

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

# ВОДОСНАБЖЕНИЕ, ХИМИЯ И ПРИКЛАДНАЯ ЭКОЛОГИЯ

Материалы Международной  
научно-практической конференции  
(Гомель, 22 марта 2023 г.)

*Под редакцией доктора технических наук, профессора Е. Ф. КУДИНОЙ*

Гомель 2023

УДК 628:543.3  
ББК 38.761  
В62

Редакционная коллегия:

**Е. Ф. Кудина** (отв. редактор), **О. К. Новикова** (зам. отв. редактора)  
**А. А. Михальченко** (отв. секретарь)

Рецензенты:

д-р техн. наук, профессор *Э. Т. Крутько* (БГТУ),  
канд. хим. наук, доцент *Е. В. Воробьева* (ГГУ им. Ф. Скорины)

**Водоснабжение, химия и прикладная экология** : материалы  
В62 Междунар. науч.-практ. конф. (Гомель, 22 марта, 2023 г.) / под. ред.  
Е. Ф. Кудиной ; М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус.  
гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2023. – 155 с.  
ISBN 978-985-891-111-9

Представлены материалы докладов по инновационным технологиям в области современного водоснабжения и водоотведения населенных пунктов и предприятий, физико-химическим и биологическим методам очистки воды, прикладной экологии, химии воды и экологическим аспектам охраны водных ресурсов, очистки сточных вод и цифровизации водоканалов.

Для преподавателей, студентов, магистрантов.

**УДК 628:543.3**  
**ББК 38.761**

**ISBN 978-985-891-111-9**

© Оформление. БелГУТ, 2023

## ОГЛАВЛЕНИЕ

### Пленарные доклады

<i>Савич В. В., Тарайкович А. М., Голодок Р. П., Вербицкий Д. Ю.</i> Аэрация воды трубчатыми и плоскими пористыми аэраторами .....	6
<i>Павлович И. В., Роденко А. В.</i> Современные методы моделирования и расчёта технологических процессов и сооружений биологической очистки сточных вод .....	10
<i>Невзорова А. Б.</i> Влияние климатических факторов на состояние иловых площадок .....	12
<i>Ковалёва О. В., Тимофеева Т. А., Ковзелев В. М.</i> Реализация ЦУР №6 «Чистая вода и санитария» .....	14
<i>Сивакова Н. В.</i> Особенности проектирования станций водоподготовки для населенных пунктов Республики Беларусь.....	16
<i>Коваленко В. Н.</i> Оптимизация работы систем подачи и распределения воды ..	18
<i>Михальченко А. А.</i> Переработка пластика в аддитивном производстве .....	21

### Секция 1 Водоснабжение и водоотведение

<i>Авдеенков П. П., Степанов С. В.</i> Очистка высококонцентрированных сточных вод предприятия глубокой переработки куриных яиц в реакторе периодического действия .....	24
<i>Баева Е. С.</i> Оценка применения энергосберегающих технологий при реконструкции очистных сооружений (на примере г. Бобруйска).....	27
<i>Барановская П. М.</i> Методы диагностики и обследования подземных водозаборов .....	29
<i>Белуосова Г. Н., Муравьёва Ю. В.</i> Технологические решения по водоподготовке в зданиях различного назначения .....	32
<i>Бондаренко Е. С.</i> Очистка подземных вод с высоким содержанием железа осажденными мембранами .....	34
<i>Вострова Р. Н., Грищенко А. В.</i> Применение биопрепаратов для удаления запахов при создании брикетов на основе ОСВ.....	36
<i>Вострова Р. Н., Роденко А. А.</i> Проблемы использования нетрадиционных видов топлива.....	39
<i>Вострова Р. Н., Поташко Д. В.</i> Использование альтернативных видов топлива – задача энергосбережения на городских очистных сооружениях....	41
<i>Вострова Р. Н., Лехота А. Н.</i> Возврат осадка сточных вод в народохозяйственный оборот.....	44
<i>Евдокимова А. В.</i> Оценка эффективности работы очистных сооружений г. Шклова.....	47
<i>Журо К. В., Серета Н. П.</i> Анализ системы канализации группы малых населенных пунктов .....	49
<i>Кайструк В. Б.</i> Анализ систем водоснабжения и канализации поселка городского типа.....	51
<i>Карпенко Д. П.</i> Особенности диагностики состояния канализационных сетей ....	53

<i>Клебеко П. А.</i> Технично-экономическое обоснование технологии получения модифицированных антрацитов для обезжелезивания подземных вод.....	57
<i>Клебеко П. А.</i> Технично-экономическое обоснование технологии очистки промывных вод станций обезжелезивания .....	59
<i>Ковалёва О. В., Карпенко А. Ф.</i> Состояние использования воды в Беларуси.....	62
<i>Ковалёва О. В., Тимофеева Т. А.</i> Оценка качества воды в децентрализованных источниках водоснабжения г. Гомель и Гомельского района .....	65
<i>Комаров М. А.</i> Получение синтетического гипса повышенной сортности на основе осадка коагуляции природных вод .....	67
<i>Комаров М. А.</i> Фотокаталитические материалы и коагулянт на основе фильтра синтеза синтетического гипса из осадка коагуляции природных вод... ..	69
<i>Комарова Е. В.</i> Разработка рекомендаций по устранению неприятных запахов с площадок складирования осадка .....	72
<i>Лавринович А. А.</i> Оценка эффективности работы очистных сооружений г. Жлобина .....	75
<i>Лупсякова Е. Н.</i> Обследование очистных сооружений г. Жлобина .....	78
<i>Невзорова А. Б., Невзоров В. В.</i> Значение гидравлического моделирования для устойчивой работы сетей водоснабжения .....	79
<i>Новикова О. К.</i> Неудовлетворительная работа вторичных отстойников: основные причины и пути их решения .....	82
<i>Осипенко Г. Л., Соколов А. С.</i> Водные экосистемы как методический элемент для повышения качества экологического образования и воспитания школьников .....	84
<i>Павловская К. С.</i> Обследование очистных сооружений г. Бобруйска .....	86
<i>Пилипенко М. В., Дубина А. В., Лихавицкий В. В.</i> Комбинирование ультразвуковой обработки и озонирования для очистки сточных вод .....	89
<i>Пилипенко М. В., Дубина А. В., Лихавицкий В. В.</i> Флотация озоном для очистки сточных вод красильных производств.....	91
<i>Радькова А. В.</i> Обследование системы водоснабжения д. Кулики Смиловичского сельсовета Червенского района Минской области .....	94
<i>Савков Н. А.</i> Зарубежный опыт использования ВМ-технологий в проектировании объектов водоснабжения и водоотведения .....	95
<i>Селюжицкая А. П.</i> Обеспеченность населения Гомельского района водой питьевого качества .....	98
<i>Слепцова К. А.</i> Основные направления реконструкции систем канализации группы населенных пунктов Новая Гута и Кравцовка .....	100
<i>Стрелков А. К., Теплых С. Ю.</i> Зависимость степени загрязненности поверхностных вод, поступающих с прилегающей территории железнодорожных путей.....	102
<i>Урицкая А. В.</i> Вакуумная канализация – инновационная технология для отведения сточных вод группы населенных пунктов Роги и Южная.....	104
<i>Филатова И. И.</i> ВМ-моделирование внутренних инженерных систем здания....	107
<i>Чикунова Е. А., Карпенко А. Ф.</i> Использование воды и образование сточных вод в условиях Гомельской области .....	109

## Секция 2 Химия воды и прикладная экология

<i>Боева А. С.</i> Исследование нитратного загрязнения децентрализованных источников питьевого водопользования Воронежской области.....	113
<i>Дочкина Ю. Н., Корчагин В. И.</i> Принципиальный подход к стабильному функционированию экосистемы биоценоза линии биологической очистки .....	116
<i>Ефимчик К. В., Кудина Е. Ф.</i> Экологические аспекты жизненного цикла полимерных композиционных материалов .....	118
<i>Жуковский Е. М.</i> Снижение негативного влияния автомобильных дорог на окружающую среду за счет учета тепловой энергии, выделяющейся при взаимодействии колес автомобиля с покрытием проезжей части .....	121
<i>Клепиков О. В., Пугачева И. Н., Молоканова Л. В.</i> Пути совершенствования системы мониторинга водных объектов .....	123
<i>Ковалёва О. В., Соколов А. С., Карпенко А. Ф.</i> Расширение теплой агроклиматической области на Беларуси.....	125
<i>Кудина Е. Ф., Приходько И. В., Гончаров Г. Р., Прищев П. А., Даие Предгар.</i> Влияние композитных материалов на окружающую среду: анализ современных проблем и перспектив развития .....	127
<i>Кудина Е. Ф., Приходько И. В., Курицын П. А.</i> Формирование безопасной производственной среды при работе с эпоксидными смолами и материалами на их основе .....	130
<i>Кудина Е. Ф., Ермолович О. А., Кобенко С. В.</i> Композиционные барьерные материалы на основе полиолефинов.....	133
<i>Лапицкий В. М.</i> К вопросу о качестве грунтовых вод вблизи Гомельского полигона твердых бытовых отходов.....	135
<i>Лапкина Е. В., Муравьева Ю.В.</i> Количественное определение ионов кадмия в сточных водах металлургического предприятия .....	137
<i>Лапкина Е. В.</i> Содержание тяжелых металлов в отходах процесса очистки сточных вод гальванического производства .....	138
<i>Моняк Т. М.</i> Анализ поверхности свойств сорбционных материалов на основе гальваношламов .....	140
<i>Попченко Л. А., Соколов А. С.</i> Превышение нормативов качества вод в реках бассейна реки Днепр в 2022 году .....	142
<i>Портной Е. Е.</i> Перспективные направления использования территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению .....	144
<i>Студеникина Л. Н., Мельников А. А.</i> Проблемы применения водорастворимых термопластов в контексте эффективности очистки сточных вод .....	147
<i>Чернышева Л. В.</i> Акмеологический подход к обучению химическим дисциплинам в техническом вузе .....	149
<i>Халасина Т. И.</i> Формирование радиоэкологической культуры студентов.....	153

## ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

---

УДК 628.1/621.762

### АЭРАЦИЯ ВОДЫ ТРУБЧАТЫМИ И ПЛОСКИМИ ПОРИСТЫМИ АЭРАТОРАМИ

*В. В. САВИЧ, А. М. ТАРАЙКОВИЧ, Р. П. ГОЛОДОК, Д. Ю. ВЕРБИЦКИЙ*  
*Институт порошковой металлургии им. академика О. В. Романа,*  
*г. Минск, Республика Беларусь*  
*savich.vadim@gmail.com*

**Актуальность.** В технологии очистки воды важную роль играют биохимические и физико-химические методы, в которых решающее значение имеют процессы тонкой диспергации газовой фазы (воздуха, кислорода, озонородной смеси и других газов) в воде с использованием аэраторов разных типов и конструкций. Диспергация воздуха применяется для обеспечения жизнедеятельности микроорганизмов, осуществляющих минерализацию растворенных в сточных водах органических веществ и других загрязнений, а также для перемешивания иловой смеси [1]. При очистке питьевой воды аэрация способствует удалению гидроксида железа, свободной углекислоты и сероводорода, а озонирование дополнительно обеззараживает и улучшает качество воды. Именно техническим уровнем систем аэрации определяется степень и качество очистки, а также технико-экономические показатели работы очистных сооружений. Диспергация газа в жидкости чаще всего осуществляется при помощи помещаемых на дно аэротенка или контактной камеры пористых аэраторов, через которые нагнетается газ [2].

**Целью работы** – сравнение технико-экономической эффективности очистки воды в целом при использовании для ее насыщения газом пористых трубчатых и плоских аэраторов.

**Основные результаты.** В качестве объекта исследований выбраны два типа аэраторов: трубчатый  $\text{Ø}120 \times 600$  мм и дисковый  $\text{Ø}290$  мм. Оба пористых аэратора получены прессованием и спеканием губчатого порошка титана марки ТПП-5 и имеют близкие пористость (0,38–0,41) и средние размеры пор (~150...180 мкм) [3]. Исследования процесса аэрации проводились в экспериментальной установке, разработанной в Институте порошковой металлургии НАН Беларуси и представляющей собой прозрачную емкость габаритами  $2000 \times 1000 \times 800$  мм, в которую до уровня 600–700 мм наливали чистую водопроводную воду, а на дне, в специальной оснастке, размещали поочередно исследуемые аэраторы [3]. К аэраторам через редуктор с плавной регулировкой подавали воздух от пневмосети, давление и расход которого фиксировали манометром и ротаметром. На рисунке 1 представлена генерация пузырьков воздуха в воде трубчатым и дисковым пористыми аэраторами.

а)



б)



Рисунок 1 – Генерация пузырьков воздуха в воде трубчатым (а) и дисковым (б) пористыми аэраторами, спеченными из губчатого порошка титана марки ТПП-5

Как видно из рисунка 1, а, трубчатые аэраторы имеют существенный недостаток – неэффективное использование поверхности, связанное с трубчатой формой. Во-первых, используется лишь 1/4–1/3 поверхности трубы выше горизонтальной диаметральной плоскости [4]. Во-вторых, пузырьки, выходящие из нижней части трубы, огибая ее поверхность при всплытии, коалесцируют, увеличиваясь в размерах, что приводит к резкому увеличению скорости всплытия, переходу на струйный режим движения и существенному уменьшению времени и поверхности контакта кислорода воздуха с жидкостью [4]. При этом дисковый аэратор использует всю свою поверхность для генерации пузырьков номинального размера.

Плоские пористые аэраторы по сравнению с другими распространенными типами имеют наименьшие затраты электроэнергии (таблица 1).

С 1987 года 2 тысячи пористых дисковых аэраторов из спеченного порошка титана ТПП-5 успешно эксплуатируются на очистной водопроводной станции города Минска без ремонтов и заметного ухудшения своих эксплуатационных характеристик. Общая производительность станции подготовки питьевой воды составляет 200 000 м<sup>3</sup>/сутки. Замена системы диспергирования с керамическими пористыми трубами «Aerolit» (фирма «Schumacher») на дисковые пористые титановые аэраторы позволила уменьшить на 14–17 % дозу и подачу озона при сохранении параметров очистки питьевой воды.

В таблице 2 приведено сравнение технико-экономических показателей из камер озонирования предприятия речного водозабора ПО «Минскводоканал» с импортными и отечественными аэраторами.

Применение пористых титановых дисковых аэраторов типа ПА-2 позволило не только снизить в 3 раза капитальные затраты, но и уменьшить на 40 % среднюю потребляемую воздуходувками мощность, сберечь значительное

количество энергоресурсов. В 1995–1996 гг. 5 тысяч аэраторов ПА-2 были установлены на Восточной водопроводной станции города Москвы производительностью 1200000 м<sup>3</sup>/сут. С начала 2000-х гг. на Восточную и Рублевскую водопроводные станции города Москвы было поставлено еще свыше 5000 тысяч аэраторов ПА-2-1.

