебных кругах, так и в государственном и частном секторах стран региона Балтийского моря. Она обобщает знания, передовой опыт и примеры успешного сотрудничества по управлению

водными ресурсами, полученные в регионе Балтийского моря, по четырем направлениям:

- пресная вода (включая сотрудничество по речным бассейнам и озерам);
- морская вода (включая управление прибрежными районами и судоходство);
- сточная вода (включая технологии обработки осадка);
- ливневая вода (включая наводнения и паводки).

Кроме того, онлайн-платформа содержит ссылки на другие ресурсы, связанные с данной проблематикой: национальные и международные организации и инициативы, а также источники финансирования, действующие в странах региона Балтийского моря, и основные директивы и законодательные акты, регулирующие и влияющие на сектор управления водными ресурсами в регионе.

Разработанная онлайн-платформа Baltic Smart Water Hub ориентирована на различные целевые группы, включая предприятия водопроводно-канализационного хозяйства, местные органы власти, ассоциации водопользователей, научные учреждения и учебные организации, занимающиеся водными ресурсами, частные компании, производящие экологически чистые и инновационные решения, связанные с водой, а также НПО и другие инициативы и фонды, работающие в сфере управления водными ресурсами.

Для более успешного распространения информации о платформе и вовлечения специалистов из Беларуси в ее использование, в рамках проекта «Disseminating Smart Water Competence», финансируемом Советом государств Балтийского моря, была создана публикация, приводящая ряд доступных онлайн передовых примеров из области обращения со сточными и ливневыми водами в переводе на русский язык.

ЛИТЕРАТУРА

1. Материалы Всемирного дня водных ресурсов 2013 г. Интернет-ресурс: <http://www.unesco.org/new/ru/unesco/events/prizes-and-celebrations/celebrations/international-days/world-water-day-2013/>
2. Интернет-ресурс: <http://www.iwama.eu/>
3. Интернет-ресурс: <http://www.balticwaterhub.net/>.

А.Р. Ексаев, генеральный директор
М.Г. Шумяцкий, технический директор
Э.Э. Фейзов, менеджер проектов, к.т.н.
ООО ИВЦ «ПОТОК», г. Москва, Россия

КОМПЛЕКСНАЯ ИНФОРМАТИЗАЦИЯ В ВОДОСНАБЖЕНИИ: ПРАКТИЧЕСКИЙ ОПЫТ

Информационные технологии в водопроводно-канализационном хозяйстве во многом определяют современные тенденции в развитии водоснабжения и водоотведения. Ресурсообеспечение жилищно-коммунального сектора при любой ситуации остается одной из государственных задач высшего приоритета, поскольку социальная сфера очень чувствительна к любому ухудшению условий и качества жизни. Водоканалы, независимо от их формы собственности, являются коммерческими организациями, по логике их существования и по букве закона обязаны получать прибыль.

Для удержания даже минимально приемлемого уровня прибыльности бизнеса существует лишь два пути: увеличение объема продаж в денежном выражении и/или снижение издержек.

С ростом физических объемов продаж чистой воды во всем мире есть огромные проблемы, эксперты водоснабжения и ученые из разных стран мира в один голос это подтверждают. Невозможно продать больше воды, чем нужно рынку. А водопотребление неуклонно снижается – люди стали тщательно считать свои деньги и конечные природные ресурсы.

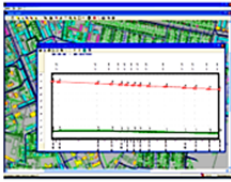
Итак, увеличение физических объемов продаж невозможно, они имеют устойчивый и долгосрочный тренд на снижение. Единственным теоретическим способом увеличить или хотя бы поддержать продажи воды в денежном выражении является увеличение тарифа на водопотребление. Но это лишь в теории. Практически эта задача также не решаема.

Как видим, единственный путь «выживания» для предприятий водоснабжения – снижение издержек. Вот об этом и поговорим ниже.

Практические способы снижения затрат.

Снижение издержек водоканала – огромная тема, разделов экономии затрат множество. В рамках узкого формата данной статьи мы рассмотрим лишь несколько наиболее эффективных направлений экономии ресурсов при эксплуатации сетей водоснабжения. Эти направления снижения затрат на доставку чистой воды от источника до потребителя наглядно представлены на рисунках 1 и 2.

«Гидравлика» (моделирование и анализ)



Выявление узких мест и проблемных зон, планирование мероприятий по их устранению; определение мест установки регуляторов и воздушных клапанов; оптимизация режимов НС...

Снижение давления в сетях

«Моделирование и локализация аварий»



Предотвращение аварийных ситуаций и их последствий; быстрая и точная локализация аварий с минимизацией зоны отключения.

Снижение количества аварий и повреждений

«Повреждения», «Диагностика»



Ранжирование участков сетей по частоте аварий и степени их отказоустойчивости, с учетом срока службы и данных технической диагностики.

Эффективное планирование точечных ремонтов

Рисунок 1. Экономия ресурсов и затрат с использованием информационной платформы CityCom [1].



Рисунок 2. Направления снижения издержек водоканалов с помощью инструментов CityCom.

1. Оптимизация режимов и снижение давлений в сети

Первая же задача, которую приходится решать в процессе оптимизации системы водоснабжения – снижение требуемого рабочего давления в сетях, насколько это возможно без ущерба для потребителей. Почему это настолько важно? Потому что, снизив требуемое давление, мы решаем сразу три большие проблемы:

1. Избавляемся от избыточных насосных станций и их энергопотребления, а также от затрат на их эксплуатацию и техническое обслуживание.

2. Одновременно снижаем расход электроэнергии на оставшихся станциях 2-го и 3-го подъема. Ресурс снижения расхода электроэнергии может оказаться весьма велик, в практике наших заказчиков и коллег нередки случаи снижения энергопотребления до 40% (!) – при адекватной обточке рабочих колес и переводе насосных агрегатов на ЧРП со «слежением» за требуемым давлением по разработанным режимным картам.

3. Снижаем потери чистой воды.

За счет чего же производится снижение требуемого давления в сетях? В первую очередь, за счет выявления всех участков трубопроводов с большим падением напора из-за недостаточной пропускной способности и разработки практических мер для ее увеличения. С помощью программных средств «CityCom-ГидроГраф» задача снижения требуемого давления решается уже в процессе первичной калибровки гидравлической модели при ее создании.

Следующим этапом является определение мест установки (и собственно установка) регулирующих клапанов в зонах все еще избыточного давления, а также воздушных клапанов для сброса скоплений воздуха, которые чрезвычайно вредны с точки зрения требуемого давления.

И наконец, на откалиброванной гидравлической модели проводится многовариантное моделирование и почасовая оптимизация режимов с целью выработки наиболее простых и эффективных мероприятий, позволяющих довести гидравлический режим в сетях до состояния, близкого к идеальному.

2. Оптимальное планирование ремонтов

Подсистема «Планирование ремонтов» ранжирует все без исключения участки сетей по сложному критерию, включающему в себя срок службы, частотность аварий и повреждений, «балльную» оценку результатов осмотров (технической диагностики) и фактический резерв пропускной способности. Дальше все просто: производим капи-

тальный ремонт или перекладку по этому ранжированному списку, начиная с первой позиции и двигаясь вниз, насколько хватит отпущенных средств. Даже если этих средств очень мало, вы можете быть абсолютно уверены, что использовали их максимально эффективно.

При использовании данного подхода аварийность устойчиво снижается на 10–15% в год, за 5–6 лет достигая минимального уровня, обусловленного лишь человеческим фактором (Рисунок 3). Снижение потерь чистой воды в системе водоснабжения до уровня 10% и менее от объема подачи.

Динамика аварийности в системе водоснабжения по годам
(количество порывов трубопроводов в год)

CityCom

Водоканал г. Набережные Челны

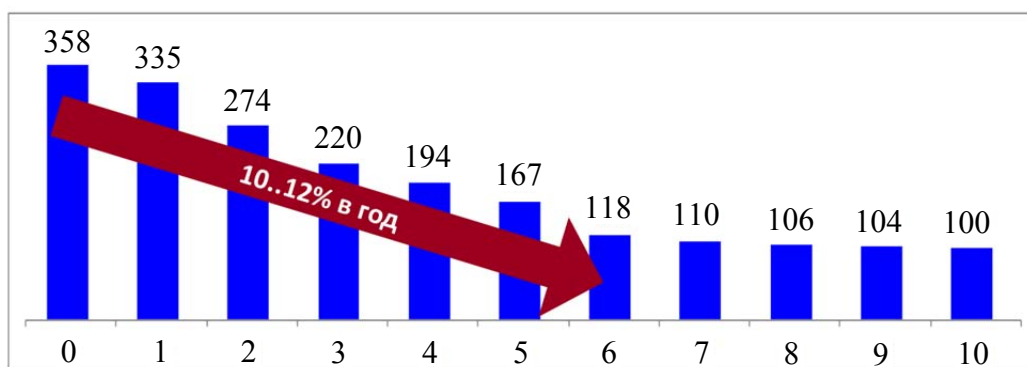


Рисунок 3. Динамика снижения аварийности при использовании методики оптимизации планирования ремонтов CityCom

3. Снижение негативного влияния человеческого фактора

Если на предприятии внедрена корпоративная информационная система, доступ к которой есть с каждого рабочего места, а достоверность данных гарантирована взаимным контролем со стороны различных функциональных приложений – вероятность ошибок вследствие недостаточной информированности персонала снижается в разы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Официальный сайт ООО ИВЦ «Поток» – <http://citycom.ru/>.

РОЛЬ ТРАНСНАЦИОНАЛЬНЫХ ОПЕРАТОРОВ В РАЗВИТИИ ВОДОПРОВОДНО-КАНАЛИЗАЦИОННОГО ХОЗЯЙСТВА ЗАРУБЕЖНЫХ СТРАН

Значимость поставленных перед водопроводно-канализационным хозяйством (далее – ВКХ) Беларуси задач (обеспечение 100% потребителей качественной питьевой водой; повышение эффективности организации и управления эксплуатацией систем водоснабжения и водоотведения; обеспечение очистки сточных вод в соответствии с требованиями нормативных документов и предотвращение истощения источников водоснабжения от загрязнения; снижение затрат на производство услуг ВКХ; повышение инвестиционной привлекательности и хозяйственной самостоятельности предприятий ВКХ) [1], требует глубокого анализа возможностей его развития. В связи с этим, возникает необходимость изучения различных вариантов совершенствования системы управления ВКХ в соседних странах, одним из которых является привлечение иностранного оператора.

Необходимо отметить, что несмотря на несколько иной (по сравнению со странами СНГ) подход к управлению ВКХ в европейских странах, проблемы развития в данной сфере во многом сходятся, это: высокий уровень износа инженерных сетей и недостаточного объема инвестиций в модернизацию систем водоотведения, рост тарифов. Эти проблемы обусловлены объективными факторами, общими для большинства развитых стран в настоящее время, такими как: процессы индустриализации и урбанизации, повышение требований населения к качеству питьевой воды, повышением экологических стандартов, недостатком средств для финансирования отрасли из государственного бюджета и др.