Таблица 1 – Сравнение энергоэффективности различных систем аэрации при производительности станции аэрации 50000 м<sup>3</sup>/сутки [4]

Тип системы аэрации	Затраты электроэнергии, кВт/кг БПК <sub>5</sub>	Потребление электроэнергии, кВт·ч/сут
Плоские пористые аэраторы	0,47	2720
Механическиповерхностные аэраторы	0,78	3730
Трубчатые пористые аэраторы	0,79	3780
Перфорированные трубы	0,85	7000

Таблица 2 – Характеристика камеры озонирования питьевой воды ПО «Минскводоканал» с разными пористыми аэраторами

Тип аэратора и его изготовитель	AEROLIT, SCHUMACHER, ФРГ	ПА-2, ИПМ, Беларусь
Форма и размеры	Труба, Ø150×1000 мм	Диск, Ø190 мм
Материал	Керамика SiO <sub>2</sub> , связка	Порошок титана
Подача озоновооздушной смеси в камеру, м <sup>3</sup> /ч	1020–1200	800–960
Доза озона, г/м <sup>3</sup>	2,2–2,8	1,5–2,0
Количество аэраторов	240	480
Цена аэратора (в 1986 г.), у.е.	128,59	21,35
Капитальные затраты, у.е.	30861,6	10248,0
Потребляемая воздуходувкой мощность, кВт	70–80	55–60

**Выводы.** Пористые дисковые аэраторы типа ПА-2, ПА-2-1, полученные прессованием и спеканием губчатого порошка титана, разработанные и изготовленные в Институте порошковой металлургии имени академика О. В. Романа, проработали в камерах озонирования очистной водопроводной станции города Минска с 1987 по 2003 год без замены и ремонтов при сохранении показателей очистки воды. Замена аэраторами ПА-2 пористых керамических труб AEROLIT фирмы SCHUMACHER (ФРГ) позволила уменьшить на 14–17 % дозу озона и подачу озоновооздушной смеси при сохранении параметров очистки питьевой воды, уменьшить почти на 40 % среднюю потребляемую

воздуходувками мощность, сберечь значительное количество энергоресурсов. Снижение эксплуатационных характеристик аэраторов ПА-2 обусловлено осаждением соединений железа на поверхности и в порах титанового диска. Химическая регенерация позволила восстановить проницаемость и размеры пор у ~30 % пористых дисков. Однако механическая прочность дисков при этом оказалась в 2,0–2,5 раза ниже, чем у новых, что связано с длительной коррозией межчастичных контактов под действием озонородной смеси и воды, а также коррозией при обработке растворами в процессе регенерации [5]. Совершенствуя и оптимизируя аэрационные системы путем замены пористых аэраторов старых типов на современные дисковые, можно достичь существенной экономии электроэнергии на очистку сточных вод без значительных капитальных затрат на реконструкцию действующих очистных сооружений. При этом пористые аэраторы из порошка титана, не смотря на их высокую стоимость, имеют ресурс, на порядок превышающий ресурс полимерных аэраторов, что, также обеспечивает экономию за счет сокращения объемов строительно-монтажных работ, простоев при ремонте и обслуживании аэротенков.

#### Список литературы

- 1 **Кудина, Е. Ф.** Химия и микробиология воды : учеб. пособие / Е. Ф. Кудина, О. А. Ермолович, Ю. М. Плескачевский ; под ред. Ю. М. Плескачевского, А. С. Неверова. – Гомель : БелГУТ, 2010. – 335 с.
- 2 **Жерноклев, А. К.** Аэрация и озонирование в процессах очистки воды / А. К. Жерноклев, Л. П. Пилинович, В. В. Савич ; под ред. Н. В. Холодинской. – Минск : Тонпик, 2002. – 129 с.
- 3 **Радкевич, И. Л.** Аэраторы и системы аэрации / И. Л. Радкевич // Вода. – 1997. – № 7. – С. 4–7.
- 4 **Непаридзе, Р. Ш.** Мелкопузырчатая система аэрации сточных вод в аэротенках / Р. Ш. Непаридзе // Водоснабжение и санитарная техника. – 2004. – № 2. – С. 12–16.
- 5 Пористые аэраторы из порошков металлов. Опыт применения в системах очистки питьевой и сточной воды / А. Ф. Ильющенко [и др.] // Экологическая и техногенная безопасность. Охрана водного и воздушного бассейнов. Утилизация отходов : сб. науч. трудов XIX междунар. науч.-техн. конф. ; под ред. В. Ф. Костенко, Д. Н. Почецкого. – Харьков : УкрВОДГЕО, 2012. – С. 163–176.

#### WATER AERATION WITH TUBULAR AND FLAT POROUS AERATORS

*V. V. SAVICH, A. M. TARAIOVICH, R. P. GOLODOK, D. YU. VERBITSKY*  
*Institute of Powder Metallurgy named after Academician O. V. Roman, Minsk, Republic of Belarus*

## СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ И РАСЧЁТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И СООРУЖЕНИЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

*И. В. ПАВЛОВИЧ, А. В. РОДЕНКО*  
*ООО «ГЕФЛИС», г. Гомель, Республика Беларусь,*  
*geflics2013@yandex.ru*

**Актуальность.** Сооружения биологической очистки сточных вод (аэротенки) являются самыми распространёнными и эффективными для очистки городских и промышленных сточных вод от загрязняющих веществ, подверженных биохимическому разложению. В условиях ужесточения требований к очищенным сточным водам основным мероприятием по повышению качества очистки на очистных сооружениях является перевод их на технологии удаления азота и фосфора [1]. Результат этой работы во многом зависит от того, насколько правильно будут выполнены технологические расчёты будущих сооружений. Наиболее актуальной задачей в области проектирования сооружений биологической очистки сточных вод является внедрение современных технологий, в том числе компьютерного моделирования и расчёта технологических процессов, которые позволят наиболее полно и точно описывать происходящие процессы в проектируемых сооружениях, прогнозировать результаты, а также анализировать работу существующих сооружений в текущих условиях.

**Цель работы** – сравнительный анализ современных и наиболее применяемых методик расчёта сооружений биологической очистки и оценка целесообразности их применения при компьютерном моделировании технологических процессов и сооружений биологической очистки сточных вод.

**Основные результаты.** Методики расчёта процессов и сооружений биологической очистки сточных вод подразделяются на эмпирические и теоретические (математические).

*Эмпирические* модели представляют собой результаты анализа массива данных, полученных в ходе экспериментов и измерений. В результате такого анализа выявляется влияние одних величин на другие, выводятся соответствующие корреляционные зависимости, графики и таблицы. Главными недостатками эмпирических моделей являются их применимость только для тех условий, для которых эта модель была подобрана, а также необходимость проведения большого количества измерений для уточнения каких-либо параметра модели.

*Теоретические* модели описывают процессы биологической очистки сточных вод с помощью формул ферментативной кинетики. Теоретический подход не требует избыточного набора опытных данных, так как параметры

модели имеют физический, химический и биологический смысл и могут быть определены (измерены) непосредственно, что, в свою очередь, является гарантией работоспособности данной модели в широком диапазоне исходных данных.

Наиболее известной эмпирической моделью является «*Standard ATV-DVWK-A131 E. Dimension of Single-Stage Activated Sludge Plants 2000*». Данная модель была разработана в Германии и не позволяет выполнять расчёт сооружений биологической очистки с глубоким удалением азота [2].

Применяемые в Республике Беларусь методики расчёта [3] являются эмпирическими моделями. Они предназначены для определения минимального объема и не позволяют смоделировать процесс очистки в существующих сооружениях. Удельные скорости окисления загрязняющих веществ, как и прочие коэффициенты, принимаются по таблицам в соответствии с типом сточных вод, что не позволяет учесть особенностей конкретного объекта.

К классу теоретических моделей относятся методика ВОДГЕО/СамГТУ, разработанная НИИ ВОДГЕО и кафедрой «Водоснабжение и водоотведение» Самарского государственного технического университета, и семейство моделей ASM, разработанных Международной водной ассоциацией (IWA).

Методика расчёта ВОДГЕО/СамГТУ позволяет выполнять расчёт аэротенков с нитри- денитрификацией и биологическим удалением фосфора как городских, так и промышленных сточных вод, определять степень очистки не только по БПК<sub>5</sub> и соединениям азота, но и по другим, индивидуальным компонентам загрязнений (нефтепродукты, СПАВ, жиры и др.). Основа методики – исследования, проведённые на лабораторных и пилотных установках на различных городских и промышленных сточных водах [4].

Модели ASM (*ASM1*, *ASM2*, *ASM2d*, *ASM3*) являются самыми продвинутыми и популярными моделями активного ила, проверенными временем на множестве очистных сооружений. Наиболее известной и полной математической моделью работы активного ила является модель *ASM3*, дополненная модулем биологического удаления фосфора. Данная модель была протестирована на ряде объектов с хорошими результатами [5]. Также модели *ASM2d* и *ASM3* активно используются компанией *SUEZ* [6].

**Выводы.** Сравнительный анализ современных методов моделирования и расчёта технологических процессов и сооружений биологической очистки сточных вод показал, что эмпирические модели непригодны для компьютерного моделирования биологических процессов в аэротенках. Теоретические (математические) модели требуют высокой квалификации технолога для корректного определения значений констант в уравнениях в зависимости от типа и особенностей сточных вод. Самыми известными и проверенными теоретическими моделями являются модели *ASM3* и *ASM2d*.

## Список литературы

- 1 Новикова, О. К. Технология очистки сточных вод : учеб. пособие / О. К. Новикова. – Гомель : БелГУТ, 2020. – 306 с.
- 2 Харькина, О. В. Методы расчёта сооружений биологической очистки: сравнительный анализ / О. В. Харькина // НДТ. – 2021. – № 6. – С. 50–62.
- 3 П1-2019 к ТКП 45.4.01-321-2018 (33020) / Канализация. Наружные сети и сооружения ; рук. разработ. : В. Н. Ануфриев. – Минск : Стройтехнорм, 2020. – 128 с.
- 4 Швецов, В. И. Расчёт сооружений биологической очистки городских и производственных сточных вод в аэротенках с удалением биогенных элементов / В. И. Швецов, К. М. Морозова, С. В. Степанов // ВСТ. – 2018. – № 9. – С. 26–38.
- 5 Мешенгиссер, Ю. М. Ретехнологизация сооружений очистки сточных вод / Ю. М. Мешенгиссер. – М. : Вокруг цвета, 2012. – 211 с.
- 6 Харькина, О. В. Подходы к расчёту сооружений биологической очистки сточных вод, обеспечивающие стабильное качество очистки: опыт компании SUEZ / О. В. Харькина, Р. Р. Закиев // НДТ. – 2020. – № 6. – С. 55–63.

### MODERN METHODS OF MODELING AND CALCULATION OF TECHNOLOGICAL PROCESSES AND STRUCTURES BIOLOGICAL WASTEWATER TREATMENT

*I. V. PAVLOVICH, A. V. RODENKO  
OOO «GEFLIS», Gomel, Republic of Belarus*

УДК 628.144:004.94(075.8)

### ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА СОСТОЯНИЕ ИЛОВЫХ ПЛОЩАДОК

*А. Б. НЕВЗОРОВА  
Гомельский государственный технический университет  
им. П. О. Сухого, Республика Беларусь  
anevzorova@gstu.by*

**Актуальность.** Перспективы использования солнечной энергии, способствующей снижению капитальных затрат на обработку осадков сточных вод в естественных условиях, обеспечивают лидерство в выборе природно-технических систем обработки осадков сточных вод – иловых площадок (карт) [1]. Отличительной чертой функционирования иловых площадок является прямая зависимость режима их эксплуатации от климатической нагрузки ( $\mu$ ) – совокупного влияния среднегодовых значений температуры воздуха и атмосферных осадков. Увеличение атмосферных осадков может способствовать потере эксплуатационных и природозащитных свойств природно-технических систем обработки осадков сточных вод, спроектирован-

ных и эксплуатировавшихся согласно нормативным требованиям. Установлено, что скорость сушки ила зависит от дефицита влажности и скорости ветра над поверхностью площадки и описывается уравнением Зайкова, а скорость испарения практически не зависит от влажности осадка в интервале от 55 до 100 %. Образование слоя на поверхности осадка с влажностью ниже 55 % в 4 раза снижает скорость испарения.

**Основные результаты.** Экспериментально установлено, что лучшими водоотдающими свойствами обладает осадок, замороженный при небольших отрицательных температурах, характеризующихся низкими скоростями движения фронта льда. За период 1981–2022 гг. на сети станций гидрометеорологических наблюдений Беларуси было зарегистрировано 1027 опасных гидрометеорологических явлений (ОГЯ) [2]. Из них ущерб отраслям экономики и населению нанесли 528 явлений (58 %). Такой относительно невысокий удельный вес ОГЯ, нанесших ущерб, объясняется отсутствием донесений об ущербе: если он был незначителен либо наблюдалось явление в относительно малонаселенной местности. Также значение имеет пространственное распределение некоторых видов ОГЯ.

Наибольшее воздействие ОГЯ на сооружения очистки сточных вод и иловые площадки оказывают очень сильные дожди и ливни, ветер (в том числе шквал), град и сильная жара. Как известно, очень высокие температуры воздуха в сочетании с небольшим количеством осадков или их полным отсутствием способствуют возникновению засушливых условий и угнетению роста бактерий либо их гибели. Воздействие осадков, достигших критериев ОГЯ, как правило, отмечается на большей территории. Опасные осадки приводят к размыванию границ иловых площадок и к угрозе загрязнения близлежащего лесного массива и поверхностных подземных вод.

**Выводы.** Согласно данным моделирования будущих значений климатических переменных, на территории Беларуси ожидается сохранение текущих тенденций, в частности, высокой скорости роста температуры воздуха. С высокой степенью вероятности уже к 2030–2039 гг. среднегодовая температура воздуха возрастет на 1,0–2,0 °С, что повлечет за собой дальнейшее увеличение повторяемости волн тепла, изменение продолжительности сезонов года, увеличение количества жарких дней и т. д. Также с высокой степенью вероятности ожидается увеличение годовых сумм осадков, но сохранится тенденция снижения сумм осадков в отдельные месяцы года, что в сочетании с ростом температуры воздуха приведет к увеличению повторяемости атмосферных засух, особенно в июне и августе. Учитывая вышеперечисленные особенности текущих и будущих изменений климата, погодно-климатические риски будут возрастать. Ожидается рост уязвимости территории Беларуси от медленных климатических изменений и ОГЯ.

## Список литературы

1 Невзорова, А. Б. Влияние изменения климата на сферу обращения с активным илом сточных вод : [монография] / А. Б. Невзорова. – Гомель : ГГТУ им. П.О. Сухого, 2022. – 109 с.

2 Климатическая характеристика 2022 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://belgidromet.by/ru/climatolog-ru/view/klimaticheskaja-karakteristika-2022-goda-6400-2023/>. – Дата доступа : 10.03.2023

## INFLUENCE OF CLIMATIC FACTORS ON WASTEWATER SLUDGE SITES

A. B. NEUZORAVA

*Sukhoi State Technical University of Gomel, Republic of Belarus*

УДК 556.11 (476.2)

## РЕАЛИЗАЦИЯ ЦУР № 6 «ЧИСТАЯ ВОДА И САНИТАРИЯ»

*О. В. КОВАЛЁВА<sup>1</sup>, Т. А. ТИМОФЕЕВА<sup>1</sup>, В. М. КОВЗЕЛЕВ<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины,  
Республика Беларусь*

*sanakovaleva@mail.ru, myshlion@mail.ru*

*<sup>2</sup>Гомельская областная ассоциация детей и молодежи (АСДЕМО),  
Республика Беларусь*

**Актуальность.** В Гомельской области насчитывается порядка 6000 колодцев, являющихся практически единственными источниками питьевого водоснабжения в сельской местности, и около 260 родников, вода 60 из которых используется местными жителями в качестве питьевой и лечебной. Качество воды в указанных источниках зачастую не соответствует санитарно-гигиеническим требованиям. К тому же родники не являются источниками водоснабжения.

**Цель работы** – проведение информационно-пропагандистской работы среди населения с целью повышения уровня знаний о вреде загрязненной воды для здоровья человека и для привлечения общественности к благоустройству территорий, близлежащих к источникам нецентрализованного питьевого водоснабжения.

**Основные результаты.** Проведены исследования качества воды более 80 колодцев на содержание железа общего, азота нитритного и азота нитратного. Результаты исследований оформлены в виде протоколов и представлены жителям, местным органам власти и экологическим службам. На основании проведенных исследований разработан план мероприятий, созданы инициативные группы и осуществляется активная работа над улучшением экологического состояния и благоустройства родников и колодцев (рисунок 1).