В качестве основного направления решения обозначенных проблем, в современной Европе интенсивно реализуется концепция рыночной либерализации ВКХ, суть которой в делегировании полномочий на оказание услуг водопровода и канализации частным компаниям. Вариант, когда управление водоснабжением и водоотведением остается в ведении муниципальных органов власти, продолжает иметь место только в территориально-административных единицах с небольшой численностью населения, вследствие их коммерческой не-

привлекательности. Параллельно происходит постепенное объединение небольших по размеру компаний водоснабжения в крупные межмуниципальные или частные предприятия с целью повышения эффективности и привлечения инвестиционных ресурсов, и создание, на этой основе, организационно и финансово самостоятельных специализированных компаний водоснабжения. В отдельных странах (Италия) этот процесс приводит к ликвидации в структуре муниципалитетов служб, оказывающих водные и канализационные коммунальные услуги. В других (Германия) происходит сокращение объема услуг водоснабжения и канализации, оказываемых структурными подразделениями муниципалитетов, увеличение количества смешанных (государственно-частных) компаний и муниципальных предприятий в форме акционерных обществ (корпораций с ограниченной ответственностью). Свое развитие модель делегированного частного управления ВКХ получила через создание крупных вертикально интегрированных транснациональных компаний, во многих европейских странах. Во Франции это такие компании как: Veolia Water, Societe Lyonnaise des Eaux (входит в Suez Environment), Vivendi Water, Societe d'Aménagement Urbain et Rural (SAUR/Bouygues), в Испании – Aqualia, в Чехии Bond Group и Penta Investments, в Англии – Cascal, в швейцарии – Multiplex Solutions [2, 3].

Вместе с тем, необходимо учитывать, что указанные ТНК и ФПГ являются коммерческими и работая на зарубежных рынках проявляют высокую избирательность, предпочитая крупные города (более 100 тыс. человек), с населением имеющим высокий уровень дохода (Бухарест, Будапешт, Марибор, Гданьски др.). Небольшие города и сельские населенные пункты такие компании обслуживать не берутся. При этом, тариф на воду для потребителей, по сведениям французской организацией потребителей, при эксплуатации инженерной инфраструктурой ВКХ частными компаниями (Мец, Марсель) на 25–33% выше, чем при управлении специализированным муниципальным предприятием (Эльзас и Лотарингия) [4].

Попытки воспользоваться услугами международных операторов для решения проблем развития в сфере водоснабжения и водоотведения предпринимались многими странами, в т.ч. странами СНГ, с переменным успехом. Представляет интерес опыт Казахстана, по привлечению французского оператора Vivendi Water, предложенного как вариант повышения эффективности и решения накопившихся проблем в ВКХ г. Алматы. Необходимость реформирования сложившейся системы, была обусловлена тем обстоятельством, что при тарифах в 2 – 3 раза ниже себестоимости и отсутствии инвестиций в отрасль за по-

следние 10 лет водоканал города с населением 1,2 млн. человек был близок к банкротству. Привлечение французского оператора планировалось на условиях концессии на срок 30 лет путем создания СП «Алматы Суы» (48 % – водоканал Алматы, 52% – французская компания), для управления и эксплуатации водопроводно-канализационных систем города, внедрения инноваций, привлечения экспертов, привлечения международных финансовых ресурсов. Соглашение было подписано еще в 2002 г. Однако, проект был остановлен по причине высокого темпа роста тарифов.

Более успешный опыт привлечение иностранных операторов для управления и системой водоснабжения и водоотведения в формате ГЧП имеет Армения. В настоящее время, все относительно крупные системы ВКХ Армении управляются с участием международных операторов – транснациональных компаний Франции, Германии, Италии (Veolia Water и SAUR (Франция); MVV decon и MVV Energie (Германия) и AEG Service (Армения)). По договору аренды компания-арендатор использует находящиеся в муниципальной собственности инженерные системы ВКХ и отвечает за их эксплуатацию, содержание и обслуживание при этом осуществляет сбор платежей. В настоящее тариф на воду в Армении составляет 191,4 драма (40 центов США) за 1 кубометр [5].

В Грузии пошли несколько по другому пути, был предложен вариант реорганизации управления АО «Тбилводоканал» путем его продажи (приватизации), причем вместе с компанией по водоснабжению городов Мцхета и Рустави, гидроэлектростанцией «Жинвал ГЭС» и водоочистными сооружениями «Рустави – Гардабани» [4]. Данный комплекс объектов ВКХ и энергетики был приобретен швейцарская компания Multiplex Solutions, которая для управления приватизированными системами ВКХ инициировала создание международного оператора Georgian Water and Power. Деятельность оператора оказалась достаточно эффективной, привлечение международных инвестиций позволило обеспечить 24-часовую подачу питьевой воды в Тбилиси. За воду жители этих городов платят по двум системам - на каждого члена семьи или согласно объему употребленной воды. для тех, у кого установлен счетчик на воду. В Тбилиси, для абонентов водораспределительной компании Georgian Water and Power, тариф на душу населения 3,892 лари (1,59 долл США) или 0,329 лари (13 центов США) за 1 кубометр [6].

Подводя итог, необходимо констатировать, что специфика социально-экономической политики каждого государства определяется, в первую очередь, уникальностью самих экономических отношений в

стране, ее историческим, культурным, религиозным и мировоззренческим контекстом. Нет, и не может быть рецептов, одинаково успешно работающих во всех странах. Как показывает проведенный анализ, в вопросе выбора варианта развития ВКХ решающими могут оказаться как экономическая целесообразность и интересы страны, так и интересы иностранных ТНК. В связи с этим, выбор своего, национального варианта совершенствования системы управления ВКХ должен базироваться не на слепом копировании зарубежных практик, а на национальных интересах своей страны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Об утверждении Концепции совершенствования и развития жилищно-коммунального хозяйства до 2025 года: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 29 декабря 2017 г. № 1037 // Консультант Плюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2017.

2. Alexander Orwin Privatization of Water and Wastewater Utilities: An International Survey [Electronic resource]. – Mode of access: www.environmentprobe.org/EnviroProbe/pubs/ev542.html/ – Date of access: 29.10.2018

3. Regulation and privatisation of public water supply and corresponding competitive effects. [Electronic resource] / Johann Wackerbauer, 2004. – Mode of access: www.infraday.tu-blin.de/.../wackerbauer%20_%20Regulation%20and%20Privatization%20of%20Public%20water.pdf – Date of access: 29.10.2018

4. Иванов В.А. Мировой опыт управления водопроводно-канализационным хозяйством: Учебное пособие / В.А Иванов. – Ижевск, 2013. – 80с.

5. Регулятор повысил тариф на воду в Армении . [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://golosarmenii.am/article/60373/regulyator-povyasil-tarif-na-vodu-v-armenii>. – Дата доступа: 29.10.2018.

6. В Грузии подняли тарифы на коммунальные услуги. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://korsovet.ge/gruzia/komunal/>. – Дата доступа: 29.10.2018.

«ЦИФРОВОЙ ВОДОКАНАЛ»: ОБ ОПЫТЕ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СЛУЖБ ВОДОКАНАЛА РОСТОВА-НА-ДОНУ

Простота, прозрачность и удобство во взаимоотношениях с поставщиками товаров и услуг – то, к чему уже привыкло подавляющее большинство населения крупных городов. Этому способствуют многочисленные сервисы, которые внедряют в свою работу коммерческие организации – заказать еду, одежду и даже оформить кредит можно в несколько кликов. Так формируется потребительская привычка и потребительские ожидания, которые не могут не брать во внимание предприятия ЖКХ ввиду социальной значимости поставляемых ресурсов.

Подталкивают к цифровизации водоканалы не только тренды в экономике, но и государственная установка: действующая в стране программа «Цифровая экономика РФ», в 2018-ом году ставшая национальной, делает цифровизацию одной из главных задач в ключевых отраслях производства страны.

Следование за тенденциями помогает предприятиям ЖКХ – в частности, речь пойдет о предприятиях ВКХ – не только повышать эффективность коммуникации со своими абонентами, но и улучшать внутренние процессы. Предлагаем рассмотреть пример цифровой трансформации АО «Ростовводоканал»¹: в 2016-ом году водоканал осуществил переход на новую платформу, которую уже второй год продолжает модернизировать в связи с растущими потребностями предприятия в оптимизации своей работы.

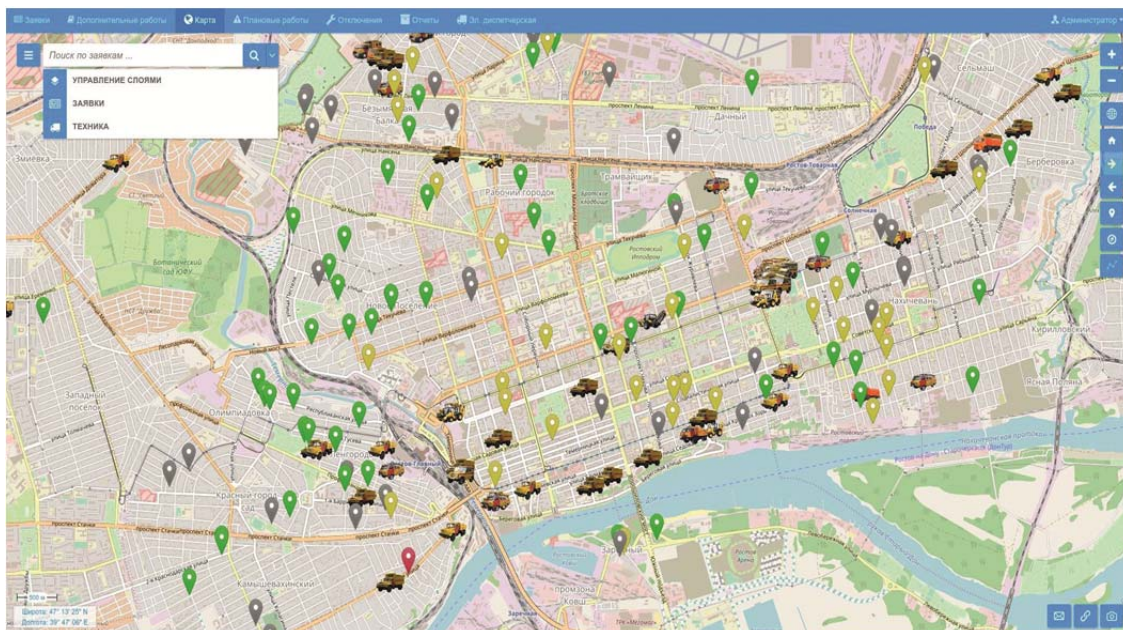
В конце 2016-го года разработчики из DATUM Group² создали систему «Горячая линия», предназначенную для автоматизации процесса отработки аварийных заявок в ростовском водоканале. Система облегчает и переводит в электронный вид процессы: распределения поступающих из call-центра заявок в диспетчерскую службу, назначения специалистов на работы, обмена информацией между подразделениями о ходе текущих работ, представления информации абонентам. В ходе работ

¹ входит в АО «Евразийский», являющееся одним из лидирующих российских компаний, осуществляющих деятельность в коммунальной инфраструктуре водоснабжения и водоотведения. Территория обслуживания АО «Ростовводоканал» покрывает региональный центр Ростовской области – Ростов-на-Дону – и близлежащий город Батайск.