а)



б)



в)



Рисунок 1 – Благоустройство родников:  
до (а), процесс благоустройства (б), после (в)

При разработке программы устойчивого развития Гомельского района нами предложено включить в указанный документ в качестве задачи улучшение состояния источников нецентрализованного питьевого водоснабжения. Среди других видов нашей деятельности стоит отметить следующие: мониторинговые исследования качества воды родников, колодцев, водоемов Гомельской и Могилевской областей; выступление в качестве экспертов при обсуждении плана управления бассейном р. Припять; организация и проведение конкурсов творческих работ «Сохраним источники жизни», «Родник спасения»; проведение семинаров по защите водных ресурсов в учреждениях высшего образования, в исправительных учреждениях, в средних общеобразовательных школах Гомельской и Могилевской областей, в особо охраняемых природных территориях; организация и проведение акций-семинаров «В капле воды отражается мир», «Проблемы чистой воды»; уборка и благоустройство прибрежных территорий водоемов в черте г. Гомель; проведение сессий по проблемам защиты водных ресурсов, загрязнения воздуха и почвы,

накопления мусора в сельской местности; проведение консультаций по сохранению водных ресурсов на территории Гомельской области в рамках Водной программы коалиции «Чистая Балтика» в Беларуси и многие другие.

Результаты деятельности активно внедряются в учебный процесс и научно-исследовательскую работу студентов. Так, работы «Применение различных методик для оценки качества малых рек бассейна Днепра на территории Гомельской области» и «Экологическая оценка городских и пригородных родников г. Гомеля и г. Могилева» удостоена дипломов 2 и 3 категорий соответственно на Республиканском конкурсе научных работ студентов Республики Беларусь. Мы продолжаем работу по активизации общественности в принятии решений для улучшения качества питьевой воды, проводим семинары, круглые столы, вносим предложения в изменения нормативных актов. Отрадно замечать положительные результаты нашей работы – жители не только начали обращаться к нам за помощью, но и сами стали принимать активное участие в принятии решений по развитию своих населенных пунктов, в частности, по повышению качества питьевой воды.

## **IMPLEMENTATION OF SDG 6 «CLEAN WATER AND SANITATION»**

*O. V. KOVALEVA<sup>1</sup>, T. A. TIMOFEEVA<sup>1</sup>, V. M. KOVZELEV<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Francisk Skorina Gomel State University, Republic of Belarus*

*<sup>2</sup>Gomel Association of Children and Youth, Republic of Belarus*

УДК 628.16

## **ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТАНЦИЙ ВОДОПОДГОТОВКИ ДЛЯ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

*Н. В. СИВАКОВА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель  
smirnovanatasha123457890@mail.ru*

**Актуальность.** Несоответствие качества подземных вод, обеспечивающих хозяйственно-питьевые нужды водопотребителей Республики Беларусь, в первую очередь обусловлено природными факторами [1]. Поэтому при подборе метода водоподготовки следует учитывать отличия в генезисе и формировании подземных вод.

**Целью работы** – анализ факторов, оказывающих влияние на выбор метода водоподготовки. Объектом исследования являются водоносные горизонты в н. п. Глушковичи Лельчицкого района, скважины Рогачевского и Жлобинского района.

**Основные результаты.** Насыщенность природных вод Припятского гидрогеологического бассейна (пространственно совпадает с Припятским прогибом) органическим веществом, в частности гуминовыми кислотами,

затрудняет доведение качества подземной воды по таким показателям как цветность, мутность, запах, перманганатная окисляемость, железо общее и марганец до значений предельно-допустимых концентраций.

Сложные гидрогеологические и гидрогеохимические условия формирования подземных вод в районе н. п. Глушковичи Лельчицкого района, обуславливают повышенные концентрации по показателям железо общее, марганец, перманганатная окисляемость. Пробуренные в 2005–2006 гг. скважины в н.п. Глушковичи с целью эксплуатации *водоносного киевского терригенного горизонта* (*р<sub>2</sub>кв*), (интервал залегания водовмещающих пород 48–55 м), не были введены в эксплуатацию вследствие повышенного содержания следующих показателей: цветность (до 108 град), мутность (до 30 мг/л), железо общее (11,5–12,0 мг/л). Принятый в эксплуатацию водоносный горизонт подстилается продуктами выветривания кристаллического фундамента в виде каолинизированных глин, а в толще водовмещающих пород отмечены сильно гумусированные разности песков, прослой углистых образований и бурых углей.

В 2021 г. УП «Полимерконструкция» предложена установка станции водоподготовки с двухступенчатой схемой очистки воды, предусматривающей на 1-й ступени удаление железа методом упрощенной аэрации, с последующим окислением в контактной камере методом озонирования, далее доочистка происходит в фильтрах 2-й ступени, где в качестве фильтрующей загрузки используется активированный уголь [2].

В 2022 г. ООО «АМАЗОН» на основании проведённых пробных испытаний выполнен подбор схемы водоподготовки, основанной на двухступенчатой схеме очистки воды, с добавлением перед 1-й ступенью очистки раствора гипохлорита натрия и применением мультимедийной загрузки на второй ступени, 80 % составляет Сорбент АС, 20 % – Феролокс [2].

В качестве примера по подбору метода водоподготовки также рассмотрены скважины Рогачевского района Гомельской области, пробуренные с целью эксплуатации основных водоносных горизонтов *Орианского гидрогеологического бассейна* (в геолого-структурном отношении соотносится с юго-западным окончанием Московской синеклизы). Качество подземных вод эксплуатационного водоносного киевского терригенного горизонта (*р<sub>2</sub>кв*), интервал залегания 36–50 м, характеризуется повышенным содержанием по показателям: мутность (до 2,96 мг/л), запах и вкус (на граничных условиях – 2, однако отмечен сероводородный характерный запах), перманганатная окисляемость (около 5 мг/л), железо общее (до 1,5 мг/л).

По результатам опытно-экспериментальных исследований, в качестве фильтрующей загрузки специалистами ОАО «Гомельпромбурвод» приняты сорбенты ОДМ–2Ф совместно с ОДМ–5Ф; в связи с наличием запаха сероводорода и для исключения превышения показателя перманганатная окисляемость рекомендовано включить в работу установку гипохлорита натрия.

*Жлобинский гидрогеологический район* (находится в пределах Жлобинской седловины). Подземные воды *водоносного березинского-днепровского водно-ледникового комплекса (f, lgIbr-IId)* (интервал залегания 17–41 м) не соответствуют нормативным требованиям по показателям: цветность (до 25 град), мутность (до 2,75 мг/л), железо общее (до 2,46 мг/л).

По результатам опытных исследований в 2022 г. специалистами ОАО «Гомельпромбурвод» в качестве основной фильтрующей загрузки для фильтров рекомендован кварцевый песок (природный мономинеральный материал), как дополнительный фильтрующий материал для увеличения каталитических свойств – *Pyrolox Advantage*.

**Выводы.** Выбор метода водоподготовки подземных вод должен базироваться на глубоком анализе геохимии подземных вод, включая процессы формирования и изменения химического состава этих вод.

Оптимально подобранная технологическая схема водоподготовки с учетом анализа геохимии подземных вод обеспечит доведение качества воды перед подачей водопотребителю до требований СанПиН, установленных в Республике Беларусь.

#### Список литературы

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

2 ООО «АМАЗОН». Отчет о проведении работ по пробному обезжелезиванию и доведению артезианской воды до норм СанПиН 10-124-99 РБ в н. п. Глушковичи Лельчицкого района Гомельской области // ООО «АМАЗОН». – Минск, 2022 г. – С. 24.

#### FEATURES OF DESIGNING WATER TREATMENT STATIONS FOR SETTLEMENTS OF THE REPUBLIC OF BELARUS

*N. V. SIVAKOVA*

*Belarusian State University of Transport, Gomel*

УДК 628.1.004.658.5

#### ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ СИСТЕМ ПОДАЧИ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВОДЫ

*В. Н. КОВАЛЕНКО*

*ООО «ПроГИС», г. Минск, Республика Беларусь*

*kovallby@gmail.com*

**Актуальность темы.** Вода – один из основных компонентов окружающей среды, поддерживающих биоразнообразие на Земле; человечеством вода используется во всех видах хозяйственно-бытовой и производственной дея-

тельности [1]. В эпоху массовой урбанизации населённых мест увеличивается протяжённость системы подачи и распределения воды (далее – СПРВ) для обеспечения всех потребителей чистой питьевой водой. Тем не менее СПРВ на постоянной основе подвергаются непрерывному неравномерному износу, что приводит к разгерметизации водопроводной сети: возникновению порывов, трещин, свищей, что в общей мере формирует значительные потери воды и снижение эффективности работы системы в целом [3]. Основным фактором, ускоряющим темп износа элементов СПРВ является давление, поскольку оно предопределяет тип, площадь повреждения, и объём теряемой воды за единицу времени. В среднем непроизводительные потери у предприятий эксплуатирующих СПРВ составляют порядка 12 % [1]. В аспекте действующей социальной политики по сбережению водных ресурсов и снижению расхода питьевой воды ситуация постоянно усугубляется, поскольку расход снижается, а напор увеличивается, при этом формируя новые места повреждений и возникновений утечек.

**Цель работы** – анализ влияния напоров в водопроводной сети на объём теряемой воды через отверстие 50 мм (условное место разгерметизации трубопровода) для вычисления наиболее оптимального напора, и повышения общей надёжности работы СПРВ, и снижения непроизводительных потерь и утечек в водопроводной сети.

**Основные результаты.** Установлено, что снижение давления в сети позволит уменьшить объём теряемой воды на 7,5–29 % от текущих потерь.

Для определения потерь воды  $Q$ , м<sup>3</sup>/с, применялось уравнение Торричелли для круглого отверстия в трубе

$$Q = \mu \omega \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot (H_1 - H_2)}, \quad (1)$$

где  $\mu$  – коэффициент расхода, для круглого отверстия составляет 0,62 [2];  $\omega$  – площадь отверстия, м<sup>2</sup>. Принимается отверстие диаметром 50 мм, площадь отверстия 0,002 м<sup>2</sup>;  $H_1$  – давление в трубопроводе, м вод. ст.;  $H_2$  – давление в окружающей среде, принимается 10 м вод. ст.

Эффект снижения потерь воды  $\Xi$ , %,

$$\Xi = \frac{Q_{Нд} - Q_{Нп}}{Q_{Нд}} \cdot 100 \%, \quad (2)$$

где  $Q_{Нд}$ ,  $Q_{Нп}$  – расходы воды в точке до и после снижения давления, л/с.

Результаты расчёта потерь воды при снижении напора сети на 10 м вод. ст. представлены на рисунке 1 и в таблице 1.

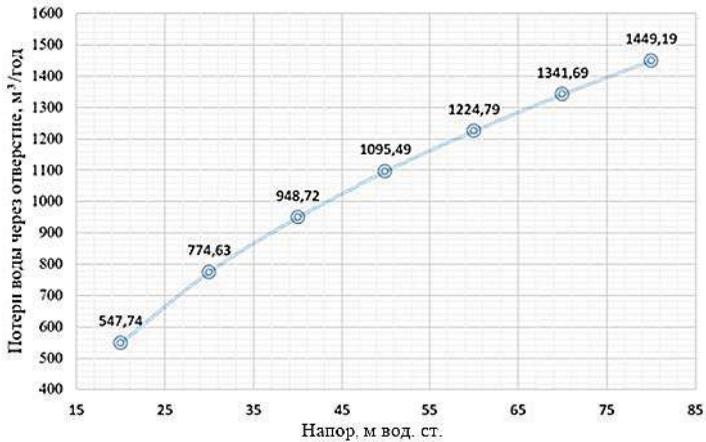


Рисунок 1 – Снижение потерь воды в сети при уменьшении напора

Таблица 1 – Снижение потерь воды при уменьшении напора в сети

Напор в узле, м вод. ст.	Потери воды через отверстие			Снижение потерь воды			Эффект снижения потерь, %
	м³/с	м³/ч	м³/год	м³/с	м³/ч	м³/год	
80	0,0460	0,1654	1449,19	0,0034	0,0123	107,501	7,61
70	0,0425	0,1532	1341,69				
60	0,0388	0,1398	1224,79	0,0037	0,0133	116,901	8,71
50	0,0347	0,1251	1095,49				
40	0,0301	0,1083	948,72	0,004	0,0148	129,305	10,56
30	0,0246	0,0884	774,63	0,0046	0,0167	146,768	13,40
20	0,0174	0,0625	547,74	0,0055	0,0199	174,094	18,35
				0,0073	0,0259	226,883	29,29

**Выводы.** Ключевой причиной высокой аварийности и значительных потерь воды в системах подачи и распределения воды является давление. В водопроводной сети рационально поддерживать давление в диапазоне от 25 до 35 м вод. ст. для обеспечения снижения потерь воды и предотвращения образования новых утечек и повреждений. Для абонентов и потребителей воды, у которых требуемый напор выше 35 м вод. ст., рекомендуется установить повысительные насосные агрегаты.

## Список литературы

1 Храменков, С. В. Стратегия модернизации водопроводной сети / С. В. Храменков. – М. : Стройиздат, 2005. – 400 с.

2 Об установлении нормативов потерь тепловой энергии, потерь и неучтенных расходов воды [Электронный ресурс] / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Режим доступа : <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=R922o0118053&p1=1>. – Дата доступа : 11.03.2023.

3 Коваленко, В. Н. О моделировании работы сетей водоснабжения в географической информационной системе ZuluGIS / В. Н. Коваленко, Р. Н. Вострова, Ю. В. Муравьёва. // Тенденции и проблемы развития наук о Земле в современном мире : Междунар. науч.-практ. конф. (Гомель, 6-7 окт. 2022 г.). – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2022. – С. 282–285.

## OPTIMIZATION OF SYSTEM OPERATION WATER SUPPLY AND DISTRIBUTION

V. N. KOVALENKO

Limited Liability Company "ProGIS", Minsk, Republic of Belarus

УДК 628.477.6

## ПЕРЕРАБОТКА ПЛАСТИКА В АДДИТИВНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

A. A. МИХАЛЬЧЕНКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель  
[aleks.mikhalchenko@mail.ru](mailto:aleks.mikhalchenko@mail.ru)

**Актуальность.** В последнее время проблема переработки пластика стала одним из важнейших вопросов охраны окружающей среды и обращения с отходами. Полимерные материалы нашли применение во многих областях повседневной жизни и промышленности. Наряду с их расширенным использованием возникает проблема переработки пластиковых отходов, поскольку после использования они становятся стойкими к разложению и вредными отходами.

**Цель работы** – оценка возможности повторного потребления полимерных материалов для эффективного использования отходов для получения расходных материалов.

Пригодные для печати филаменты могут быть изготовлены из различных термопластичных материалов, в том числе из материалов, полученных в процессе рециркуляции [1].

**Основные результаты.** В последние годы мировое производство изделий из пластика значительно увеличилось. Полимеры, используемые для производства, в основном не разлагаются и остаются в ландшафте в течение

многих сотен лет. По этой причине загрязнение окружающей среды, связанное с этим видом отходов, является серьезной проблемой. В настоящее время до 80 % пластиковых отходов находится на свалках, и лишь несколько процентов перерабатываются. Основным ограничением, связанным с повторным использованием материала, является проблема потери свойств после многократной переработки.

В 2022 году на базе лаборатории университета ГГТУ им. П. О. Сухого были проведены экспериментальные исследования, заключающиеся в переработке бутылочного ПЭТ-пластика в филамент для печати.

На первом этапе переработки материал отделяется и промывается, а затем измельчается пластик. На следующем этапе измельченный материал экструдирован при высокой температуре (температура устанавливается в зависимости от типа полимера). Подготовленная нить вставляется в 3D-принтер. Напечатанный элемент подвергается анализу (механические, реологические и структурные свойства). Тестируемый образец снова измельчают. В случае модифицирования материала появляется дополнительный этап: в первом случае в смешанный материал добавляют дополнительный компонент и связующее (например, силиконовое масло) и затем экструдирован; во втором случае измельченный элемент растворяют в органическом растворителе с дополнительным армирующим компонентом, растворитель выпаривают и измельченный материал экструдирован [2].