² datum-group.ru

по внедрению системы была осуществлена интеграция с системой мониторинга транспорта водоканала, что позволяло специалистам не только регистрировать и вести заявки в системе, но и в режиме реального времени наблюдать за местоположением бригад и техники на всех уровнях производственного цикла; сами заявки также геокодировались.

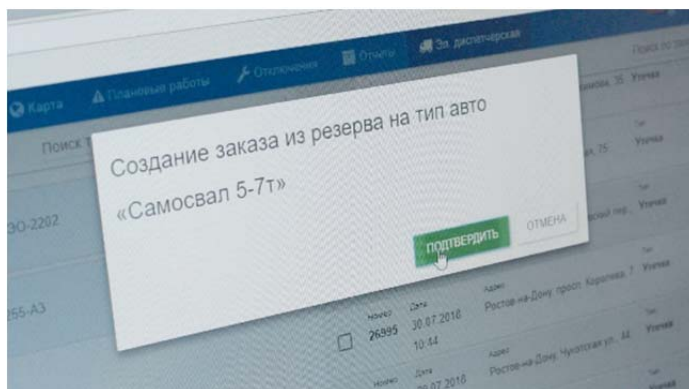
В течение первых трех месяцев с момента внедрения системы скорость закрытия заявки с момента заведения в системе сократилась в 2 раза – с 13,37 ч до 7,59 ч (использованы усредненные данные).



В 2017-ом году работа продолжилась: пришло понимание, что создание единого информационного пространства для сотрудников смежных служб водоканала технически реализуемо. Так появилась «электронная диспетчерская» – часть программного комплекса, выполняющая функцию связующего звена между мастер-системой «Горячая линия» и непосредственными исполнителями бизнес-процесса, работающими в полевых условиях через мобильное приложение. Теперь поступающая диспетчеру технологического участка заявка из «Горячей линии» полностью стала обрабатываться в программном комплексе. Для диспетчера были реализованы следующие функциональные возможности:

- управление составом аварийных бригад / смен;
- получение заявок на отработку из «Горячей линии»;
- назначение ответственного за отработку мастера, привязка бригады;
- мониторинг актуального местоположения техники и ее состояния;

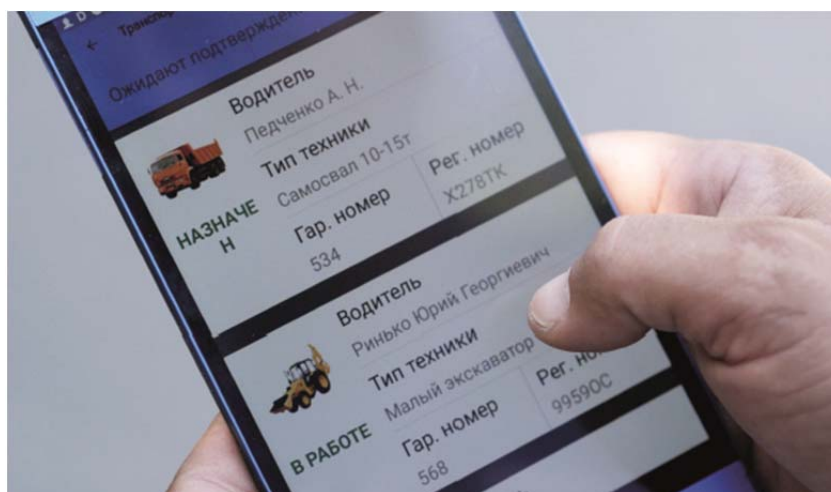
- заказ техники для устранения неполадки / выполнения плановых работ;
- ведение учета и состояния парка автотранспортных средств и спецтехники;
- получение истории работ единиц техники за выбранный период;
- формирование отчетов по работе автотранспортных средств и спецтехники.



№ заявки	Дата	Адрес	Тип	Статус
38698	16.10.2017 11:56	Ростов-на-Дону, Шагуrowsкая ул., 117	Утечка	Направлена на устранение
ВОСТОК Кострица Дмитрий Кострица Д. А.				
38700	16.10.2017 12:02	Ростов-на-Дону, Тагаровская ул., 132/6	Утечка	Новая
ВОСТОК Алексеев С.С. Агуриев Т.Х.				
38717	16.10.2017 13:49	Ростов-на-Дону, Вологодская ул., 20а	Утечка	Новая
СОУ Лавренко А.А. Лавренко А.А.				
38701	16.10.2017 12:02	Ростов-на-Дону, Марксистский пер., 4, въезд с Нарманкова	Утечка	Новая
Бригады не назначены				
38796	16.10.2017 22:04	Ростов-на-Дону, ул. Максима Горького, 163, между водосточными и колодцами	Утечка	Новая
Бригады не назначены				
38776	16.10.2017 17:19	Ростов-на-Дону, ул. Фрунзе, 24	Утечка	Новая
Бригады не назначены				
38676	16.10.2017 10:43	Ростов-на-Дону, ул. Теушева, 73	Утечка	Новая
38782	16.10.2017 16:00	Ростов-на-Дону, ул. Береговая, 101	Утечка	Новая

В свою очередь, для мастеров и водителей транспорта водоканала была создана мобильная часть программного комплекса. Она представляет из себя мобильное приложение с различным функционалом. По сути, реализуя мобильную частью «Горячей линии», разработчики добились того, что сейчас принято называть «уберизацией» производства: подобно тому, как каждый из нас может заказать такси с возможностью отслеживания приближения машины, диспетчер заказывает для мастера технику. Выезжая на заявку, в своем приложении ма-

стер видит, какая спецтехника едет к нему на работы, каков статус машин («выезжаю», «в дороге», «сломан» и т.д.) и кто на них работает в эту смену. Также у него есть возможность в один клик дозаказать необходимые единицы техники непосредственно с места проведения работ. По результатам проведения работ мастер фиксирует все в приложении: причину аварии, ее тип; диаметр трубы, длину траншеи на объекте; установленные ограждения; необходимые для устранения аварии материалы и работы, срок устранения; фиксирует работы на фото и дает оценку водителям.



Между мобильным приложением и базой данных электронной диспетчерской происходит постоянный обмен информацией. В результате интеграция программных средств обеспечивает:

- ускорение процессов назначения бригады, ее прибытия на место аварии, вызова дополнительной техники и, соответственно, самого устранения аварии;
- контроль всех стадий выполнения работ в реальном времени;
- возможность полноценно и детально анализировать работу АДС и служб благоустройства.

Таким образом, программный комплекс стал не только неотъемлемой частью выполнения прикладных задач большинства служб водоканала (call-центра, ЦОДС, транспортного цеха, производственных служб, мастеров и водителей), выполняемых повседневно. Важно, что система накапливает данные и позволяет получать статистические данные и объективную аналитику по работе этих служб. Для руководства водоканала это бесценная информация, которая позволяет принимать грамотные и обоснованные решения о развитии штата сотрудников, пополнении материально-технической базы.

АКТУАЛИЗАЦИЯ УЧЕБНО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ ПРИ ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ПО СПЕЦИАЛИЗАЦИИ «СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ»

В последнее десятилетие в Республике Беларусь из-за динамичного развития городов и расширения селитебных территорий резко возросла востребованность специалистов в области проектирования и эксплуатации систем водоснабжения и водоотведения. Особые требования заказчиков кадров, таких как коммунальные унитарные предприятия «Водоканал», городские и областные жилищно-коммунальные хозяйства, проектно-конструкторские и другие учреждения, к профессиональной квалификации выпускников обусловили необходимость диверсификации образовательных программ подготовки специалистов на первой и второй ступени высшего образования по специальности «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов» и «Строительство» соответственно.

Кафедра «Экология и энергоэффективность в техносфере» БелГУТа при проектировании и реализации таких образовательных программ прибегает к тесному сотрудничеству и взаимодействию с заказчиками кадров, по запросу которых в течение последних десяти лет (2009–2018 г.) было выпущено 288 инженеров-строителей и 78 магистров технических наук.

В настоящее время на первой ступени высшего образования с 2018 года приема по специальности –70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов», специализация 1-70 04 03 01 «Системы водоснабжения и водоотведение» введена следующая схема подготовки выпускников по дневной форме обучения: 4 года (инженер) + 2 года (магистр). Такая схема соответствует общегосударственному классификатору Республики Беларусь ОКРБ 005-2011 Виды экономической деятельности (ОКЭД).

Подготовка специалистов с исследовательскими навыками по второй ступени проводится в магистратуре по специальности 1-70 80 01 «Строительство» по дневной (1 год) и заочной (1,5 года) формам обучения.

Широкий профиль подготовки инженеров и магистров по проектированию и эксплуатации систем водоснабжения и водоотведения обеспечивает им высокую профессиональную мобильность и конкурентоспособность на рынке труда. Совершенствование учебных планов и учебных программ осуществляется постоянно с учетом последних достижений в области водоснабжения и водоотведения (ВиВ). К примеру, в [1] обосновываются приоритетные направления модернизации, реконструкции и технического перевооружения существующих и создания новых очистных сооружений малых городов. В [2] приводятся наиболее эффективные технологии, позволяющие решать вопросы при проектировании внутренних инженерных сетей жилых и общественных зданий. Выпуск новых ТКП [3,4] позволяет оперативно внедрять в учебные курсы инновационные знания.

Большое место в основных образовательных программах подготовки инженеров занимают информационные технологии, системы автоматизированных расчетов и проектирования сетей водоснабжения и водоотведения населенных пунктов, систем внутреннего водоснабжения и канализации зданий, компьютерное моделирование работы станций очистки, управления проектами.

В стандарте третьего поколения специальности реализован компетентностный подход, который обеспечивается определенным набором дисциплин (или практик), объединенных в модули. Для оценки трудоемкости учебной работы используется система зачетных единиц.

Значительное внимание на кафедре уделяется вопросам организации научно-исследовательской деятельности студентов. Преподаватели кафедры регулярно ведут проводят научно-учебные семинары с приглашением специалистов, организуют олимпиады и научно-практические студенческие конференции, на которых студенты представляют свои первые научные результаты. Такой подход позволяет повысить творческую активность, качество и результативность научно-исследовательской работы, что в итоге существенно повышает уровень развития профессиональных компетенций будущих инженеров и магистров. В связи с этим в учебные планы специальностей введены дисциплины «Основы исследовательской деятельности» и «Управление научной и инновационной деятельностью».

Для активизации познавательной деятельности студентов при завершение изучения курса по дисциплинам специальности используется экскурсионный метод, предполагающий проведение занятий вне учебных аудиторий на объектах водопроводно-канализационного хозяйства. Так, при изучении дисциплины «Технология очистки сточных вод» студенты ежегодно посещают очистные сооружения и насосную

станцию первого подъема водозабора Центральный г. Гомеля, очистные сооружения РУП «БелоруснефтьОсобино» (г/п. Коммунар). В рамках изучения дисциплин «Водоотведение промышленных предприятий» и «Реконструкция систем водоснабжения и водоотведения» студенты знакомятся с работой насосной станции первого подъема водозабора Центральный г. Гомеля и очистных сооружений Мозырского нефтеперерабатывающего завода.

Экскурсионный метод обучения является комплексным, так как сочетает и обучение и воспитание студенческой молодежи. Посещение реальных объектов после изучения теоретического материала и выполнения практических и лабораторных работ является очень ценным опытом в систематизации и закреплении знаний.

Изменение ритма жизни, появление большого количества информации и постоянные темпы обновления современных технологий вносят необходимость в изменение классической схемы преподавания. По отдельным дисциплинам преподаватели кафедры активно используют возможность внеаудиторного дистанционного общения, такую как Google Диск: Google Документы и Таблицы (для коллективной работы над различными проектами), Google Формы (для проведения опросов, онлайн регистрации участия в вузовских мероприятиях). Преподаватели размещают учебную информацию по дисциплине на Google Диске (конспект лекций, презентации, основные учебники и пособия, нормативную документацию, задания на практические занятия и лабораторные работы) с возможностью доступа студентов к информации. Это позволяет сократить время на лекционных занятиях на ведение конспекта (студенты делают пометки в предоставленном конспекте) и уделить больше внимания проблемным вопросам. При работе над курсовым проектом или выполнении практических заданий для студента удобным является online доступ к библиотеке нормативной и технической документации по изучаемой дисциплине.

Преподаватели кафедры ежегодно корректируют учебные программы с учетом последних достижений и вводят новые пункты в действующие разделы занятий, например: анализ современных белорусских, российских и зарубежных разработок по снижению удельных энергозатрат на теплоту и электроэнергию в системах водопользования; энергоаудит насосных станций; внедрение геоинформационных технологий; компьютерные технологии эксплуатации и диагностики систем ВиВ; система менеджмента качества в процессах управления системами ВиВ; внедрение элементов ВМ при проектировании систем ВиВ.

Одним из элементов международного стандарта менеджмента качества образования является изучение удовлетворенности потребите-

лей качеством предоставляемых образовательных услуг. В соответствии с этими рекомендациями были проведены экспертные исследования (методом анкетирования) по установлению мнений работодателей о качестве подготовки специалистов по водоснабжению и водоотведению, а также мнений выпускников университета последних 5 лет о содержании и методов их обучения. Было установлено, что 86,7% работодателей (при выборке 38 человек, среди которых были руководители и главные специалисты «Водоканалов», ЖКХ, проектных организаций, начальники служб и отделов, мастера) высказали полную удовлетворенность качеством подготовки выпускников по специализации 1-70 04 03 01 и лишь 13,3% из них – частичную удовлетворенность. Среди пожеланий по дальнейшему повышению качества подготовки специалистов: повышение уровня активности их инновационной деятельности; повышение компетентности в вопросах BIM проектирования инженерных систем. Из 78 выпускников кафедры 2016 – 2018 гг., принявших участие в анкетировании, 73% высказали свою удовлетворенность содержанием приобретенных ими знаний, уровнем сформированных универсальных и профессиональных компетенций, а также отношением профессоров и преподавателей к их интересам и потребностям в профессиональном саморазвитии и самоопределении. Среди наиболее значимых пожеланий по дальнейшему совершенствованию учебно-воспитательного процесса выпускниками кафедры были названы: уменьшение аудиторной нагрузки по дисциплинам социально-гуманитарного модуля, создание виртуальных лабораторных практикумов для возможности практической подготовки к их выполнению на реальных технических объектах ВиВ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ануфриев, В.Н. Рекомендации по организации водоотведения в сельской местности. – Минск, «Позитив-центр», 2014. 60 с.
2. Невзорова, А.Б. Водоснабжение и водоотведение селитебной территории / А.Б. Невзорова, О.К. Новикова, Г.Н. Белоусова. – Гомель. БелГУТ. 2014. 263 с.
3. ТКП 45-4.01-320-2018 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Строительные нормы проектирования».
4. ТКП 45-4.01-321-2018 «Канализация. Наружные сети и сооружения. Строительные нормы проектирования».

ТАРИФНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Жилищно-коммунальное хозяйство (ЖКХ) является сложной сферой для проведения преобразований из-за высокой социальной значимости и трудностей с точки зрения состояния инфраструктуры и особенностей тарифного регулирования. Услуги ЖКХ являются настоящими и уникальными товарами, что не позволяет потребителям отказаться от них или сократить потребление при повышении тарифов (цен), поэтому тарифная политика в данной сфере находится всегда под контролем государства. Так при допущении неточностей в определении тарифов (цен), они, в свою очередь, оказывают негативное влияние, как на регулируемый вид деятельности, так и на смежные рынки, и приводят к потерям покупателей [1].

Тариф (цена) на услуги водоснабжения и водоотведения (ВСиВО) – это совокупность ставок за оказание услуг по доставке (отводу) воды до (от) конечного потребителя. Тариф на ВСиВО содержит затраты по забору, подготовке, очистке, хранению, транспортировке и отводу воды и иные операционные расходы. Стоимость самой воды как природного ресурса включается косвенно в тариф в виде налогового платежа – платы за воду.

Проблемы тарифного регулирования чаще всего связаны: с обширностью нормативно-правовой базы, недоработками по вопросам долгосрочных тарифов и уровня возмещения затрат; тарифы не всегда согласуются с задачами водоканалов и обеспечивают развитие водной отрасли; регулирование тарифов осуществляется на национальном и региональном уровнях и достаточно их частый рост является фактором инвестиционных рисков; дифференциация структуры затрат, субсидируемых и экономически обоснованных тарифов в региональном плане и по потребителям.

Сегодня субсидируемый тариф на услуги ВСиВО только частично возмещает организациям ВКХ эксплуатационные расходы на добычу, очистку и транспортировку воды и не окупает капитальных затрат на развитие инженерной инфраструктуры [2]. Важнейшим фактором устойчивости услуг ВСиВО является соблюдение баланса полного возмещения затрат за счет тарифа на воду и финансовой доступности его для потребителей. Тарифы для населения в Республике Беларусь

ниже, чем в странах Европы. Сегодня за 1м³ воды население платит 0,8053 руб. Жители Европы платят гораздо больше, например, в Германии 1м³ воды обходится в 1,9–2,7 евро или в 7-10 раз дороже, чем в Республике Беларусь; в Испании тариф равен 1,0–1,05 евро, в Португалии – 0,85–1,92 евро, в Австрии – 1,09 евро [3]. Рост тарифов в белорусской практике обусловлен в первую очередь ростом затрат на их оказание, в результате чего платежи населения постепенно имеют тенденцию увеличения.

Таблица

Динамика ИПЦ, реальной заработной платы и тарифов на услуги ВСиВО для населения в Республике Беларусь за 2013–2017 гг., (декабрь к декабрю предыдущего года) %

Показатель	2013	2014	2015	2016	2017
ИПЦ	116,5	116,2	112,0	110,6	104,6
Реальная заработная плата работников	116,4	101,3	97,7	96,2	107,5
Жилищно-коммунальные услуги, в т. ч.	147,8	133,7	120,2	130,7	116,5
– сбор, обработка и распределение воды (вода питьевая)	107,6	117,4	120,1	126,7	126,3
– сбор и обработка сточных вод	107,6	115,8	119,8	121,8	135,8
Холодное водоснабжение и водоотведение (канализация) в целом по стране, в т. ч.	109,2	133,0	124,6	140,7	156,5
– Брестская область	108,5	131,9	122,9	152,5	173,6
– Витебская область	108,4	144,3	126,1	135,0	157,6
– Гомельская область	110,3	142,7	125,4	135,3	150,5
– Гродненская область	110,1	136,7	129,5	124,8	158,3
– г. Минск	108,9	119,9	115,0	159,3	154,6
– Минская область	109,3	138,6	130,0	134,3	151,9
– Могилевская область	109,6	130,4	135,8	114,8	152,5

Источник: составлено по данным статистических сборников «Цены производителей Республики Беларусь» (Минск 2018) и «Цены на потребительском рынке Республики Беларусь» (Минск 2018).

Из данных таблицы следуют, что рост тарифов значителен на протяжении рассматриваемого периода, как по республике в целом, так и по областям и г. Минску. Рост тарифов происходит намного быстрее, чем рост реальной заработной платы, что говорит о негативном влиянии инфляционных процессов в области коммунальных услуг на благосостояние и уровень жизни населения. Следует отметить, что данная ситуация ярко выражена в последнее время. По данным Национального статистического комитета РБ, тарифы на питьевую воду возросли (наибольший рост приходится на 2016 г. – 26,7%) и на услуги водоотведения соответственно (наибольший рост приходится на 2017 г. – 35,8%), при этом превышая годовые темпы инфля-

ции. Рост тарифов обусловлен изношенностью основных средств, используемых при ВСиВО и этот рост увязывают с задачами модернизации и развития ЖКХ.

Также выражена региональная дифференциация тарифов субсидируемых (за исключением 2018 г.) и обеспечивающих полное возмещение затрат – это один из важных факторов развития и конкурентоспособности регионов. Услуги водоканалов непрерывно дорожали, причем даже быстрее, чем повышался индекс потребительских цен. Так рост цен на ЖКУ за 2017 г. составил 116,5% с незначительной вариацией по регионам от 115,76% по г. Минску до 117,97% по Брестской области, причем значительно выросли тарифы на холодное водоснабжение и водоотведение – 158,3% по Гродненской области и 173,6% по Брестской области. Уровень возмещения затрат по водным услугам значительно повысился, например, если по г. Минску в 2014 г. общий субсидируемый тариф на водоснабжение и водоотведение составлял 0,165 руб./м³, а полный 0,9 руб./м³, то на 01.11.2018 г. составил 1,3451 и 1,3512 руб./м³ соответственно [4, 5]. Несомненно, что увеличение уровня возмещения населением стоимости ЖКУ будет способствовать консолидации расходов бюджета и повышению конкурентоспособности белорусских предприятий. В нынешних условиях рост тарифов должен быть сопряжен с ростом доходов населения.

На сегодняшний день необходимо, чтобы тарифная политика отвечала рыночным принципам, установлению которых должно предшествовать внедрение рыночных механизмов ценообразования с элементами государственного регулирования, ориентированного на долгосрочную перспективу. Эффективная политика в сфере тарифного регулирования должна ориентировать экономического субъекта на снижение затрат с целью увеличения прибыли.