Филамент, полученный в результате переработки бутылочного ПЭТ-пластика, прошел испытания на разрыв. Максимальная нагрузка, которую выдержали образцы из переработанного пластика, составила 2,2 МПа.

По итогам испытаний можно сделать заключение, что филамент, изготовленный из переработанного пластика, может использоваться для печати изделий, не требующих строгих критериев к качеству.

Аддитивное производство при переработке полимеров может происходить с одновременным улучшением термических, механических и трибологических свойств материалов за счет формирования композитов, представляющих собой полимерную матрицу, армированную волокном, керамикой, металлом или стеклом.

**Выводы.** Пластмассы не подвержены биодegradации, а их разложение приводит к дополнительному загрязнению окружающей среды. Переработка является наиболее выгодным методом повышения ценности пластика, бывшего в употреблении, и позволяет изготовить пригодные для печати филаменты, соответствующие необходимым физико-механическим свойствам.

### Список литературы

1 Михальченко, А. А. Вторичный пластик из ПЭТ-бутылок как основа филаментов для 3d-печати / А. А. Михальченко // Современные проблемы природопользова-

ния и природообустройства : сб. тезисов докладов Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, посвящ. 50-летию кафедры природообустройства, (Брест, 6–7 октября 2022 г.) ; редкол. : А. А. Волчек [и др.] ; науч. ред. А. А. Волчек, О. П. Мешик. – Брест : БрГТУ, 2022. – С. 35.

2 **Михальченко, А. А.** Перероблені полімери для 3d-друку / А. А. Михальченко // Сучасні комп'ютерні системи та мережі в управлінні : матеріали V Всеукраїнської наук.-практ. інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих : зб. наук. пр. / під ред. А. А. Григорової. – Херсон : ФОП Вишемирський, 2022. – С. 62–64.

## **PLASTIC RECYCLING IN ADDITIVE MANUFACTURING**

*A. A. MIKHALCHENKO*

*Belarusian State University of Transport, Gomel*

УДК 628.3

**ОЧИСТКА ВЫСОКОКОНЦЕНТРИРОВАННЫХ СТОЧНЫХ ВОД  
ПРЕДПРИЯТИЯ ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ КУРИНЫХ ЯИЦ  
В РЕАКТОРЕ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ**

*П. П. АВДЕЕНКОВ, С. В. СТЕПАНОВ*  
*Самарский государственный технический университет,*  
*Российская Федерация*  
*avdeenkovpp@mail.ru, stepanovsv3@yandex.ru*

**Актуальность.** Исследование работы реакторов периодического действия *SBR* (*sequencing batch reactor*) обусловлено их повсеместным распространением и значительным расширением сферы использования. Основным преимуществом данной технологии является значительное сокращение площади застройки [1]. В Российской Федерации данная технология успешно применяется на предприятиях глубокой переработки зерна, производства сублимированного кофе, кормов для домашних животных, йогуртов, на сыроваренных заводах и рыбоконсервных комбинатах [2, 3]. При этом сточные воды предприятий глубокой переработки яиц, характеризующиеся высокими концентрациями органических веществ (ХПК – 3,5–12,0 г/л; БПК<sub>полн</sub> – 2,5–8,5 г/л), никогда ранее в *SBR*-реакторах не очищались.

**Цель работы** – технологическая оценка перспективности применения биологической очистки сточных вод предприятия глубокой переработки куриных яиц.

**Основные результаты.** Исследования биологической очистки были проведены в лабораторном реакторе периодического действия полезным объемом 5 л, оборудованном аэраторами, мешалкой, пробоотборниками. В зависимости от целей опыта циклы работы реактора включали только аэробную фазу, анаэробную и аэробную фазы или по две чередующиеся анаэробные и аэробные фазы различной длительности. Продолжительность седиментации была принята 60 мин на основании предварительного эксперимента по отстаиванию иловой смеси. Декантация очищенной воды занимала не более 1 мин. Работа установки контролировалась методом ежечасного отбора иловой смеси объемом 100 мл.

Результаты работы реактора периодического действия при двойном чередовании анаэробных и аэробных фаз одной из серии опытов представлены на рисунке 1.

Цикл очистки начинался с загрузки 0,5 л сточной воды. В результате смешения с активным илом исходные концентрации в реакторе составили, мг/л: ХПК – 785,4; N-NH<sub>4</sub> – 1,82; N-NO<sub>2</sub> – 0,05; N-NO<sub>3</sub> – 24,81; P-PO<sub>4</sub> – 4,1. Температура иловой смеси в реакторе изменялась от 16,3 до 17,1 °С, pH от 8,1 до 8,54. Реактор работал при дозе ила 5,73 г/л, нагрузке по ХПК 0,12 г/(г·сут).

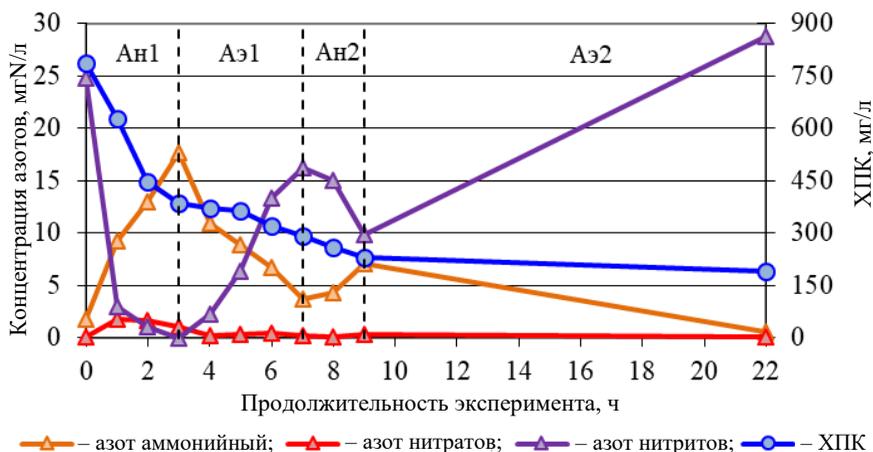


Рисунок 1 – Результаты эксперимента на исходной сточной воде в реакторе периодического действия при двойном чередовании анаэробных и аэробных фаз:  
 Ан1 – первая анаэробная фаза; Аэ1 – первая аэробная фаза; Ан2 – вторая анаэробная фаза;  
 Аэ2 – вторая аэробная фаза

За первый час работы ХПК снизилось на 158 мг/л, а азот нитратов на 22 мг/л. Таким образом, примерно половина органических веществ была израсходована на денитрификацию, остальное было сорбировано активным илом.

Трёхчасовая денитрификация закончилась со следующими концентрациями загрязнений, мг/л: ХПК – 386; N-NH<sub>4</sub> – 17,62; N-NO<sub>2</sub> – 0,99; N-NO<sub>3</sub> – 0.

За 3 часа анаэробного режима ХПК было снижено на 399,4 мг/л, азот нитратный – на 24,8 мг/л.

Реактор был переведен в первый четырехчасовой аэробный режим, который закончился с концентрациями, мг/л: ХПК – 293; N-NH<sub>4</sub> – 3,68; N-NO<sub>2</sub> – 0,15; N-NO<sub>3</sub> – 16,19.

Дальнейшее проведение аэробного режима привело бы к снижению органических веществ и увеличению азота нитратов, удаление которых было бы невозможным из-за нехватки субстрата. Поэтому установка была переведена во второй анаэробный режим, который длился 2 часа и был завершён с концентрациями, мг/л: ХПК – 229; N-NH<sub>4</sub> – 7,07; N-NO<sub>2</sub> – 0,37; N-NO<sub>3</sub> – 9,87.

За 2 часа аноксидного режима ХПК было снижено на 31,5 мг/л, азот нитратов – на 5,11 мг/л.

Активные фазы работы реактора завершались 13-часовым аэробным режимом. Концентрации загрязнений в декантированной воде составили, мг/л: ХПК – 189,5; БПК<sub>полн</sub> – 24,7; N-NH<sub>4</sub> – 0,51; N-NO<sub>2</sub> – 0,07; N-NO<sub>3</sub> – 28,80, P-PO<sub>4</sub> – 4,0.

**Выводы.** Эксперименты, проведенные в лабораторном реакторе периодического действия, показали перспективность биохимического окисления органических загрязнений и удаления соединений азота из сточных вод предприятий переработки яиц.

В результате длительных исследований процессов биологической очистки сточных вод предприятия яйцепереработки в *SBR*-реакторе получены следующие средние показатели качества очищенной воды, мг/л: ХПК – 253; БПК<sub>полн</sub> – 58,4; взвешенные вещества – 11; азот аммонийный – 2,1; азот нитритов – 0,06. Сточные воды с данным качеством очистки могут быть сброшены в систему городской канализации.

Отсутствие нитратного рецикла, что является особенностью *SBR*-реактора, не позволило снизить концентрацию азота нитратов менее 21,7 мг/л. Поэтому дальнейшие исследования биологической очистки были проведены на проточной установке.

#### Список литературы

1 **Маркевич, Р. М.** Экологическая биотехнология / Р. М. Маркевич, И. А. Гребенчикова, М. В. Рымовская. – Минск : БГТУ, 2015. – 217 с.

2 **Иванов, М. А.** Опыт компании ООО «КВИ Интернэшнл» по внедрению технологии *SBR* для очистки стоков пищевых производств / М. А. Иванов, А. М. Смирнов, М. Н. Смирнов // Водочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2020. – № 9 (153). – С. 34 – 37.

3 **Смирнов, М. Н.** Биологическая очистка сточных вод в биореакторах периодического действия / М. Н. Смирнов, А. М. Смирнов, Ю. Х. Локшин // Водочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2009. – № 5 (17). – С. 36–46.

#### **TREATMENT OF HIGHLY CONCENTRATED WASTE WATER OF THE ENTERPRISE OF DEEP PROCESSING OF CHICKEN EGGS IN A BATCH REACTOR**

*P. P. AVDEENKOV, S. V. STEPANOV*

*Samara State Technical University, Russian Federation*

## ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ (НА ПРИМЕРЕ г. БОБРУЙСКА)

Е. С. БАЕВА

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

**Актуальность** работы заключается в теоретическом обосновании уменьшения потребления электроэнергии на очистных сооружениях при проведении реконструкции с применением современных технологий очистки сточных вод, которые обеспечивают требования сброса в водные объекты.

**Цель работы** – анализ энергоэффективных мероприятий при реконструкции очистных сооружений и разработка предложения по снижению себестоимости очистки сточных вод.

Одной из основных статей эксплуатационных расходов канализационных очистных сооружений является энергопотребление. Основными факторами, оказывающими влияние на потребление электроэнергии, являются: технология очистки сточных вод; оборудование, которое используется на очистных; уровень автоматизации оборудования; требования к качеству очищенной воды.

В связи с этим возникает необходимость в применении энергосберегающих технологий при строительстве и реконструкции очистных сооружений. На основании анализа энергозатрат на очистных сооружениях г. Бобруйска, установлено, что на аэрацию иловой смеси приходится 65 % от общего потребления электроэнергии (рисунок 1).

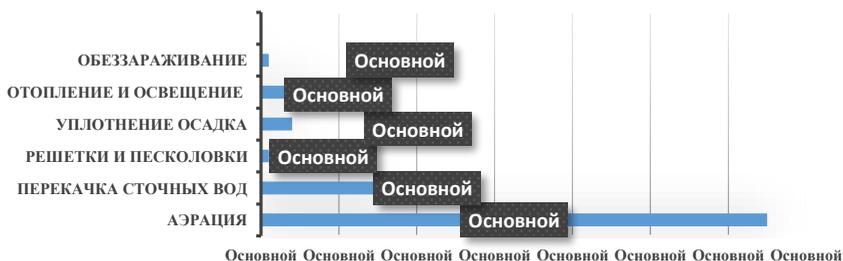


Рисунок 1 – Энергозатраты на очистных сооружениях г. Бобруйска

На этапе биологической очистки экономия электроэнергии может быть достигнута [2]:

- регулированием подачи воздуха на аэрацию;
- внедрением современных процессов удаления биогенных элементов с выделением анаэробной, аноксидной и аэробной зон в аэротенке;
- заменой старой системы аэрации на новую с раскладкой по принципу 100%-го охвата ширины коридора и распределение количества аэраторов по «убывающему» принципу;
- управлением мешалками;
- правильным подбором воздухоподводящего оборудования.

Разработаны проектные предложения по реконструкции очистных сооружений г. Бобруйска, включающие:

- замену насосного оборудования при реконструкции насосной станции сырого осадка на новое, с частотно регулируемым двигателем;
- реконструкция аэротенков с выделением зон для глубокого удаления биогенных элементов [1];
- внедрение автоматизированной системы управления работой сооружений.

**Выводы.** Основным направлением при реконструкции очистных сооружений в современных условиях является внедрение энергоэффективных технологий очистки. Наибольший удельный вес в эксплуатационных расходах составляют затраты на электроэнергию, поэтому необходима оптимизация эксплуатационных расходов для урегулирования затрат на электроэнергию.

#### **Список литературы**

1 СН 4.04.02-2019. Канализация. Наружные сети и сооружения. Строительные нормы проектирования. – Введ. 2020–05–09. – Минск : Минстройархитектуры, 2020. – 89 с.

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

#### **EVALUATION OF THE APPLICATION OF ENERGY-SAVING TECHNOLOGIES IN THE RECONSTRUCTION OF PURIFICATION FACILITIES**

*E. S. BAYEVA*

*Belarusian State University of Transport, Gomel*

## МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ И ОБСЛЕДОВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОДОЗАБОРОВ

*П. М. БАРАНОВСКАЯ*

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

**Актуальность.** С ростом благоустройства городов и сельских населенных пунктов, технического уровня современных промышленных предприятий, добычи полезных ископаемых непрерывно растет насыщенность их территорий различными инженерными коммуникациями. Для строительства, проектирования и эксплуатации городских и промышленных объектов требуются точные данные о размещении в плане и по высоте всего комплекса инженерных коммуникаций с указанием их технических характеристик. Это вызывает необходимость проведения большого объема инженерно-геодезических работ по съемке и составлению планов инженерных коммуникаций.

Центральным звеном эксплуатации зданий и сооружений является оценка их технического состояния. Техническое состояние зданий и сооружений определяется, в первую очередь, количественными и качественными показателями поврежденности их элементов и конструкций.

Дефекты и повреждения элементов и конструкций выявляются в процессе проведения различных видов обследования. Качественное выполнение работ по обследованию строительных конструкций является основой диагностики технического состояния зданий и сооружений [1].

**Цель работы** – анализ методов диагностики и обследования подземных водозаборов для решения данных проблем. Основные проблемы управления и ремонта объектов линейной части относятся к управлению профилактическим обслуживанием, предназначенным восстанавливать изменяющиеся в процессе эксплуатации основные параметры надежности объектов, предупреждать снижение эффективности работы линейной части, включая преждевременное ее разрушение, снижение безопасности и нарушение правил охраны окружающей среды.

**Основные результаты** технологического прогресса – элементы конфигурирования и документирования в системе сбора данных. Следовательно, основным требованием к системе сбора данных является способность микропроцессорных электронных устройств к обмену технологическими и сервисными данными.

Другие требования к системе:

– высокоскоростной обмен данными микропроцессорных электронных устройств между собой (одноранговая связь);

- привязка к подстанционной ЛВС;
- высокая надежность;
- гарантированное время доставки;
- соответствие стандартам;
- функциональная совместимость оборудования разных производителей;
- средства поддержки осциллограмм тока и напряжения;
- средства поддержки передачи файлов;
- конфигурирование / автоматическое конфигурирование;
- поддержка функций безопасности [2].

Обследование подземных водозаборов производится в несколько этапов:

1) сбор и анализ документации по бурению, откачкам, монтажу водоподъемника, эксплуатации скважины, анализам воды, произведенным ранее ремонтам, обследованиям и т.д.;

2) по паспорту скважины осуществляется сверка местоположения, названия организации, бурившей скважину, способа бурения, абсолютной отметки поверхности земли;

3) анализ геологического разреза, образцов пород, конструкции скважины;

4) сопоставление материалов с гидрогеологическими данными по району;

5) уточнение сведений о фильтровой колонне: длина и диаметры надфильтровой и рабочей части, отстойника, диаметр отверстий и материал каркаса, сетки и проволоки, название и номер сетки или диаметр и шаг проволоки, крупность и толщину гравийной обсыпки, высота, способ засыпки, конструкцию сальника и пробки;

6) уточнение статического уровня воды, дебита, понижения, удельного дебита при опытной откачке и в период ее эксплуатации;

7) систематизация сведений по эксплуатации скважины: время эксплуатации, перерывы в работе насоса, причины остановок и пр.

Затем производится предварительное обследование скважины в натуре. Определяется марка насоса, его техническое состояние, наличие и состояние системы контроля и управления, арматуры и обвязки скважины. Осматривается устье скважины, проверяется цементация межтрубного пространства, устанавливается, как часто осуществляется промывка резервуаров чистой воды, берется проба осадка из него на анализ (возможно наличие песка).

Телемеханические системы предназначены для преодоления указанных затруднений при передаче сигналов и показаний измерительных приборов на значительные расстояния. В телемеханике при передаче данных применяют частотное или временное разделение или уплотнение каналов связи.

При телеуправлении к объекту управления посылается совокупность импульсов с различными заданными признаками, представляющая собой условный шифр или код одного определенного сигнала или команды. В системах телеизмерения по каналу связи передается не сама измеряемая величина, а

соответствующая ей вспомогательная величина, более удобная для передачи на дальние расстояния и менее подверженная различным искажениям в канале связи. Это позволяет значительно сократить количество аппаратуры, снизить помехи в линии связи и повысить надежность передачи информации.

**Выводы.** При необходимости объединить разобщённые или территориально рассредоточенные объекты управления в единый производственный комплекс (например, при управлении удаленных объектов водоснабжения и канализации) наиболее рационально использование телемеханизация. Внедрение телемеханических систем позволяет сократить численность обслуживающего персонала, уменьшает простои оборудования, освобождает человека от работы во вредных для здоровья условиях. При создании систем автоматического контроля и управления пункты управления могут находиться на значительном отдалении от объекта управления или контроля. Линии связи, соединяющие их друг с другом, становятся чрезвычайно дорогими, и в них возникают значительные помехи, вызывающие большие погрешности при передаче данных.

### Список литературы

1 **Васильев, А. А.** Диагностика технического состояния зданий и сооружений. Методы обследования элементов и конструкций : учеб.-метод. пособие для студентов строительных специальностей / А. А. Васильев. – Гомель : БелГУТ, 2015. – 70 с.

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

3 Мониторинг скрытых утечек в водопроводной сети [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://smartertechnologysolutions.com.au/smart-water/>. – Дата доступа : 15.10.2022.

4 СН 1.04.01-2020. Техническое состояние зданий и сооружений. Введ. 2020–10–27. – Минск : Минстройархитектуры, 2020. – 73 с.

### DIAGNOSIS AND EXAMINATION METHODS UNDERGROUND WATER INTAKE

*P. M. BARANOUSKAYA*

*Belarusian State University of Transport, Gomel*

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО ВОДОПОДГОТОВКЕ В ЗДАНИЯХ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

*Г. Н. БЕЛОУСОВА, Ю. В. МУРАВЬЁВА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель  
galina1belousova@gmail.com, yulia\_muraveva@list.ru*

**Актуальность.** Вода расходуется потребителями на самые разнообразные нужды: хозяйственно-бытовые, производственные и для пожаротушения. Система водоснабжения представляет собой комплекс сооружений для обеспечения определенной группы потребителей водой в требуемых количествах и требуемого качества [1].

**Цель работы** – анализ существующих методов подготовки воды в зданиях разного назначения: коттеджи, бассейны, отели и рестораны.

### **Основные результаты.**

На этапе проектирования коттеджа необходимо задуматься о водоподготовке и начать строительство одновременно с бурением скважины. Решение об установке той или иной системы водоочистки необходимо принимать по результатам химического и биологического анализов образцов воды [2].

Весь процесс водоподготовки коттеджа можно разделить на три этапа: механическая очистка от разных примесей; удаление вредных органических и химических соединений; очистка от посторонних запахов и привкуса.

Комплексная система водоподготовки коттеджа включает: фильтр грубой механической очистки; установки для подачи воздуха для предварительной аэрации; колонну с донным гравийным фильтром; сорбционную колонну; ионообменную колонну для умягчения воды; фильтр тонкой механической очистки.

Водоподготовка в бассейне – это комплекс мероприятий по подготовке воды, соответствующей санитарным и эксплуатационным требованиям. Специфика бассейна обуславливает требования к воде питьевого качества, а для сохранения в рабочем состоянии оборудования, необходимо регулировать уровень минерализации, иначе известковые отложения быстро покроют металлические части и закупорят мелкие отверстия, в результате чего режим циркуляции воды изменится.

Также важным фактором является обеззараживание воды. Вода циркулирует по замкнутому кругу, обновляясь в относительно небольших количествах. Если пренебречь дезинфекцией, можно в результате получить источник болезнетворных бактерий. При химических методах дезинфекции воды могут применяться разные реагенты: активный кислород, хлор, бром.

Система водоподготовки бассейнов включает: механическую очистку, фильтрацию, обеззараживание, подогрев. Параллельно может производиться

введение смягчающих добавок, снижающих жесткость воды до определенного уровня.

К организациям предприятий сферы услуг, таким как предприятия общественного питания, гостиницы и т. д., выдвигается немало требований, несоответствие которым влечет штрафы, административные взыскания, вплоть до закрытия объекта. Одним из таких обязательных параметров является качество воды, используемой для различных нужд организации.

Общая система подготовки воды для отелей и ресторанов включает процесс очистки и умягчения воды для производственных нужд [3].

Использование общей системы водоподготовки для различных нужд в мелких и средних ресторанах и отелях является неоправданно затратной статьей расходов, поэтому в небольших заведениях, как правило, устанавливают индивидуальные системы подготовки воды [4]. Такие системы нацелены на подготовку для определенных потребностей, например, приготовление еды и напитков, уборка помещений, технические нужды.

**Выводы.** Оптимальная система водоподготовки должна иметь следующие характеристики:

- гарантировать получение воды, соответствующей рекомендуемым различными международными ассоциациями кондициям жидкости (например, чая и кофе);
- иметь оптимальную производительность с возможностью ее коррекции;
- легко адаптироваться ко всему спектру существующего оборудования, применяемого на предприятиях общественного питания и сферы услуг;
- иметь как можно более долгий период автономной работы.

#### **Список литературы**

1 СН 4.04.02-2019. Канализация. Наружные сети и сооружения. Строительные нормы проектирования. – Введ. 2020–05–09. – Минск : Минстройархитектуры, 2020. – 89 с.

2 СН 3.02.01-2019 Жилые здания. – Введ. 2019–12–16. – Минск : Минстройархитектуры, 2020. – 22 с.

3 СН 3.02.11-2020 Административные и бытовые здания. – Введ. 2020–11–13. – Минск : Минстройархитектуры, 2020. – 25 с.

4 Новикова, О. К. Управление водными ресурсами в малых населенных пунктах Республики Беларусь / О. К. Новикова, А. Б. Невзорова // Экологический Вестник Северного Кавказа. – 2020. – Т.16, № 2. – С. 58–64.

#### ***TECHNOLOGICAL SOLUTIONS FOR WATER TREATMENT IN BUILDINGS FOR VARIOUS PURPOSES***

*G. N. BELOUSOVA, Y. V. MURAVYOVA*  
*Belarusian State University of Transport, Gomel*

## ОЧИСТКА ПОДЗЕМНЫХ ВОД С ВЫСОКИМ СОДЕРЖАНИЕМ ЖЕЛЕЗА ОСАЖДЕННЫМИ МЕМБРАНАМИ

*Е. С. БОНДАРЕНКО*

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

**Актуальность.** Для Республики Беларусь проблема повышенного содержания железа в питьевой воде стоит очень остро. Несмотря на широкий спектр водоочистных технологий, решение данной проблемы имеет определенные трудности, зачастую чисто экономические, поэтому развитие современных методов обезжелезивания направлено не только на увеличение эффективности, но и на снижение капитальных и эксплуатационных затрат.

**Цель работы** – проанализировать метод обезжелезивания осажденными мембранами с использованием опоки.

**Основные результаты.** Подземные воды в Республике Беларусь характеризуются высокой концентрацией железа, что негативно влияет на здоровье человека [1].

В настоящее время наиболее распространенными методами удаления железа из воды являются аэрация и фильтрация через песчаные загрузки [2, 3]. К их недостаткам относятся истирание, низкая эффективность очистки к концу цикла фильтрования, большое количество воды, необходимое для регенерации фильтра [4].

Сорбция является простым и эффективным способом удаления из подземных вод катионов железа и марганца. Особое внимание уделяется сорбционным системам, где в роли сорбентов используют природные материалы: минералы различного происхождения и структуры [5]. Наличие местных эффективных природных сорбентов позволяет расширить возможности реализации адсорбционных технологических процессов для систем локальной очистки подземных вод.

Также одним из перспективных методов получения воды питьевого качества является использование мембранных процессов. Особенность мембраны с осажденным слоем загрузки – высокая проницаемость и ее долгое снижение. Мембранные установки очистки отличаются низкой энергоемкостью и компактностью, что обеспечивает экономическую эффективность и экологическую безопасность. Осажденные мембраны получают нанесением сорбционного слоя на поверхность микрофильтра, путем пропускания через него раствора, содержащего мембранообразующие компоненты. Осажденные мембраны были исследованы на эффективность и проницаемость при очистке железосодержащих растворов [6]. В качестве сорбента может быть

использована опока (природный дисперсный кремнезём широкого применения, характеризующийся прочностью при высокой пористости, устойчивостью к кислотам и щелочам) [5]. Данные свойства позволяют применять его для очистки подземных вод от тяжелых металлов. Опоки в основном состоят из глинистых минералов, но при этом отличаются легкостью, шероховатой поверхностью раковистого и плоскораковистого излома. В Республике Беларусь опоки распространены в Гомельской и Могилевской областях [4].

Экспериментальный анализ эффективности применения мембраны с осажденной опоккой, мембраны с осажденной опоккой и ПАА и мембраны с осажденной кремневой кислотой показал, что наиболее эффективной является мембрана с осажденной опоккой и ПАА (удаляет ионы железа с 43 до 3 мг/л) [7]. Кроме этого, данная мембрана является самой долговечной. На мембране без добавления ПАА появляются трещины и осажденный слой опоки со временем отстает от мембраны.

**Вывод.** Применение осажденных мембран с опоккой позволит очищать железосодержащие воды с исходной концентрацией 43 до 3 мг/л и обеспечить получение воды из подземных источников, соответствующей требованиям.

#### Список литературы

- 1 Опасна ли вода с железом [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://diasel.ru/article/chem-vredno-zhelezo-v-vode/>. – Дата доступа : 09.03.2023.
- 2 **Бурия, А. И.** Вода – свойства, проблемы и методы очистки : [монография] / А. И. Бурия, Е. Ф. Кудина. – Днепропетровск : Пороги, 2006. – 520 с.
- 3 **Кудина, Е. Ф.** Химия и микробиология воды : учеб. пособие / Е. Ф. Кудина, О. А. Ермолович, Ю. М. Плескачевский ; под ред. Ю. М. Плескачевского, А. С. Неворова. – Гомель : БелГУТ, 2010. – 335 с.
- 4 Очистка воды из скважины от железа: самые эффективные методы [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://aquatic-home.ru/ochistka-vody-iz-skvazhiny-ot-zheleza.html>. – Дата доступа : 09.03.2023.
- 5 Очистка воды от ионов железа осажденными мембранами с сорбционным слоем природного минерала опоки / Н. О. Сиволобова [и др.] // Инженерный вестник Дона. – 2020. – № 5. – С. 29–36.
- 6 **Чигаев, И. Г.** Создание осажденной мембраны на основе минеральных и органических компонентов для удаления соединений железа из подземных вод / И. Г. Чигаев, Комарова Л. Ф // Ползуновский вестник. – 2015. – № 4. – С. 33–39.

#### **PURIFICATION OF GROUNDWATER WITH HIGH IRON CONTENT BY DEPOSITED MEMBRANES**

*E. S. BONDARENKO*

*Belarusian State University of Transport, Gomel*

## ПРИМЕНЕНИЕ БИОПРЕПАРАТОВ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ ЗАПАХОВ ПРИ СОЗДАНИИ БРИКЕТОВ НА ОСНОВЕ ОСВ

*Р. Н. ВОСТРОВА, А. В. ГРИЩЕНКО*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель  
vostrova@tut.by, grishhenko19n@gmail.com.*

**Актуальность.** Использование вторичных энергетических ресурсов приобретает актуальность в связи со снижением запасов ископаемых видов топлива и созданием неблагоприятных последствий при их сжигании, что приводит к глобальным изменениям климата и загрязнению окружающей среды [1–3].

**Цель работы** – снизить уровень запаха осадков сточных вод при брикетировании, т.к. на различных этапах очистки сточных вод могут возникать характерные неприятные запахи. Как правило, это запах сероводорода ( $H_2S$ ), пороговое ощущение которого значительно ниже уровня ПДК.

**Основные результаты.** Очистные сооружения имеют множество организованных и неорганизованных источников неприятных запахов, расположенных на большой площади, поэтому задача нейтрализации запахов от очистных сооружений канализации требует комплексного подхода.

Для удаления запахов осадков сточных вод (ОСВ) возможно использование технологии внесения в состав брикетов биологических препаратов.

Биологические препараты MICROBE-LIFT, предлагаемые ООО «БТА Группа», основу которых составляют живые бактерии, могут успешно применяться для решения следующих задач:

- повышение качества очистки хозяйственно-бытовых сточных вод в аэрируемых системах биологической очистки для ускорения процессов нитрификации, снижения уровня ХПК и БПК, сокращение сброса взвешенных веществ и снижения неприятного запаха от открытых резервуаров;
- очистка водоемов и поверхностных сточных вод ливневой канализации с габрионными очистными фильтрующими сооружениями (ГОФС);
- устранение или существенного снижения неприятного запаха на полигонах ТБО.
- понижение уровня хранилищ осадка сточных вод и снижения объемов его накоплений за счет ускорения процессов разложения их органической составляющей;
- устранение запахов сероводорода, аммиака, меркаптанов, выделяемых обезвоженным ОСВ, в том числе при его погрузке/выгрузке, транспортировке и складировании.

Учитывая схожесть обезвоженного осадка сточных вод с жидкими бытовыми отходами (ЖБО) и навозом, представленные биологические препараты могут применяться для их обработки, в том числе для ускорения процессов компостирования.

При подборе препаратов следует уделить особое внимание технологии их применения и дозировкам.

Примененная технология обработки осадка водным раствором биопрепарата позволила нейтрализовать неприятный запах обезвоженного ОСВ непосредственно в корпусе шнекового транспортера. Расход биопрепарата для достижения этого эффекта составил ~ 235 г смеси биопрепаратов в 2%-м водном растворе на 1 тонну сухого вещества в обезвоженном осадке.

Во время вторичной обработки осадка установлено резкое возрастание интенсивности неприятного характерного запаха в момент его ворошения скребком колесного трактора, однако этот запах принимает нейтральный (очень слабый землистый) характер в течении 5–7 минут во время и после его поверхностной обработки водным раствором биопрепаратов с помощью распыляющей пушки.

Для примера в таблице 1 приведены данные по концентрации сероводорода в воздухе рабочей зоны помещений цеха механического обезвоживания и здания решеток МОСК г. Щёлково до и после их обработки препаратом для устранения неприятного запаха.