Проведенный анализ показал, что в настоящее время тарифы на услуги ВКХ дифференцированы по потребителям и по объемам потребления. Для бытовых потребителей при потреблении воды по установленной норме действует субсидируемый тариф, который не покрывает затрат на оказание услуг, потребление воды свыше нормы облагается по так называемым «экономически обоснованным тарифам», сформированным на основании затрат и норматива рентабельности. Тарифы для юридических лиц устанавливаются на уровне, превышающем затраты на оказание услуг, в результате часть затрат предприятий ВКХ покрывается за счет перекрестного субсидирования. В последние годы тарифы на услуги ВКХ для бытовых потребителей повышаются темпами, опережающими темп роста доходов населения и индекс инфляции, в результате повышается доля доходов

населения на оплату ЖКУ. Действующий порядок формирования тарифов имеет ряд недостатков: тарифы повышаются без учета качества оказываемых услуг и результатов деятельности предприятий ВКХ, что не стимулирует повышение эффективности их деятельности. В перспективе при формировании тарифов на услуги ВКХ необходимо учитывать индикаторы, характеризующие эффективность деятельности организаций ВКХ, качество, надежность и доступность услуг, а также динамику доходов населения (рост тарифов сверх определенного предела вызывает существенный рост неплатежей). Все это придаст информационную прозрачность деятельности инфраструктурных монополий и регулирующих органов, а также понятность, как для потребителей, так и для потенциальных инвесторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авдашева С.Б. Задачи и ограничения антимонопольного контроля регулирования тарифов / С.Б. Авдашева, Д.В. Цыцулина // Вопросы государственного и муниципального управления. – 2014. – № 4. – С. 28–38.

2. «Базовый обзор существующих механизмов социальной подотчетности в секторе жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ) в Вилейском и Ивьевском районах Республики Беларусь» – Выводы исследования [Электронный ресурс]. – 2017. – Режим доступа: http://ecopartnerstvo.by/sites/default/files/vyvody_issledovania.pdf – Дата доступа: 10.09.2018.

3. Портал коммунальной грамотности gkx.by / Тариф на жажду. Доступна ли белорусскому потребителю питьевая вода? [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа: <http://gkx.by/poleznye-sovety/2018-tarif-na-zhazhdu-dostupna-li-belorusskomu-potrebiteleyu-pitevaya-voda> – Дата доступа: 14.08.2018.

4. Тарифы в Беларуси / Тарифы на коммунальные услуги в Беларуси / Тарифы на водоснабжение и канализацию [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа: <http://www.tarify.by>. – Дата доступа: 01.11.2018.

5. Цены / Национальный статистический комитет Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа: <http://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/makroekonomika-i-okruzhayushchaya-sreda/tseny/>. – Дата доступа: 01.11.2018.

О.В. Немеровец, преподаватель-стажер
В.В. Ивашечкин, проф., д-р техн. наук
В.В. Верременюк, доцент, канд. физ.-мат. наук
БНТУ, Минск, Беларусь

РАСЧЕТ ЗАТОПЛЕНИЯ ПОЙМЫ РЕКИ ВИЛИЯ ПРИ ПРОПУСКЕ ПАВОДКОВ И ПОЛОВОДИЙ

Для минимизации последствий затопления и его мониторинга актуальным является использование космических снимков и ГИС-технологий. Автором работы [1] рекомендовано использовать методы дистанционного зондирования Земли из космоса, и предложена методика моделирования затопления территории по космическим снимкам в сочетании с данными об уровнях воды, определяемых на гидропостах.

Также стоит обратить внимание на метод расчета зон затопления в речной долине путем применения метода численного гидродинамического моделирования, при помощи которого рассчитывается зона затопления территории, и время, в течение которого данная местность окажется затопленной.

В Республике Беларусь эксплуатируется более 150 водохранилищ с объемом более 1 млн. м³. Одним из крупнейших водохранилищ является Вилейское с объемом воды 260 млн. м³, расположенное на реке Вилия. В предполоводный период водохранилище, в соответствии с инструкцией срабатывает до определенной отметки, при прохождении паводка водохранилище аккумулирует его пик. Но при наступлении паводка катастрофической обеспеченности возникает необходимость в сбросе определенного объема воды в нижний бьеф гидроузла, где протекает река шириной 40–60 м.

Для реки Вилия характерен такой тип руслового процесса, как меандрирование. В пределах города правый берег сдерживается коренным берегом, а левый не закреплен и имеет пониженные отметки, также на отдельных участках вдоль берега реки Вилия имеются дачные кооперативы и населенные пункты, расположенные в свою очередь вблизи стариц, где происходит подтопление частных земельных владений.

Для прогноза затопления территории разработана программа расчета параметров течения в реке Вилия за плотиной Вилейского водохранилища [2]. Учет затопления поймы производился с допущением, что русло имеет прямоугольное поперечное сечение с постоянной высотой берегов, равной 2,8 м, ширина поймы постоянна и равна 650 м.

В данной работе представлены результаты более точного расчета затопляемых участков поймы правого берега. Детальная методика расчета и расчетные схемы планов участка речной долины для берегов представлены в [3]. В качестве исходных данных использованы четыре створа с географическими отметками речной долины и уровнями воды в реке на расстоянии 330, 4330, 5630 и 9360 м ниже створа плотины, соответствующие пропуску расхода половодья $Q_{0,1\%} = 1558,6 \text{ м}^3/\text{с}$. Основные гидрологические характеристики, необходимые для вычислений представлены в [4]. Предполагается, что поверхность берега в районе поймы является кусочно-цилиндрической. А берег можно разбить на участки линиями уровня высоты относительно дна реки.

По итогу произведенных вычислений для правого берега реки Виляя получены следующие графики в зависимости от времени: глубины потока в русле $H(t)$ (рисунок 1), ширины затопления правой поймы в районе заданных створов $W(t)$ (рисунок 2) и ширины затопления правой поймы в зависимости от расстояния до плотины $W(s)$ (рисунок 3), где s – расстояние до плотины.

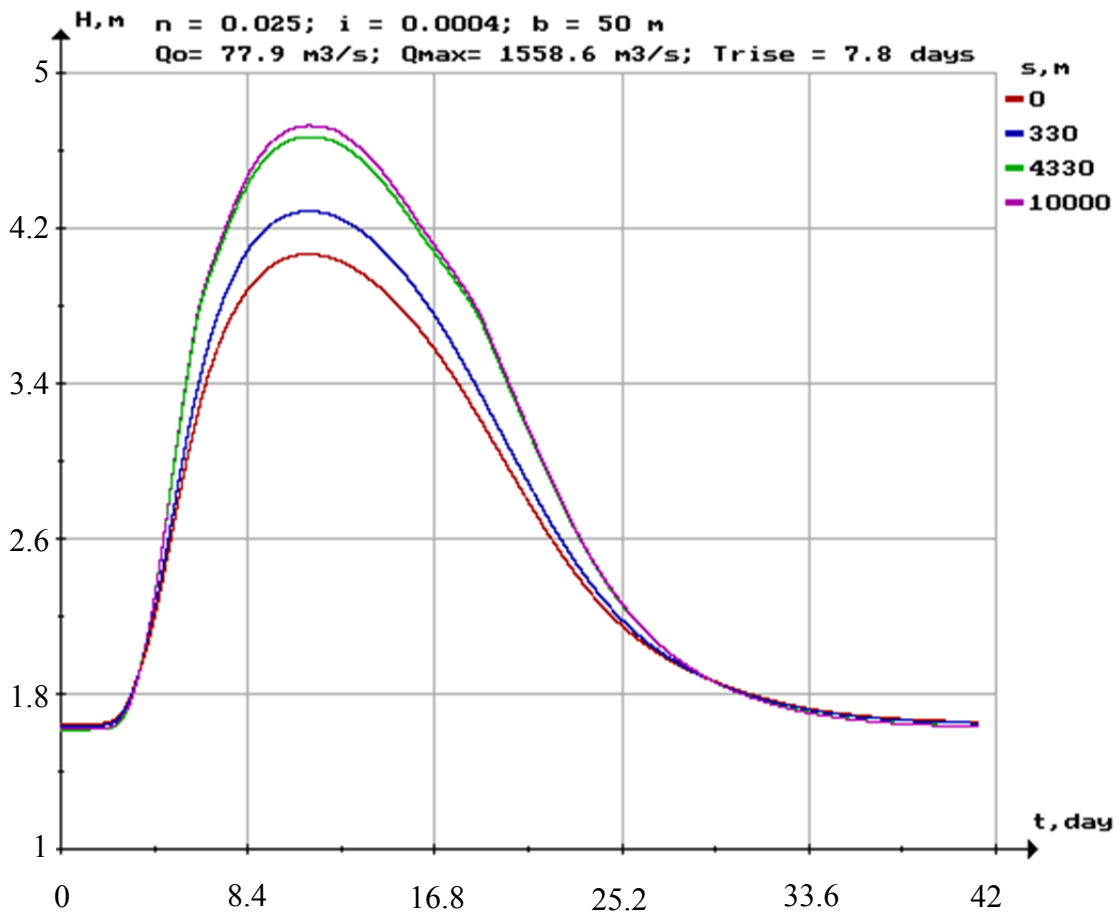


Рисунок 1. Глубина потока в зависимости от времени $H(t)$

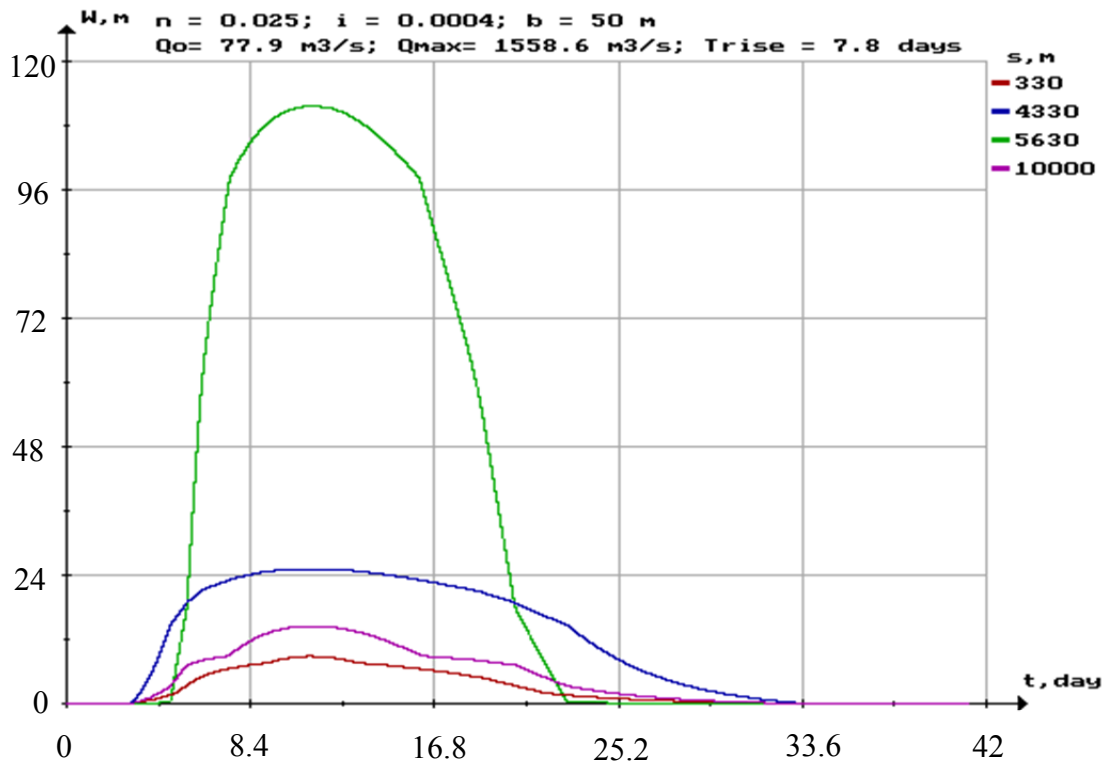


Рисунок 2. Ширина затопления правой поймы в районе заданных створов $W(t)$ в зависимости от времени