**Таблица 1 – Оценка эффективности биопрепаратов для удаления характерного запаха обезвоженного ОСВ после обработки на месте складирования [3]**

Период замеров концентрации H <sub>2</sub> S	Цех решеток, концентрация H <sub>2</sub> S, мг/м <sup>3</sup>		Цех механического обезвоживания осадка: у открытого скребкового транспортера, концентрация H <sub>2</sub> S, мг/м <sup>3</sup>
	открытый входной канал сточных вод	бункер сбора ТБО	
До обработки	116,00	>200	>200
После обработки	38,9	46	<5

Существует несколько способов введения препаратов в ОСВ, водную или воздушную среду для удаления неприятного запаха:

1 Дозировочная система, для введения раствора в водную среду с неприятным запахом. При вводе в стационарные объекты его действие при устранении неприятного запаха сохраняется в течение 5–7 дней.

2 Динамическое распыление. При устранении неприятного запаха из воздуха используются водные растворы препаратов. Такой способ применяется

в первую очередь на открытых площадках. В зависимости от размера обрабатываемой площади используются аэрозольные пушки или рампы с распыляющими форсунками.

3 Статические методы. Кроме динамических способов применяются и статические методы. В этом случае устранение неприятных запахов производится путем испарения активных компонентов с различных носителей. Такие носители вставляются в воздухопроводы или подвешиваются в шахтных колодцах. Такой вариант используется в цехе механического обезвоживания осадков сточных вод, на насосных станциях, в канализационных коллекторах и т. д.

**Выводы.** Применение водного раствора биопрепарата MICROBELIFT/ОС рекомендуется внести в технологический процесс брикетирования при создании топлива на основе ОСВ для снижения интенсивности характерного запаха ОСВ, предотвращения распространения (блокирования) этого запаха при транспортировке, складировании и хранении брикетов.

Стоимость биопрепарата в настоящее время составляет 1320 рос. рублей за литр. Исходя из того, что в сутки расходуется 600 л двухпроцентного раствора, т. е. 25 л в час на 1 т ОСВ, при содержании биопрепарата в растворе в количестве 235 грамм на 1 т ОСВ, то стоимость биопрепарата для удаления запаха 1 тонны ОСВ составит  $S_3 = 0,235 \cdot 1320 = 310,2$  рос.руб.  $\cdot 3,335/100 = 10,35$  бел. руб.

#### Список литературы

1 **Вострова, Р. Н.** Производство топливных брикетов на основе осадков сточных вод городских очистных сооружений / Р. Н. Вострова, Д. В. Макаров // Вестник Брестского государственного технического университета. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2012. – № 3. – С. 43–45.

2 Применение многокомпонентного топлива в печах пескосушильных установок локомотивного депо / А. Н. Пехота [и др.] // Вестник БелГУТа : Наука и транспорт. – 2022. – № 1. – С. 79–83.

3 **Рублевская, О. Н.** Мероприятия по предотвращению распространения неприятных запахов на объектах ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» / О. Н. Рублевская // Водоснабжение и санитарная техника. – 2013. – № 10. – С. 46–55.

#### APPLICATION OF BIOLOGICS FOR ODOUR REMOVAL IN CREATION OF BRIQUETTES BASED ON OSV

*R.N. VOSTROVA, A.V. GRISCHENKO*  
*Belarusian State University of Transport, Gomel*

## ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕТРАДИЦИОННЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА

*Р. Н. ВОСТРОВА, А. А. РОДЕНКО*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель  
alesarodenko580@gmail.com, vostrova@tut.by*

**Актуальность.** В комплексе проблем жилищно-коммунального хозяйства одной из важнейших задач продолжает оставаться выбор направлений обработки и утилизации осадков сточных вод (ОСВ), образующихся на городских очистных сооружениях [1].

Ежегодно в нашей республике при очистке сточных вод образуется около 180–197 тысяч тонн осадков сточных вод по сухому веществу. Из них используется в народном хозяйстве 4–5 % от всего объема. В основном же осадки складываются и хранятся на территории очистных сооружений, оказывая значительное техногенное воздействие на окружающую среду, в том числе и на водные ресурсы реки Сож.

Основными компонентами ОСВ являются углеводы (80–85 %), жироподобные и белковые вещества сложного состава, а также значительное количество элементов питания растений, таких как азот, фосфор, калий, кальций. ОСВ после обезвоживания на иловых площадках не уступают по содержанию гумуса некоторым видам органических удобрений.

ОСВ, содержащие значительную долю органических веществ, обладают огромным не востребуемым энергетическим потенциалом, который может быть направлен на решение важнейшей для страны задачи энергосбережения и перехода на местные источники энергии.

Актуальность предлагаемых исследований вытекает из необходимости утилизации осадков сточных вод очистных сооружений, которые в количестве около 330 тыс. м<sup>3</sup> в год накапливаются на иловых площадках Гомельских очистных сооружений.

**Цель работы** – поиск способов утилизации ОСВ, обеспечивающих улучшение экологической обстановки в непосредственной близости от городской черты, что позволит избежать экономических затрат по строительству новых иловых карт.

**Основные результаты.** Известен способ, при реализации которого осадок первичных отстойников и активный ил после предварительного обезвоживания смешивают с присадочным материалом песком и обеззараживающим реагентом, дополнительно обезвоживают до продукта влажностью 60 % и утилизируют *в качестве удобрения* (SU №842057, С 02 F 11/006 1981). Этот

способ обеспечивает переработку всех отходов, образующихся на ОС: осадка, избыточного активного ила, песка.

Известны технические решения по использованию ОСВ в качестве горючего компонента топливных композиций, что обусловлено высоким содержанием органических веществ (до 80–85 %) в составе ОСВ.

Рецептура и способы переработки ОСВ в топливные материалы приведены, например, в патенте № 4111442 (Германия, МКИ С 10 L 5/40, 9/00 от 02.07.92 г. Изобретения стран мира – 1993. – № 10 – С. 3); в патенте № 2248848 (Великобритания, МКИ С 10 L 5/46 от 22.04.92 г. Изобретения стран мира – 1993. – № 9 – С. 19); в патенте № 5125931 (США, МКИ С 10 L 5/14, 5/46) от 30.06.92 г. Изобретения стран мира – 1994. – № 1 – С. 26).

При сжигании ОСВ в образующейся золе металлы находятся в виде не выщелачиваемых форм, что обуславливает перспективность выбранного направления утилизации.

Известен способ утилизации осадка городских очистных сооружений по очистке сточных вод с получением топлива после смешения отфильтрованного осадка с 40–50 мас. % угольной пыли, или древесных опилок, или стружек, или торфа (FR № 2497520, С 10 L 5/46, 5/48, 1982).

Переработка 1 тонны ОСВ (в расчете на сухую массу) позволит получить около 500 кг условного топлива [3]. Добавление отходов производств, таких как лигнин, позволяет увеличить полноту сгорания, что, в свою очередь, приводит к снижению содержания вредных веществ в отходящих газах. После сжигания остается зола, которая может использоваться при производстве строительных материалов (керамзит, цемент) или в качестве дополнительного наполнителя при производстве асфальтобетона.

**Выводы.** С одной стороны, имеется большое количество отходов, представляющих собой возобновляемый ресурс с высоким содержанием органических веществ, использование которого в качестве компонента при изготовлении топлива представляет интерес, с другой стороны, физические свойства и теплотехнические характеристики этого топлива изменяются в зависимости от технологии очистки сточных вод и других объективных факторов.

Проблема изготовления топлива на основе ОСВ заключается также в высокой влажности, в отсутствии специализированного оборудования и технологий для переработки в твердое топливо с последующей сжиганием.

Поэтому задача по разработке технологии изготовления брикетированного топлива на основе ОСВ и изучения его физических свойств является актуальной, так как позволит сжигать полученный продукт в локальных топливосжигающих установках, что позволит расширить топливную базу энергоисточников, утилизировать накопленные отходы, и этим высвободить занятые ими площади, уменьшить техногенное воздействие на окружающую среду (при экологически безопасном его сжигании) [1].

## Список литературы

1 Ануфриев, А. Н. Технологии обработки осадков сточных вод / А. Н. Ануфриев // Экология на предприятии. – 2017. – № 6, июнь. – С. 83–89.

2 Применение многокомпонентного топлива в печах пескосушильных установок локомотивного депо / А. Н. Пехота [и др.] // Вестник БелГУТа : Наука и транспорт. – 2022. – № 1. – С. 79–83.

3 Вострова, Р. Н. Производство топливных брикетов на основе осадков сточных вод городских очистных сооружений / Р. Н. Вострова, Д. В. Макаров // Вестник Брестского государственного технического университета. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2012. – С. 43–45.

### **UNCONVENTIONAL FUEL PROBLEMS**

*R. N. VOSTROVA, A. A. RODENKO*

*Belarusian State University of Transport, Gomel*

УДК 628

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА – ЗАДАЧА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ НА ГОРОДСКИХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ**

*Р. Н. ВОСТРОВА, Д. В. ПОТАШКО*

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

**Актуальность.** Запасы ископаемых видов топлива катастрофически снижаются в отличие от роста цен на них. Повсеместно наблюдаются неблагоприятные последствия сжигания ископаемых видов топлива, что приводит к глобальным изменениям климата и загрязнению окружающей среды, связанному с добычей и транспортировкой не возобновляемых энергетических ресурсов. Не менее важны непрогрессивные социальные последствия использования ископаемых видов топлива – приостановка социально-экономического развития государств, сидящих на «нефтегазовой игле» [1].

Огромной проблемой, требующей немедленного принятия решений, является экологически безопасное размещение осадков сточных вод (ОСВ) городских очистных сооружений канализации. Количество осадков, выделяющихся при очистке сточных вод на современных очистных сооружениях, составляет от 2 до 10 % от расхода поступающих вод [2]. Из них используется в народном хозяйстве 4–5 % от всего объема, в основном же осадки складировуются и хранятся на территории очистных сооружений, что

создает неблагоприятную экологическую ситуацию вблизи городской черты. Главной причиной сложившегося положения является тот факт, что рассматриваемая проблема не была сформулирована первоначально во всех аспектах, не был продуман вопрос о том, что накопление отходов на ограниченной территории в будущем приведет к необходимости решать проблему при значительно больших затратах. Нельзя завершить процесс очистки сточных вод, не имея эффективного и экологически безопасного способа утилизации осадков. Вместе с тем осадок сточных вод может послужить добрую службу в различных областях народного хозяйства [2].

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

Механически обезвоженный осадок содержит 65–80 % воды. После термической сушки теплотворная способность может достигать 9–13 МДж/кг [3], что соответствует примерно половине теплоты сгорания каменного угля. Рассматриваемый способ утилизации ОСВ является одним из направлений по созданию альтернативного восполняемого топлива.

Переработка 1 тонны ОСВ (в расчете на сухую массу) позволит получить 500 кг условного топлива [3]. Добавление отходов производств, таких как нефтесодержащие шламы и лигнин, позволяет увеличить полноту сгорания, что, в свою очередь, приводит к снижению содержания вредных веществ в отходящих газах. После сжигания остается зола, которая может использоваться при производстве строительных материалов (керамзит, цемент) или в качестве дополнительного наполнителя при производстве асфальтобетона. Несмотря на значительные капитальные затраты, связанные с созданием установки по производству брикетов с использованием ОСВ, в целом выигрыш будет больше, особенно если учесть экономический и экологический ущерб от нецивилизованного складирования ОСВ [4, 5]. Оригинальный вклад проекта заключается в том, что в случае его успешной реализации будет найдено комплексное решение эффективного использования вторичных возобновляемых материальных ресурсов и улучшения экологической обстановки территорий, прилегающих к городской черте.

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

Переход на местные виды топлива позволяет также создать рабочие места

для обеспечения производства брикетов на очистных сооружениях, в котельных, в которых будут сжигаться брикеты. Подбор компонентов для брикетов необходимо производить на основании технико-экономических расчетов, подтверждающих экономическую целесообразность принятых решений. При принятии решений по изготовлению брикетов на очистных сооружениях канализации нужно учитывать расположение поставщика древесных отходов, чтобы не пришлось возить их издалека. Именно поэтому для решения проблем возврата богатых органикой отходов в народохозяйственный оборот, весьма актуальными являются разработка технологии и определение оптимальных составов, обеспечивающих получение брикетированного твердого топлива на основе древесных отходов с использованием в качестве компонента ОСВ, что имеет научную новизну и практическое значение для увеличения доли местных видов топлива, создания стабильной сырьевой базы для локальных котельных, расположенных на городских очистных сооружениях канализации.

#### Список литературы

1 **Вострова, Р. Н.** Производство топливных брикетов на основе осадков сточных вод городских очистных сооружений / Р. Н. Вострова, Д. В. Макаров // Вестник Брестского государственного технического университета. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2012. – С. 43–45.

2 Применение многокомпонентного топлива в печах пескосушильных установок локомотивного депо / А. Н. Пехота [и др.] // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2022. – № 1. – С. 79–83.

#### **THE USE OF ALTERNATIVE FUELS - AN ENERGY-SAVING TASK AT MUNICIPAL WASTEWATER TREATMENT PLANTS**

*R. N. VOSTROVA, D. V. POTASHKO*  
*Belarusian State University of Transport, Gomel*

## ВОЗВРАТ ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД В НАРОДНОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ ОБОРОТ

*Р. Н. ВОСТРОВА<sup>1</sup>, А. Н. ПЕХОТА<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель  
vostrova@tut.by*

*<sup>2</sup>Белорусский национальный технический университет, г. Минск  
delf\_1@mail.ru*

**Актуальность темы.** Создание альтернативного топлива на основе осадка сточных вод (ОСВ) частично решает проблему энергосбережения на очистных сооружениях, если рассматривать ОСВ как вторичный энергетический ресурс [1]. Переработка 1 тонны ОСВ (в расчете на сухую массу) позволит получить 500 кг условного топлива [2]. Добавление отходов производств, таких как нефтесодержащие шламы и лигнин, позволяет увеличить полноту сгорания, что, в свою очередь, приводит к снижению содержания вредных веществ в отходящих газах.

Несмотря на значительные капитальные затраты, связанные с созданием установки по производству брикетов с использованием ОСВ, в целом выигрыш будет больше, особенно если учесть экономический и экологический ущерб от нецивилизованного складирования ОСВ.

Таким образом, разработка технологии, обеспечивающей комплексное использование древесных отходов и ОСВ в качестве топлива, применение которого позволит сэкономить первичные энергоресурсы и удовлетворить внутренние потребности очистных сооружений в местных видах топлива, является актуальной задачей.

**Цель работы** – изучение теплотехнических свойств брикетированного топлива на основе ОСВ.

**Основные результаты.** В процессе исследований изготовлены четыре типа образцов брикетированного топлива на основе ОСВ с различным соотношением компонентов:

- «Марка-1» – ОСВ-50 % и опилок 50 %;
- «Марка-2» – ОСВ-75 % и опилок 25 %;
- «Марка-3» – ОСВ-100 %;
- «Марка-4» – ОСВ-33 % и опилок 67 %.

Исследование показателей зольности, влагосодержания, теплоты сгорания, содержания серы проводилось на образцах с применением программно-аппаратного комплекса калориметра модели В-08МА-К.

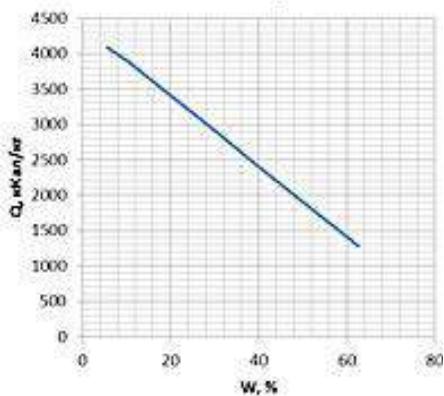
Элементный состав брикетированного топлива представлен в таблице 1, изменение теплоты сгорания от влажности по каждой марке топлива представлено на рисунке 1.

Таблица 1 – Элементные составы горючей массы различных видов топлива в зависимости от влажности

В процентах

Вид топлива	Состав топлива							$Q$ , МДж/кг
	<i>C</i>	<i>H</i>	<i>N</i>	<i>O</i>	<i>S</i>	<i>A</i>	<i>W</i>	
Многокомпонентное топливо твердое (с углеводородсодержащими отходами)	59–62	4,6–6,5	0,2–0,3	31–36	0,3–0,7	4,5–10	10–19,9	18,0–21,0
Марка 1	50–52	2,3–5,1	1,5–2,5	16–20	0,6	21,4–22,7	10,4–62,7	5,4–16,3
Марка 2	49–53	2,3–5,1	1,5–2,5	10–12	0,5–1,1	27,9–29,9	10,4–57,2	6,1–16,8
Марка 3	46–49	2,3–5,1	1,5–2,5	10–12	0,5–1,2	32,7–34,6	10,4–62,7	5,3–16,7
Марка	50–52	2,5–5,1	1,5–2,4	20–22	0,6	21–21,4	10,4–57,2	5,5–15,6
Торф	25–60	2,6–6,0	1,1–3,0	15–40	–	6–50	0–95	8,0–21,0
Древесина	48–52	6–7	0,1–0,6	43–45	–	–	60–95	12,5

а)



б)

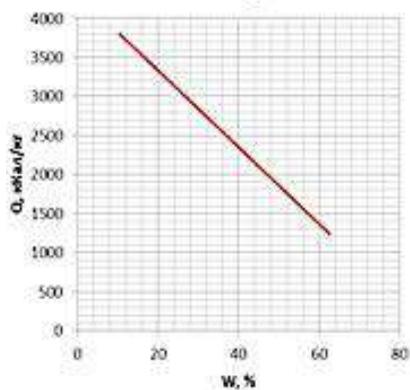


Рисунок 1 (начало) – Топливо марки 1 (а); топливо марки 2 (б)

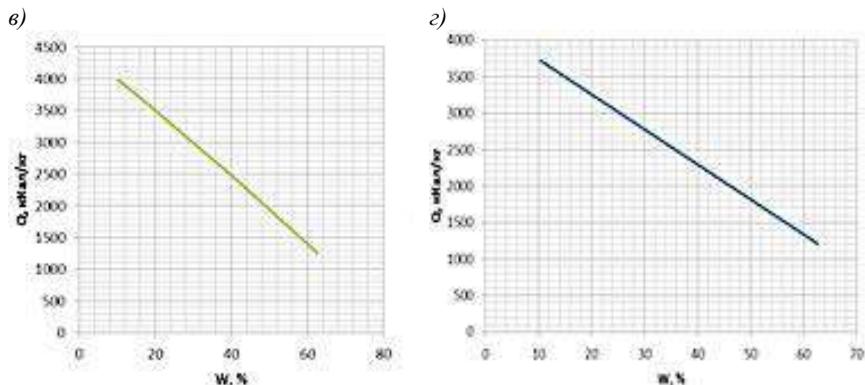


Рисунок 1 (окончание) – Топливо марки 3 (6); топливо марки 4 (7)

**Выводы.** Брикетирование ОСВ позволяет получать топливо, отвечающее действующим стандартам: зольность не превышает 23 %, массовая доля серы не превышает 0,6 %, низшая теплота сгорания не ниже 17120 кДж/кг (марки 1, 4). Для применения марок 2 и 3 необходимо разработать технические условия с указанием всех нормативов по основным характеристикам топлива.

#### Список литературы

1 **Вострова, Р. Н.** Производство топливных брикетов на основе осадков сточных вод городских очистных сооружений / Р. Н. Вострова, Д. В. Макаров // Вестник Брестского государственного технического университета. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2012. – С. 43–45.

2 Технология производства MSF-топлива – направление, обеспечивающее переход к циркулярной экономике / Б. М. Хрусталева [и др.] // Наука и техника. – 2022. – Т. 21, № 4. – С. 340–348.

#### RETURN OF SEWAGE SLUDGE INTO THE ECONOMIC TURNOVER

R. N. VOSTROVA<sup>1</sup>, A. N. PEKHOTA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Belarusian State University of Transport, Gomel

<sup>2</sup>Belarusian National Technical University, Minsk

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ г. ШКЛОВА

А. В. ЕВДОКИМОВА

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

*Alesa80@gmail.com*

**Актуальность.** Городские сточные воды характеризуются высокими концентрациями взвешенных веществ, органических загрязнений и биогенных элементов [1]. С течением времени меняется качественный и количественный состав сточных вод, поступающих на очистные сооружения, поэтому требуется модернизация сооружений с внедрением прогрессивных методов очистки сточных вод [2].

Объектом исследования являются очистные сооружения г. Шклова. Население города на начало 2023 года составляет 16418 человек.

**Цель работы** – обследование и оценка эффективности работы очистных сооружений г. Шклова с учетом качественного и количественного состава поступающих сточных вод.

**Основные результаты.** Состав очистных сооружений включает: приемную камеру; решетки с шириной прозоров 16 мм; горизонтальные песколовки (2 шт.); первичные радиальные отстойники диаметром 24 м (4 шт.); аэротенк-вытеснитель (6 секций); вторичные радиальные отстойники диаметром 24 м (4 шт.).

Качественная характеристика поступающих сточных вод и на выпуске очистных сооружений приведена в таблице 1.

Концентрации загрязняющих веществ в составе сточных вод на выпуске очистных сооружений превышают допустимые значения, что свидетельствует о том, что сооружения механической и биологической очистки работают неэффективно и требуют реконструкции.

*Таблица 1 – Качественная характеристика сточных вод*

Показатель	Концентрации загрязняющих веществ, мг/дм <sup>3</sup> , в составе сточных вод		
	поступающих на очистные сооружения	на выпуске	допустимые [1]
Взвешенные вещества	584,3	78,6	17,0
БПК <sub>5</sub>	338,5	36,95	17,0
ХПК	783,73	100,4	68,0
Азот аммонийный	24,03	16,3	12,75
Азот общий	48,91	31,2	17,0
Фосфор общий	3,1	4,1	2,55

На основании обследования очистных сооружений г. Шклова установлено:

- приемная камера, находящаяся в голове очистных сооружений, открыта, что не способствует задержанию сильных запахов. Также отколоты часть краев приемной камеры;
- в решетках отмечена низкая эффективность задержания отбросов из-за широких прозоров между стержнями решетки;
- горизонтальные песколовки имеют отколотые края, но на работе самих сооружений это не сказывается;
- в первичных радиальных отстойниках отсутствуют водосливы, что не позволяет равномерно распределить сточную воду по всему периметру;
- сооружения биологической очистки работают неудовлетворительно, концентрации азота и фосфора на выпуске значительно превышают допустимые значения, система аэрации установлена в одной секции аэротенка;
- во вторичных радиальных отстойниках имеются зубчатые водосливы, которые несколько лет назад были установлены, но многие из них сломаны, часть отсутствует, что нарушает равномерное распределение сточной воды по всему периметру.

**Выводы.** Разработаны рекомендации по реконструкции очистных сооружений включающие: замену решеток на мелкопрозорчатые для обеспечения задержания отбросов, установку зубчатых водосливов в первичных отстойниках, реконструкцию аэротенка, так как существующая схема не позволяет произвести глубокое удаление азота и фосфора, замену системы аэрации в аэротенке, а также замену сломанных зубчатых водосливов во вторичных отстойниках.

#### Список литературы

- 1 Новикова, О. К. Технология очистки сточных вод : учеб. пособие / О. К. Новикова. – Гомель : БелГУТ, 2020. – 301 с.
- 2 Новикова, О. К. Направления реконструкции систем водоснабжения и канализации в Республики Беларусь / О. К. Новикова, А. А. Гриб // Проблемы безопасности на транспорте : материалы XI Междунар. науч.-практ. конф. : в 2 ч. Ч. 1 ; под общ. ред. Ю. И. Кулаженко. – Гомель : БелГУТ, 2021. – С. 296–298.

#### EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF THE OPERATION OF THE PURIFICATION FACILITIES IN THE CITY OF SHKLOV

A. V. EVDOKIMOVA  
*Belarusian State University of Transport, Gomel*

## АНАЛИЗ СИСТЕМЫ КАНАЛИЗАЦИИ ГРУППЫ МАЛЫХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

*К. В. ЖУРО, Н. П. СЕРЕДА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель  
kolya.sereda.2015@mail.ru*

**Актуальность.** Состояние окружающей среды и условия проживания населения определяют одну из наиболее острых социальных проблем, поскольку одним из элементов, влияющих на качество жизни населения, является уровень доступа к водоснабжению и канализации [1].

Важной составляющей комплекса мер по снижению антропогенной нагрузки на водные объекты является развитие технического регулирования в области отведения и очистки сточных вод. Данная проблема остро ощущается в малых населенных пунктах (численность до 5000 человек).

В настоящее время всего около 3 % сельских населенных пунктов Республики Беларусь имеют централизованную хозяйственно-бытовую канализацию [1], что представляет опасность для окружающей среды.

**Цель работы** – анализ состава сточных вод и определение наиболее экономичного варианта строительства системы канализации для группы малых населенных пунктов Бобовичи и Прибор Гомельского района.

**Основные результаты.** Численность жителей в н. п. Бобовичи составляет 1529 человек, среднесуточный расход сточных вод (за 2022 г.) – 74,48 м<sup>3</sup>/сут. Населенный пункт имеет очистные сооружения (поля фильтрации), введенные в эксплуатацию в 2005 году. Очистные сооружения представляют четыре карты общей площадью 2 га. Состояние очистных сооружений считается удовлетворительным. Населенный пункт имеет развитую инфраструктуру, поэтому сточные воды содержат большое количество различных примесей, которые при попадании в окружающую среду без централизованной системы канализации могут оказывать негативное воздействие [2, 3].

Численность населения в н. п. Прибор составляет 949 человека. Среднесуточный расход сточных вод (за 2022 г.) – 37,50 м<sup>3</sup>/сут. Населенный пункт имеет очистные сооружения (поля фильтрации). Очистные сооружения представляют собой две карты общей площадью 1 га, находящиеся в эксплуатации с 1975 года. Состояние очистных сооружений считается неудовлетворительным.

Результаты исследования состава и концентрации загрязняющих веществ в сточных водах от н. п. Бобовичи и Прибор представлены в таблице 1. Данные населенные пункты не имеют централизованных систем канализации.

Таблица 1 – Характеристика сточных вод

Показатель	Н. п. Бобовичи	Н. п. Прибор
рН	7,55	7,37
Температура, °С	20,2	–
Взвешенные вещества, мг/дм <sup>3</sup>	454	77
ХПК, мг/дм <sup>3</sup>	191	533
АПАВ, мг/дм <sup>3</sup>	6,54	–
Нефтепродукты, мг/дм <sup>3</sup>	12,1	–
Фосфор общий, мг/дм <sup>3</sup>	4,45	14,80
Азот аммонийный, мг/дм <sup>3</sup>	83,5	87,17
БПК <sub>5</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	124,5	108

При сравнении сточных вод данных населенных пунктов видно значительное различие по качественному и количественному компонентному составу, что необходимо учитывать при выборе технологической схемы очистки сточных вод.

**Выводы.** На основе проведения анализа систем канализации малых населенных пунктов предлагается: для н. п. Бобовичи произвести реконструкцию существующей системы канализации с подключением всего населенного пункта; для н. п. Прибор – произвести строительство системы канализации для группы малых населенных пунктов Прибор и Пионер. Для очистки сточных вод следует предусмотреть строительство очистных сооружений либо рассмотреть возможность подключения к напорному коллектору г. Гомеля, который транспортирует сточные воды на городские очистные сооружения.

#### Список литературы

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

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

3 Кудина, Е. Ф. Химия и микробиология воды : учеб. пособие / Е. Ф. Кудина, О. А. Ермолович, Ю. М. Плескачевский ; под ред. Ю. М. Плескачевского, А. С. Невзорова. – Гомель : БелГУТ, 2010. – 335 с.

#### ANALYSIS OF THE SEWERAGE SYSTEM OF A GROUP OF SMALL SETTLEMENTS

K. V. ZHURO, N. P. SEREDA

Belarusian State University of Transport, Gomel

## АНАЛИЗ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И КАНАЛИЗАЦИИ ПОСЕЛКА ГОРОДСКОГО ТИПА

*В. Б. КАЙСТРУК*

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

В последние годы получили интенсивное развитие поселки городского типа, отдаленные от крупных городов. К категории поселков городского типа относятся населенные пункты с численностью населения не менее 2 тысяч человек, имеющие промышленные, коммунальные, социально-культурные организации, организации торговли, общественного питания и бытового обслуживания населения [1].

Высокие требования к степени благоустройства, с одной стороны, и удаленность объектов от централизованных систем водоснабжения и канализации, – с другой, диктуют необходимость устройства в них своих собственных систем водоснабжения и канализации [2]. К настоящему времени наработан обширный опыт проектирования таких систем.

**Цель работы** – анализ работы систем водоснабжения и канализации поселка городского типа Терешковичи.

**Основные результаты.** Населенный пункт Терешковичи располагается в Гомельской области Республики Беларусь, численность населения составляет около 5 тысяч человек. В данном поселке также располагается крупное предприятие ОАО «Гомельская птицефабрика», которая осуществляет следующие виды деятельности: животноводство, растениеводство, производство пищевых продуктов, снабжение паром и горячей водой поселка, а также осуществляет очистку хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод.

Хозяйственно-питьевое и производственное водоснабжение птицефабрики осуществляется из подземного источника. В эксплуатации находится девять скважин дебитом 40 м<sup>3</sup>/ч.

Проектная производительность объединенной системы водоснабжения птицефабрики и поселка составляет 1396 м<sup>3</sup>/сут. Согласно исследованию показателей качества воды из скважин, содержание железа в воде составляет от 1,0 до 4,6 мг/л.

От групповых скважин до магистрального водовода, идущего вдоль автодороги, трубопроводы проложены в одну нитку, так как имеются резервные скважины. Магистральный водовод, а также трубопроводы, от станции обезжелезивания до населенного пункта и до котельной птицефабрики проложены в две нитки.

Разводящие водопроводные сети по птицефабрике и поселку – кольцевые, выполнены из чугунных труб диаметром 100–150 мм. Трубопроводы эксплуатируются с 1971 года, и с течением времени на внутренней поверхности труб появились отложения в виде наростов, что привело к снижению пропускной способности.

Система канализации включает в себя очистку производственных и хозяйственно-бытовых сточных вод поселка.

Все самотечные участки канализационных сетей на территории птицефабрики выполнены из керамических труб диаметром 150–250 мм, глубина укладки составляет 1,5–4,8 м.

Напорные трубопроводы после насосных станций перекачки выполнены из чугунных труб диаметрами 100 и 150 мм, глубина укладки – 2 м. Напорные трубопроводы проложены в две нитки, при этом аварийные выпуски перед насосными станциями отсутствуют.

Фактическая производительность очистных сооружений составляет 1490 м<sup>3</sup>/сут. Из каждого здания сточные воды по самотечным трубопроводам поступают на канализационную насосную станцию, откуда насосами перекачиваются на очистные сооружения, включающие песколовки, двухъярусные отстойники и поля фильтрации.

Применение почвенного метода очистки сточных вод на полях фильтрации обеспечивает накопления в почве биологически не окисляемых загрязнений и компонентов, губительно влияющих на почвенную флору и фауну. Кроме того, применение полей фильтрации сдерживается ростом цен и дефицитом земель вблизи населенных пунктов.

Схема очистных сооружений ОАО «Гомельская птицефабрика» населенного пункта Терешковичи представлена на рисунке 1.