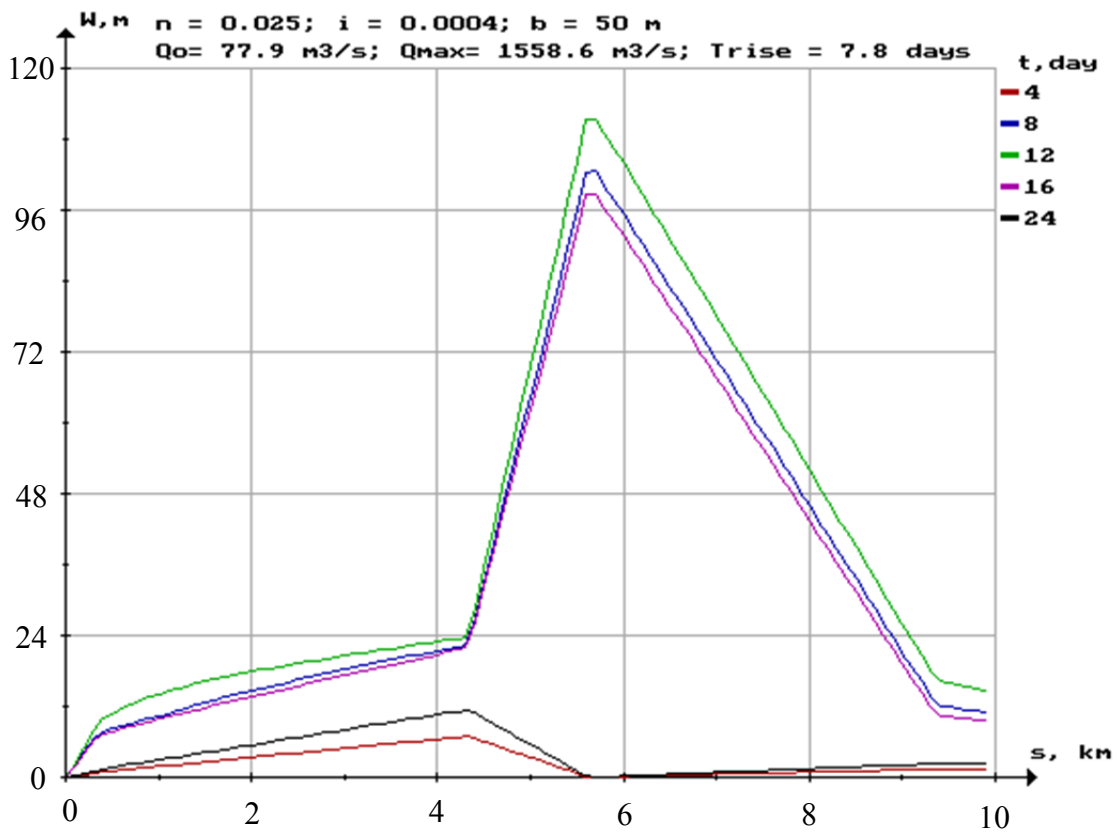


Рисунок 3. Ширины затопления правой поймы в зависимости от расстояния до плотины $W(s)$

Из результатов расчетов видно, что для более точного прогноза затопления поймы необходимо уменьшить расстояние между створами с географическими отметками речной долины, а также иметь достоверные гидрологические данные, измеряемые на гидропостах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Татарин, А.М. Космический мониторинг и оценка риска затопления урбанизированных территорий в периоды половодий: автореферат дис. ... канд. техн. наук: 25.00.36 / А.М. Татарин. – М., 2013. – 23 с.

2. Веремеиук, В.В. Расчет параметров волны половодья в реке ниже водохранилища / В.В. Веремеиук, В.В. Ивашечкин // Мелиорация. – 2016. – С. 26–31.

3. Ивашечкин, В. В. Прогноз уровней в Вилейском водохранилище при пропуске расходов половодья/ В. В. Ивашечкин, В.В. Веремеиук, Г.Г. Круглов, Я.Я. Анацко, Я.А. Солдатенко. – Вестник БрГТУ, № 2, 2017, с. 57–61. Серия водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология.

4. Веремеиук, В.В. Приближенная методика расчета затопления поймы реки при экстремальных попусках из водохранилища в период половодья / В.В. Веремеиук, В.В. Ивашечкин, Я.А. Солдатенко, О.В. Немеровец // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2018. – Т. 2, № 1. – С. 67–75.

О.В. Терентьева,
начальник отдела организации
учета и анализа сбыта ЦРП «Водосбыт»
УП «Минскводоканал», г. Минск, Республика Беларусь

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМ УЧЕТА УСЛУГ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

Всякий раз, когда мы открываем водопроводный кран, происходит маленькое чудо. За этой привычной процедурой стоит нечто большее, чем H_2O (соединение двух атомов водорода и одного атома кислорода) в жидком состоянии. Вода – это кровеносная система планеты, природный цикл, на который деятельность человека оказывает огромное давление.

Экономия и рациональное использование водных ресурсов всегда было актуальным вопросом в деятельности любой страны.

Над вопросами сбережения водных ресурсов задумывались еще жители Древнего Рима. Уже тогда, создавая свой первый водопровод, они начали решать проблему, как наиболее экономно расходовать водные запасы. И кстати, уже тогда люди, пользующиеся общественными системами водоснабжения (фонтанами, в которых набирали питьевую воду), платили за это налоги. Такие налоги в наше время называются тарифами.

Количество пресной воды на Земле теперь практически такое же, как и во времена Юлия Цезаря, стоявшего во главе Римской империи. Но за последние 2 тысячи лет население Земли увеличилось с 200 миллионов до 7,2 миллиардов человек, а мировая экономика росла еще быстрее (с 1960 года ВВП рос в среднем на 3,5% в год). Совокупная потребность в продовольствии, энергии, товарах потребления и воде для этого огромного человеческого производства требует усиления контроля за потреблением воды.

Мероприятия по экономии и рациональному расходованию воды в современном мире ориентированы на организацию четкого контроля за водопотреблением как в жилом секторе, так и юридическими лицами. Добиться этого возможно только при организации системы учета водных ресурсов потребляемых жителями планеты. Однако тут же встает вопрос – как контролировать расход воды?

Эту проблему смог разрешить немецкий инженер и промышленник Карл Вильгельм Сименс, который в 1851 году впервые представил миру счетчик воды. Это чудо техники с каждым годом приобретало все большую популярность, и уже через 7 лет было достаточно распространено среди жителей Германии.

Счетчик Сименса был механическим и путем шестеренчатого счетного механизма передавал вращение крыльчатки на циферблат. Иначе говоря, в его основу лег принцип действия водяной мельницы, колеса которой движимы потоком воды.

Однако работа первых счетчиков воды не отличалась особой надежностью, поэтому их приходилось часто менять. В процессе развития технологий эта проблема потихоньку сходила на нет, сегодня же счетчики воды могут работать до 12 лет.

В современном мире, во всех странах система учета потребляемых услуг водоснабжения и водоотведения организована с использованием приборов учета расхода воды, которые позволяют четко контролировать водопотребление.

На протяжении нескольких последних лет практика проведения расчетов с потребителями за услуги водоснабжения и водоотведения, опыт эксплуатации водомерного хозяйства в г. Минске и в Республике Беларусь выявили необходимость совершенствования методологической, нормативной базы, регулирующей эти вопросы.

Так, в 2007 году была принята республиканская программа 100 %-ного оснащения жилого фонда индивидуальными приборами учета расхода воды в течение 2007–2008 гг. Этим было положено начало совершенствования системы учета услуг водоснабжения и водоотведения в Республике Беларусь.

По прошествии 10 лет практически во всех квартирах жилых домов г. Минска и частных домовладениях установлены индивидуальные приборы учета расхода воды.

Массовая установка счетчиков воды «приборизация» в городских квартирах привела к резкому снижению подачи и реализации воды. Для сравнения, если в 2000 году месячная реализация в г. Минске составляла порядка 20 млн. куб. метров (около 260 литров в сутки на 1 человека), то сегодня она составляет 10 млн. куб. метров (менее 130 литров в сутки на человека), несмотря на то, что город интенсивно развивается, и за этот период построены целые микрорайоны.

Экономия и рациональное использование водных ресурсов гражданами, проживающими в г. Минске, стала очевидна.

Однако, «приборизация» не позволила решить такие проблемы, как воровство (искажение фактического расхода воды).

Сложившаяся ситуация не позволяет реально оценить фактический объем оказанных услуг водоснабжения и водоотведения за отчетный месяц, и как следствие, реальную себестоимость оказываемых услуг.

подавляющее большинство используемых в настоящее время индивидуальных приборов учета расхода воды в Республике Беларусь, и

в том числе в г. Минске, полностью механические. Это положительно сказывается на их стоимости, однако не слишком удобно с точки зрения сбора информации.

В странах с более развитой коммунальной инфраструктурой уже давно активно внедряют и используют счетчики с дистанционным съемом показаний. В настоящее время потребность в подобных устройствах осознали и в нашей стране.

Одной из самых главных проблем эксплуатации индивидуальных приборов учета воды является своевременная передача показаний от потребителей к поставщикам ресурсов. Сейчас в подавляющем большинстве многоквартирных домов в г. Минске она осуществляется в ручном режиме. Собственник визуально снимает показания с табло прибора, и передает их посредством смс-сообщений, телефонных звонков на автоответчик расчетно-справочных центров и платежной системы ЕРИП для дальнейшего начисления платы за жилищно-коммунальные услуги.

Ручной режим передачи показаний счетчиков воды порождает множество проблем.

К основным из них можно отнести, возможность передачи недостоверных сведений при попытке уменьшить стоимость услуг и несвоевременную передачу данных, вызывающую расхождение с показаниями групповых приборов учета расхода воды, установленных в подвалах жилых домов.

Если в доме установлены счетчики с дистанционным съемом показаний, то процесс передачи сведений от потребителя к поставщику можно полностью автоматизировать. Это не только позволяет существенно снизить вероятность различных злоупотреблений, но и существенно облегчает процесс эксплуатации приборов учета.

В результате выигрывают как потребители, так и водоснабжающие организации, которым не приходится делать перерасчеты и регулярно делать обход квартир с целью сверки показаний приборов учета.

На сегодняшний день совершенствование системы учета потребляемых услуг водоснабжения и водоотведения жителями г. Минска является самой важной задачей предприятия водопроводно-канализационного хозяйства.

Решение этой задачи возможно только при автоматизации системы учета потребляемых услуг водоснабжения и водоотведения путем внедрения дистанционного съема показаний с индивидуальных приборов учета расхода воды, установленных в квартирах жителей столицы.

Совершенствование системы учета услуг водоснабжения и водоотведения в г. Минске позволит предприятию водопроводно-канализационного хозяйства:

- получить дополнительную выручку от реализации услуг водоснабжения и водоотведения;
- снизить величину потерь и неучтенных расходов воды;
- сократить затраты на содержание штата контролеров, осуществляющих сверку показаний индивидуальных приборов учета;
- сократить затраты на выплату комиссионного вознаграждения сторонним организациям.

Совершенствование системы учета услуг водоснабжения и водоотведения в Республике Беларусь посредством внедрения дистанционного съема показаний соответствует одному из главных приоритетов социально-экономического развития Республики Беларусь в среднесрочной перспективе – «развитие информационного общества и широкое внедрение информационно-коммуникационных технологий («Информатизация»)), а также одному из приоритетных направлений научно-технической деятельности в Республике Беларусь на 2016–2020 годы – «разработка интегрированных систем автоматизации управления процессами и ресурсами организаций» и «технологии развития информационного общества».

ЛИТЕРАТУРА

1. Правила пользования централизованными системами водоснабжения, водоотведения (канализации) в населенных пунктах, утвержденные постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 30.09.2016 № 788;
2. Указ Президента Республики Беларусь от 15.12.2016 № 466 «Об утверждении Программы социально-экономического развития Республики Беларусь на 2016–2020 годы»;
3. Указ Президента Республики Беларусь от 22.04.2015 № 166 «О приоритетных направлениях научно-технической деятельности в Республике Беларусь на 2016–2020 годы».

СИСТЕМА ОПЕРАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОГО УЧЕТА ОБЪЕКТОВ УП «МИНСКВОДОКАНАЛ»

«Система оперативно-технического учета объектов УП «Минскводоканал» (СОТУ) – корпоративная (отраслевая) геоинформационная система (ГИС) УП «Минскводоканал» специального назначения, которая является важнейшим элементом его производственной деятельности. Владельцем информации, содержащейся в СОТУ, является УП «Минскводоканал».

ГИС предприятия разработана и внедрена для реализации следующих целей:

- обеспечение ввода, хранения, обработки информации о плановом положении и состоянии сетей и других объектов УП «Минскводоканал»;
- организация строго контролируемого доступа к просмотру и редактированию данных;
- оперативный и бесперебойный доступ к разнородным данным для решения текущих и экстренных задач;
- интеграция данных как внутри СОТУ УП «Минскводоканал», взаимодействие со сведениями, содержащимися в других программных комплексах, используемых на предприятии;
- анализ данных, представление результатов анализа в виде, удобном для восприятия;
- подготовка картографической информации для выдачи специализированной документации;
- учет и локализация аварий на сетях водоснабжения и водоотведения;
- взаимодействие и обмен информацией с другими эксплуатирующими организациями города Минска.

Система реализована на основе двухуровневой клиент-серверной архитектуры, позволяющей одновременное использование больших объемов данных множеством пользователей. Клиент-серверная архитектура характеризуется наличием двух взаимодействующих самостоятельных модулей:

- Клиентская часть – автоматизированное рабочее место (АРМ), представленное «толстым» либо «тонким» клиентом;
- Серверная часть, состоящая из сервера СУБД, web-служб, картографического сервера.

В СОТУ УП «Минскводоканал» такая структура реализована с использованием базового программного обеспечения компании Autodesk.

«Тонкий клиент» – это такая многопользовательская серверная модель, в которой 100% приложений выполняются на сервере [1]. Пользователь за АРМом с установленным «тонким» клиентом получает готовый результат, произведенный за счет ресурсов серверной части.

Для реализации «тонкого клиента» необходим только браузер, не требующий дополнительных инсталляций в операционных системах и позволяющий любому пользователю, имеющему необходимый сетевой доступ и параметры идентификации, получить доступ к любой части функционала системы.

«Толстый клиент» производит обработку информации независимо от сервера, используя последний в основном лишь для хранения данных» [2]. В СОТУ УП «Минскводоканал» в качестве программного обеспечения, обеспечивающего функционирование подобных АРМов, выбран AutoCAD Map 3D.

Autodesk Infrastructure Map Server – это веб-серверное программное обеспечение (картографический сервер), которое позволяет публиковать и обмениваться данными САПР, ГИС и другими массивами данных в локальных сетях и сети Интернет. Заинтересованные стороны могут получать доступ, визуализировать, редактировать и координировать данные предприятия [3].

В организационном плане СОТУ УП «Минскводоканал» не является изолированной. В актуальном состоянии информацию о собственных хозяйственных объектах предприятие поддерживает самостоятельно, в то время, как сведения о твердых контурах местности, сооружениях, эксплуатируемых сторонними организациями, справочники адресов и др. приобретаются у оригинальных правообладателей.

В случае с твердыми контурами местности производится прямая ежесуточная синхронизация СУБД геоинформационных систем УП «Минскводоканал» и УП «Техническое управление Мингорисполкома» (ТУ МГИ).

Кроме того, в функционировании СОТУ активно используется технология FDO – общий командный интерфейс для фонового извлечения, хранения, обновления и анализа ГИС-данных [4]. Технология задумана и реализована компанией Autodesk как проект с открытым кодом, направленный на то, чтобы максимально расширить круг используемых видов и форматов данных, а также сервисов внутри собственных приложений, как если бы подключаемые данные были «родными». К примеру, сведения о сетях сторонних эксплуатирующих организация города приходят в СОТУ через WMS-сервис в режиме ре-

ального времени по запросу пользователей, который для них выглядит, как простая активация слоя с нужными данными. А адресный поиск реализован при помощи интеграции в Систему шейп-файлов (.shp-files), полученных от ГУП «Национальное кадастровое агентство».

На сегодняшний день Система насчитывает более 200 активных пользователей, представляющих практически все подразделения предприятия. Более 60 из них – редакторы. Это говорит о крайней востребованности ГИС, ее вовлечении в широкий круг процессов, участвующих в эксплуатации водопроводно-канализационного хозяйства и сопутствующих производств и служб.

СОТУ УП «Минскводоканал» обеспечивает круглосуточный доступ к данным как в корпоративной сети предприятия, так и в сети Internet.

В результате, использование ГИС предприятия дает максимально полную, актуальную и достоверную информацию о состоянии недвижимых объектов УП «Минскводоканал», сетей водопровода и канализации, других технологических объектов, а также взаимное расположение по отношению к сетям и другим объектам сторонних эксплуатирующих организаций, позволяет организовать их рациональное и эффективное использование, планировать перспективное развитие предприятия, кроме того, является необходимым элементом в принятии управленческих решений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kanter J. Understanding Thin-Client/Server Computing. Microsoft Press, 1998.
2. Википедия – проект свободной многоязычной энциклопедии. Интернет-ресурс. Открытый доступ, русскоязычный раздел (<http://ru.wikipedia.org>).
3. <https://www.autodesk.com> – официальный сайт компании Autodesk.
4. <https://www.osgeo.org> – официальный сайт The Open Source Geospatial Foundation.

ОБРАЗОВАНИЕ, ОТВЕЧАЮЩЕЕ ТРЕБОВАНИЯМ НОВОЙ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ: ПОДГОТОВКА КАДРОВ В СФЕРЕ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

Современные города совсем скоро станут полностью автономными. Энергия в них будет поступать из возобновляемых источников, беспилотные электромобили будут курсировать по улицам. Новая городская среда, «умные города» возникают по всему миру. Примером могут служить строящийся Масдар на территории ОАЭ и Тяньцзинь – эко-город, совместный проект Китая и Сингапура. В них реализуется множество самых современных технологий от альтернативного энергообеспечения, переработки отходов, опреснения морской воды, оборотного водоснабжения (почти как на космических станциях), систем видеонаблюдения, контроля качества воздуха и других. Принято считать, что первой ступенью развития новых городов, можно назвать городскую среду, где просто широко используются ИТ-технологии, а в дальнейшем это качественно новое общество, в котором качество жизни его жителей существенно выше. С помощью информационных технологий население получает возможность управлять не только условиями своей жизни, но и городской средой.

Водоснабжение и водоотведение – основа жизнедеятельности любого города. Особенно остро эта проблема стоит в мегаполисах, где любые ошибки и сбои могут приводить к серьезным последствиям. При этом велика не только техническая, технологическая и экономическая, но и экологическая значимость, надежность и безопасность функционирования систем водообеспечения, водоотведения и очистки сточных вод.

Системы водоснабжения и водоотведения обеспечивают устойчивость и эффективность крупных и малых предприятий и организаций, устойчивое развитие общества в рамках гармоничного взаимодействия с природной средой. Специалисты в области водоснабжения и водоотведения востребованы на рынке труда не только по причине важности этих систем, но и в силу активного внедрения новых цифровых, ресурсосберегающих и энергосберегающих технологий. Заметными новыми тенденциями в области водоснабжения и водоотведения являются автономные инженерные системы, использование новых ма-

териалов и технологий очистки сточных вод, новых антикоррозионных материалов, технологий кондиционирования воды (умягчение, опреснение, сверхочистка), биотехнологии очистки воды в целях создания устойчивых рециклических систем. Потребность в квалифицированных выпускниках профильных высших учебных заведений неуклонно увеличивается.

Интенсивное технологическое развитие водной отрасли, а также растущие во всем мире требования к экологической безопасности, требуют все более высокого уровня кадрового обеспечения и профессиональной компетенции работников. В целях подготовки специалистов с высшим образованием государственным унитарным предприятием «Водоканал Санкт-Петербурга», при поддержке Правительства Санкт-Петербурга в 2015 году была учреждена «Водная Академия». Академия начала свою работу с реализации дополнительных профессиональных программ повышения квалификации. Первыми слушателями стали работники петербургского водоканала. На сегодняшний день академия осуществляет обучение сотрудников различных организаций отрасли водоснабжения и водоотведения по 44 образовательным программам повышения квалификации. С 2017 года Водная Академия имеет лицензию на право ведения образовательной деятельности по образовательной программе высшего образования по направлению прикладного бакалавриата 38.03.10 «Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура профиль: Управление в сфере водоснабжения и водоотведения». Академия имеет все возможности для качественной подготовки кадров, соответствующих требованиям Федерального государственного образовательного стандарта по данному направлению подготовки, потребностям отрасли, требованиям новой городской среды. Академия обладает современной учебно-лабораторной базой, аудитории оснащены инновационным оборудованием. ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» является одной из учебных площадок Академии. В целях формирования профессиональных компетенций часть практических занятий проводится на базе ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга», который находится в числе лучших мировых предприятий, предоставляющих услуги водоснабжения и водоотведения, как по качеству оказываемых услуг, так и по отношению к природе, с которой взаимодействует при осуществлении своей деятельности. Предоставление доступных услуг водоснабжения и канализования, обеспечивающих достойное качество жизни потребителям, устойчивое развитие такого мегаполиса, как Санкт-Петербург, формирование культуры водопотребления, и сохранение бассейна Балтийского моря. Применение в управлении предприятием лучших ми-

ровых практик, использование самых совершенных технологий, создание своих ноу-хау в сферах деятельности – это успешное и передовое предприятие.