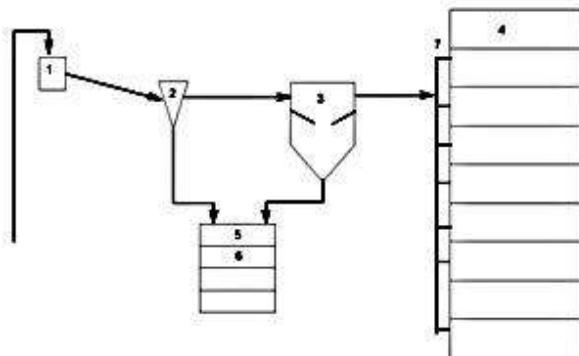


Рисунок 1 – Схема очистных сооружений

ОАО «Гомельская птицефабрика» н. п. Терешковичи:

- 1 – приемная камера; 2 – песколовка; 3 – 2-ярусные отстойники; 4 – поля фильтрации;  
5 – песковая площадка; 6 – иловые площадки; 7 – распределительный коллектор.

**Выводы.** С момента строительства птицефабрики и строительства систем водоснабжения и канализации прошло более 50 лет, что привело к износу сетей. В летний период времени действующий водозабор не справляется с нуждами населения в воде из-за низкого дебита скважин. Станция очистки сточных вод не обеспечивает эффективную и надежную очистку, часть сооружений разрушена и требует реконструкции.

#### Список литературы

1 Об административно-территориальном устройстве Республики Беларусь : Закон Республики Беларусь, ст. № 8 Населенные пункты // Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь от 20 марта 2001 № 154-3, 2/686.

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

#### ANALYSIS OF WATER SUPPLY AND SEWERAGE SYSTEMS VILLAGES OF URBAN TYPE

V. V. *KAYSTRUK*

*Belarusian State University of Transport, Gomel*

УДК 628.064.36

#### ОСОБЕННОСТИ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ СЕТЕЙ

*Д. П. КАРПЕНКО*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

**Актуальность.** В настоящее время Республика Беларусь имеет развитую систему хозяйственно-бытовой канализации. Централизованной канализацией охвачено более 96 % застроенной территории. В то же время общей проблемой для всех городов Беларуси является недостаточное канализование индивидуальных жилых секторов, а также ряда зданий старой постройки в исторической части городов.

**Цель работы** – анализ применяемых методов диагностики сетей канализации.

**Основные результаты.** В настоящее время канализационные сети эксплуатируются из следующих материалов: кирпич, сталь, бетон и асбестоцемент, керамика. Большая часть из данных материалов отличается сверхнормативным сроком эксплуатации.

Общая протяженность канализационных сетей составляет 19009 км, из них со сверхнормативным сроком – 5858 км (30,8 %) (рисунок 1).



Рисунок 1 – Материалы, применяемые в системах канализации

Контроль сварных соединений трубопроводов различного назначения во всем мире осуществляется следующими методами: визуально-измерительным, ультразвуковым, рентгеновским контролем; разрывными испытаниями сварных соединений (на растяжение и сжатие). Выбор метода зависит от материала труб и его эксплуатационных характеристик (давление, температура, среда) и устанавливается нормативной документацией на конкретную группу трубопроводов.

Ультразвуковому контролю при строительстве подвергаются все швы стальных и полиэтиленовых трубопроводов закрытой прокладки, рентгеновскому контролю подвергается не менее 10 % сварных швов стальных труб [1]. Ультразвуковой контроль качества сварных швов проводится с целью обнаружения недопустимых внутренних дефектов (трещин, непроваров, свищей, незаваренных кратеров, прожогов). Осуществляется ультразвуковыми дефектоскопами А1212 и УД-2-12, *EPOCH-4*, *EPOCH-LTC*, А1550 *IntroVisor*. Современный томограф А1550 *IntroVisor* не только обеспечивает высокий уровень контроля, но и позволяет визуализировать внутренние дефекты [3].

Рентгенографический контроль сварных швов стальных трубопроводов проводится с помощью импульсного аппарата САРМА-300 методом рентгеновского просвечивания с последующей проявкой и расшифровкой пленок. В настоящее время внедряется комплекс цифровой радиографии Фосфоматик-40, морально устаревшую рентгеновскую пленку заменяют многоразовой фосфорной пластиной. Это позволит оперативно расшифровывать рентгеновские снимки прямо на объекте и быстро принимать решения.

В последнее время для прокладки и замены канализационных сетей все чаще применяются полиэтиленовые трубы. Метод протягивания полиэтиленового рукава составил 40 % всех ремонтируемых трубопроводов.

Ультразвуковому контролю подвергаются все сварные соединения полиэтиленовых трубопроводов, выполненные сваркой нагретым инструментом встык и соответствующие требованиям визуального контроля. Визуально-измерительный и ультразвуковой контроль проводится с использованием того же оборудования, что и при контроле сварных швов стальных труб.

Наиболее часто встречающимся дефектом в сварных соединениях канализационных трубопроводов из полиэтилена низкого давления является несплавление торцов труб, обусловленное нарушением параметров сварки. Также были выявлены отступления от допускаемых размеров и формы валиков грата шва, смещения кромок труб, превышающие допускаемые размеры, несплавление кромок труб в сварном шве, трещины в шве, недопустимые механические повреждения в зоне шва и околошовной зоне.

Для проведения разрывных испытаний допусковых и контрольных сварных соединений из полиэтиленовых может быть использована универсальная электромеханическая испытательная система *Instron 3369*. Машина предназначена для испытаний на растяжение и сжатие сварных соединений труб из полимерных материалов с целью определения их механических характеристик. Обладает хорошими эксплуатационными характеристиками и высокой точностью измерения перемещения ( $\pm 0,1\%$ ), полный контроль и управление системой осуществляется с компьютера.

В последнее время на трубопроводах подземной прокладки участились случаи локального коррозионного разрушения стальных труб в местах, где отсутствует или повреждено изоляционное покрытие. В данных условиях становится особенно важен контроль наружного изоляционного покрытия на этапе прокладки. Контролю подвергается 100 % стальных трубопроводов и футляров.

Данный вид контроля включает следующий комплекс работ: измерение толщины изоляционного покрытия; измерение адгезии защитного покрытия в траншее до засыпки (на 10 % сварных швов) адгезиметром; определение диэлектрической сплошности защитного покрытия в траншее до засыпки (100 %) искровым дефектоскопом; 100%-я проверка отсутствия внешних повреждений, вызывающих непосредственный электрический контакт между металлом труб и грунтом после обратной засыпки (в случае открытой прокладки стальных трубопроводов); фотосъемка.

Приемка канализационных трубопроводов уже давно осуществляется с применением телевизионной диагностики.

В последнее время при прокладке новых канализационных сетей применяются в основном полиэтиленовые трубы. При обследовании труб из полиэтилена низкого давления специалисты столкнулись с тем, что робот

скользит по трубе и тяжело проходит наплывы в сварных швах. С данными трудностями хорошо справился робот *Digimax* фирмы *Rico* с колесами из более мягкой резины.

Поскольку дефекты в новых трубах определяются материалом, из которого они изготовлены, а не назначением (в отличие от труб после их эксплуатации, где важным фактором является транспортируемая среда), те же дефекты наблюдаются в чугунных и стальных трубах канализационной сети. Так, в хризотилцементных трубах, прокладываемых в системах безнапорной канализации, могут образовываться кольцевые трещины, а полиэтиленовые трубы могут быть просто раздавлены грунтом.

**Выводы.** Наряду с прокладкой новых трубопроводов ведется широкомасштабная замена старых канализационных сетей.

Основными методами их восстановления являются: нанесение на внутреннюю поверхность трубы цементно-песчаного покрытия, протягивание полиэтиленовых труб или рукава.

Теледиagnostика необходима на всех этапах: до санации (так как наросты и отложения на старых трубах мешают технологиям бестраншейного восстановления), после прочистки, непосредственно перед нанесением цементно-песчаного покрытия, а также после проведения восстановительных работ (для оценки их качества).

В зависимости от метода реконструкции дефектами таких работ могут быть складки полимерного рукава, трещины, сколы, отсутствие в местах сварных соединений цементно-песчаного покрытия.

#### Список литературы

- 1 СН 4.01.02–2019. Канализация. Наружные сети и сооружения. – Введ. 2019-10-31. – Минск : Минстройархитектуры, 2020. – 68 с.
- 2 Визуально-оптический контроль качества изделий : метод. / Ю. В. Василевич [и др.]. – Минск : БНТУ, 2013. – 47 с.
- 3 Щербинский, В. Г. Технология ультразвукового контроля сварных соединений / В. Г. Щербинский. – М. : Тиссо, 2005. – 58 с.

#### FEATURES OF DIAGNOSTICS OF THE STATE OF SEWER NETWORKS

*D. P. KARPENKO*

*Belarusian State University of Transport, Gomel*

## ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ МОДИФИЦИРОВАННЫХ АНТРАЦИТОВ ДЛЯ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

*П. А. КЛЕБЕКО*

*БелНИЦ ЭКОЛОГИЯ, г. Минск, Республика Беларусь  
pavkle@mail.ru*

**Актуальность.** Одним из актуальных направлений повышения эффективности работы станций обезжелезивания является поиск новых материалов, обладающих большей селективностью и каталитической активностью к извлечению ионов железа.

Основным элементом станции обезжелезивания является фильтр обезжелезивания. В качестве загрузки используются кварцевый песок, дробленый керамзит, различные угли, гранитный щебень и другие материалы. В работах [1, 2] показано, что осадки обезжелезивания могут использоваться для получения каталитических материалов (модификации поверхности инертных гранулированных материалов), что приводит к значительному сокращению времени их зарядки и повышению эффективности обезжелезивания до 3,5 раз, чем при использовании необработанных материалов [3, 4]. Предложенные технические решения позволяют вернуть в хозяйственный оборот осадки станций обезжелезивания, что решает задачу ресурсосбережения и охраны окружающей среды, а также позволит повысить эффективность работы станций обезжелезивания на этапах обезжелезивания [5].

**Цель работы** – оценка эффективности использования модифицированных антрацитов в технологии обезжелезивания подземных вод.

**Основные результаты.** По результатам проведенных исследований было выявлено, что наиболее приемлемый результат обезжелезивания в первых порциях воды можно получить при содержании железа на поверхности более 5 %.

Из экологических аспектов технологии модификации каталитической загрузки можно выделить следующие:

– на стадии выщелачивания происходит выброс диоксида углерода за счет разложения карбонатов;

– на стадии фильтрования – образование нерастворенного осадка в количестве 10–45 % от исходного, содержащего преимущественно оксид кремния, а также незначительные количества алюминия, кальция, марганца, железа;

– на стадии синтеза образуются выбросы азота, оксидов углерода, пары воды и незначительные выбросы невосстановившихся оксидов азота.

Сточные воды образуются при промывке оборудования. В составе сточных вод могут присутствовать азотная кислота, взвешенные вещества, ионы железа.

Установлено, что наличие оксидных форм железа на поверхности антрацита не приводит к существенному изменению измеренных эксплуатационных характеристик в сравнении с исходным материалом. На полученные значения гидравлической крупности не оказала влияния даже партия антрацитов. Все измеренные значения лежат в интервалах, действительных для исходных антрацитов.

Для расчетов основных технико-экономических показателей внедрения данной технологии была принята производительность технологической линии, равная 82 т/год.

В смету включена стоимость неучтенного оборудования, равная 10 % от суммарной стоимости учтенного оборудования. Транспортные расходы – 15 % от общей стоимости оборудования, расходы на монтаж – 15 %, инструмент и т. п. – 3 %. Также были учтены капитальные вложения во вспомогательные объекты, которые были приняты в размере 30 % от стоимости основных объектов.

Рассмотрено два варианта реализации технологии (таблица 1): из отходов станций обезжелезивания (вариант 1); из нитрата железа (вариант 2).

*Таблица 1 – Экономическая эффективность предлагаемого мероприятия*

Показатель	Вариант 1	Вариант 2
Капитальные вложения, руб.	51 434	32 764
Текущие затраты, руб./год	690 024	706 687
Количество используемых отходов, т/год	20,0	0
Количество получаемого модифицированного антрацита, т/год	777,86	777,86
Чистый дисконтированный доход, руб.	124 069	82 491
Внутренняя норма доходности, д. е.	0,375	0,62
Индекс прибыльности	3,4	3,5
Срок окупаемости, лет:		
простой	1,05	1,01
динамический	1,4	1,3

**Выводы.** Таким образом, в результате внедрения предложенного ПОМ уменьшится количество захораниваемого железосодержащего осадка с 17,37 до 0 т/год, однако будет выбрасываться диоксид углерода в количестве 133,8 т/год. Также будет производиться модифицированный антрацит в количестве 82,3 т/год, который покрывает нужды станции обезжелезивания, а оставшуюся часть можно продать как готовый продукт.

## Список литературы

1 Романовский, В. И. Проблемы утилизации отходов водоподготовки и очистки сточных вод в Беларуси / В. И. Романовский, А. А. Федоренчик, А. Д. Гуринович // Вестник БрГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2011. – № 2 (68). – С. 66–69.

2 Пропольский, Д. Э. Полифункциональный модифицированный уголь для очистки подземных вод / Д. Э. Пропольский, В. И. Романовский // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управлени. – 2020. – № 4. – С. 103–111.

3 Романовский, В. И. Очистка подземных вод от железа с использованием модифицированных антрацитов / В. И. Романовский // Вестник БрГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2016. – № 2 (98). – С. 80–83.

4 Романовский, В. И. Анализ загрязнений источников питьевого водоснабжения в Республике Беларусь / В. И. Романовский // Вестник БрГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2014. – № 2. – С. 65–67.

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

## FEASIBILITY SUBSTANTIATION OF THE TECHNOLOGY OF OBTAINING MODIFIED ANTHRACITES FOR GROUNDWATER DEIRONIZATION

*P. A. KLEBEKO*

*BelSRC ECOLOGY, Minsk, Republic of Belarus*

УДК 648.6

## ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ПРОМЫВНЫХ ВОД СТАНЦИЙ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ

*П. А. КЛЕБЕКО*

*БелНИЦ ЭКОЛОГИЯ, г. Минск, Республика Беларусь  
pavkle@mail.ru*

**Актуальность.** Переработка отходов в товарные материалы является актуальным направлением в природоохранной сфере. Одними из таких перспективных материалов являются отходы отработанных ионообменных смол [1–3]. По результатам ранее проведенных исследований было выявлено, что наиболее приемлемый результат осветления промывных вод можно достичь, используя смесь предварительно измельченных анионита АВ-17-8 и катионита КУ-2-8 в соотношении 1:1 и дозе не менее 1,0 г/л [4, 5]. В Республике Беларусь наиболее распространенным методом обезжелезивания воды является фильтрование через зернистую загрузку с предварительной глубокой либо упрощенной аэрацией. Регенерация фильтров осуществляется водовоздушной либо водяной промывкой.

Доля воды, расходуемой для промывки, может достигать до 10 % от общего расхода очищаемой воды. Промывные воды, образующиеся в процессе

регенерации, характеризуются высоким содержанием железа, концентрация которого достигает 500 мг/л.

Использование отходов отработанных ионообменных смол для получения коагулянтов, для интенсификации процесса очистки промывных вод позволит вернуть в процесс до 7 % воды, используемой на промывку фильтров обезжелезивания, тем самым позволив сократить объём водозабора на такой же объём.

**Цель работы** – оценить эффективность использования коагулянтов из отработанных ионообменных смол в технологии обезжелезивания промывных вод фильтров обезжелезивания.

**Основные результаты.** Получение коагулянта может производиться согласно одному из вариантов [1–5]. Например, при использовании суперкавитирующей установки, вальцов, планетарной мельницы, ультразвукового диспергатора и их комбинаций.

Из экологических аспектов процесса можно выделить образование осадка в количестве около 125 т/год, содержащего железо и агрегаты измельченных ионообменных смол, а также образование сточных вод при промывке оборудования приготовления коагулянта. В составе сточных вод могут присутствовать взвешенные вещества (частицы ионообменных смол).

Для расчетов основных технико-экономических показателей внедрения данной технологии была принята производительность технологической линии, равная 10 тыс. м<sup>3</sup>/год. В смету также включена стоимость неучтенного оборудования, равная 10 % от суммарной стоимости учтенного оборудования. Транспортные расходы