Выпускники академии, в зависимости от профиля подготовки, будут трудиться в организациях, связанных с благоустройством города, обеспечением городского жилищного хозяйства, в управляющих компаниях ЖКХ, других предприятиях и организациях, обеспечивающих коммунальную инфраструктуру города. Такие специалисты будут полностью востребованы на рынке труда.

Водная академия - это уникальный центр науки и образования отрасли городского хозяйства, новая образовательная организация высшего образования, основной задачей которой является подготовка высококвалифицированных кадров для водопроводно-канализационного хозяйства новой городской среды.

ЛИТЕРАТУРА

1.Иванова Г.Н., Андросенко Н.В. «Умные города»: новые возможности для защиты прав потребителей. Сборник тезисов докладов Международной научно-практической конференции. СПб, 2018

2. ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга»: [официальный сайт]. – Режим доступа: <http://vodokanall.ru/sankt-peterburg/>

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ УП «МИНСКВОДОКАНАЛ»

История автоматизации ТП на МВК насчитывает более 40 лет. Первый опыт внедрения информационных технологий в производстве принадлежит системе водоснабжения города. В 1978г. приказом ген. директора в составе Минского городского производственного объединения водного хозяйства было создано новое подразделение и утверждено штатное расписание – отдел АСУ. Основная задача отдела – работы по переводу на автоматизированную систему управления решения отдельных технико-экономических задач. На том этапе это были тривиальные системы управления с минимальным комплектом телеметрии, защитных функций и удаленного управления.

Автоматизация в сети канализационного хозяйства начинает свой отсчет с 1999 г. – внедрением первых АСУ ТП на МОС.

В настоящее время по своему функциональному назначению АСУ ТП МВК развивается в двух направлениях и включает в себя:

- АСУ ТП Водоснабжения (12 н/ст. водозаборов, 426 350 скважин, ОВС, более 420 400 ПНС, 46 диктующих точек);
- АСУ ТП Водоотведения (25 КНС, вся технологическая цепочка МОС – 17 АСУ ТП).

Объекты МВК рассредоточены по всему Минску и Минской области. Информация о состоянии технологического оборудования и техпроцесса стекается в ДС МВК, где она предоставляется в режиме ОН-ЛАЙН, анализируется, архивируется и т.д.

Помимо внедрения АСУ ТП происходит бурное развитие процесса информатизации предприятия – развернуто множество АСУП и информационных систем (АСКУД, ГИС, АЗИМУТ, колцентр и др.). В докладе я затрону только автоматизацию технологических процессов, расскажу про цели, направления развития, иерархическую схему построения АСУ ТП производств, организацию взаимодействия между промышленными и офисными сетями.

Приоритетными направлениями при внедрении информационных технологий в производстве, автоматизации технологических процессов водоснабжения и водоотведения на нашем предприятии принято:

1. Сохранение природных ресурсов и уменьшение вредных воздействий на окружающую среду в процессе деятельности;

2. Оптимизация материальных и технических затрат, численности обслуживающего персонала процессов водоснабжения и водоотведения;

3. Уменьшение и исключение вредных и опасных факторов для здоровья работников УП «Минскводоканал»;

4. Исключение влияния человеческого фактора на технологический процесс водоснабжения и водоотведения;

5. Повышение качества оказываемых услуг.

Непрерывное расширение инфраструктуры производств МВК, ужесточение требований к качеству услуг сказывается и на требованиях к АСУ. Высокоэффективное и надежное автоматизированное управление крупномасштабными и удаленными друг от друга объектами возможно только при использовании современных адаптивных, самообучающихся и самонастраивающихся систем, объединенных в единую сеть.

Внедрение и модернизация АСУ любого ТП – процесс весьма дорогостоящий. Поэтому, каждый его шаг требует взвешенного подхода и научного организационно-экономического обоснования, тесного взаимодействия всех заинтересованных сторон. При этом необходимо четко придерживаться разработанной на нашем предприятии концепции развития АСУ, чтобы расширение инфраструктуры не превратилось в банальное увеличение разрозненных объектов со своей системой автоматизации. Каждый объект должен занимать свое место в стройной системе, производить обмен информацией со смежными объектами и серверами.

Далее рассмотрим принципы построения АСУ на нашем предприятии.

Принимая во внимание специфику решаемых задач подразделениями МВК автоматизация техпроцессов развивается в двух направлениях:

- АСУ ТП Водоснабжения;
- АСУ ТП Водоотведения.

Ввиду большого количества объектов автоматизации, их значительной удаленности друг от друга, построение и развитие АСУ ТП происходит по следующему иерархическому принципу:

1. Первый иерархический уровень – базовые АСУ ТП, включает удаленные объекты автоматизации, не являющиеся узловыми и работающие под управлением локальной АСУ без постоянного нахождения на нем персонала, с элементами удаленного управления или диспетчеризации (скважины, КНС, ЛПНС, ДТ).

2. Второй иерархический уровень – узловые объекты автоматизации (водозаборы, узловые КНС, РПНС). На узловых объектах организована связь с закрепленными к ней базовыми объектами и, как правило, построена комплексная АСУ (1-й, 2-й подъем, СОЖ, СПИВ, УФО и т.д.), объединяющая весь процесс добычи воды и подачи ее в городскую сеть. На узловых объектах находятся АРМы оперативного персонала, с которых осуществляется контроль и управление всем комплексом техпроцесса.

Взаимодействия первого и второго иерархических уровней АСУ ТП организуется в большинстве случаев с использованием изолированных промышленных сетей на уровне обмена данными между управляющими контроллерами. Наиболее распространенными в АСУ ТП УП «Минскводоканал» являются следующие сети между управляющими контроллерами:

- Промышленный Ethernet с протоколами Modbus TCP, Profinet, TCP/IP;
- Modbus RTU с интерфейсом RS-485;
- Profibus DP с интерфейсом RS-485.

3. Третий иерархический уровень АСУ ТП включает в себя узловое серверное оборудование, центральные диспетчерские пункты, системы вывода комплексной информации, АРМы руководителей и специалистов.

Связь второго и третьего иерархических уровней АСУ построена с использованием локальных вычислительных сетей предприятия, либо по каналам связи GSM провайдеров с организацией виртуальных частных сетей. С целью предотвращения несанкционированного воздействия и обеспечения безопасности протекания технологического процесса на третьем иерархическом уровне отсутствует возможность управления техпроцессом.

На наш взгляд, представленная иерархическая схема построения АСУ ТП предприятия с централизацией в ЦДП является надежной и безопасной.

1. Организация связи и взаимодействия между компонентами автоматизированной системы управления

С точки зрения взаимодействия компонентов системы автоматизации АСУ ТП представляет собой трехуровневую систему:

- нижний (полевой) уровень (контрольно-измерительное оборудование, первичные датчики и вторичные приборы измерения, исполнительные механизмы, устройства защиты исполнительных механизмов;

– средний уровень (контроллерное оборудование, интеллектуальные устройства сбора и обработки данных, модули расширения, средства коммутации и передачи данных);

– верхний уровень (автоматизированное рабочее место оператора: персональный компьютер, оборудование связи, принтер, сервер).

2. Организация локальных промышленных сетей в пределах объекта автоматизации

Выбор способа взаимодействия нижнего и среднего уровней определяется в зависимости от выбранных технологических и схемотехнических решений системы. Способ передачи сигнала (дискретный, аналоговый либо интерфейсный) должен быть с одной стороны наиболее простым и менее затратным с точки зрения реализации и самодостаточным для наиболее полного использования эксплуатационных свойств устройств, с другой стороны.

3. Наиболее важные требования для организации сети передачи данных в АСУ ТП:

- использование изолированных промышленных протоколов и интерфейсов связи между компонентами среднего уровня АСУ (контроллеры, панели оператора, средства коммутации и т.д.);

- ограничение в доступе из корпоративных сетей и сети интернет в промышленные сети АСУ ТП;

- использование стандартизированных открытых общепромышленных сетей, интерфейсов и протоколов обмена данными для возможности взаимной интеграции с действующими либо будущими АСУ ТП (открытая АСУ ТП);

- между объектами с взаимным влиянием, либо с общими зонами влияния обмен данными должен производиться на среднем уровне. На верхнем уровне допускается обмен данными, не производящими управляющего воздействия в автоматическом режиме.

4. Организация обмена данными между удаленными объектами АСУ ТП

Самая распространенная задача при построении сети в АСУ ТП в сфере водоснабжения и водоотведения – это организации связи с удаленными объектами (скважины, КНС, ПНС, регистраторы давления). Для решения данной задачи на нашем предприятии используется собственная сетевая инфраструктура либо радиоканалы связи. В большинстве случаев наиболее приемлемым или единственным возможным вариантом является использование каналов связи GSM провайдеров. Передача данных в АСУ ТП с использованием инфраструктуры провайдеров связи производится через защищенную виртуальную частную сеть (vpn). Следует выбирать оператора связи с наиболее раз-

витой сетью, пользование услугами которого позволит объединить не только текущие, но и планируемые автоматизировать в будущем объекты. Наилучшим вариантом с точки зрения экономии и простоты реализации, является использование одного оператора для организации проводных и беспроводных каналов связи. Для наиболее важных объектов, отсутствие связи с которыми напрямую может повлиять на технологический процесс, на нашем предприятии каналы связи дублируются. В случае наличия основного проводного канала связи мы используем резервный беспроводной канал, в случае отсутствия проводного канала связи используем основной и резервный каналы разных операторов.

Наиболее распространенными в АСУ ТП УП «Минскводоканал», используемыми между удаленными объектами автоматизации, являются сети Ethernet с протоколами Profinet, МЭК-61850-104.

Развитие и внедрения информационных технологий в управлении технологическими процессами и процессы информатизации в целом направлены на решение задач повышения эффективности управления ресурсами на предприятии, позволяет существенно снизить потери и неучтенный расход воды, своевременно выявлять и локализовать аварии, устранять утечки, что в конечном счете оптимизировать расход всех видов ресурсов на подготовку и доставку воды потребителям, водоотведение и очистку стоков.

Научное издание

**СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ
В РАЗВИТИИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ
И ВОДООТВЕДЕНИЯ**

**Материалы
Международной конференции,
посвященной 145-летию УП «Минскводоканал»**

В 2-х частях
Часть 2

В авторской редакции

Компьютерная верстка:
О. Ю. Шантарович, О. А. Солодкевич, А. А. Селиванова

Подписано в печать 05.02.2019. Формат 60×84¹/₁₆.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать ризографическая.
Усл. печ. л. 18,8. Уч.-изд. л. 19,4.
Тираж 200 экз. Заказ .

Издатель и полиграфическое исполнение:
УО «Белорусский государственный технологический университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/227 от 20.03.2014.
Ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск.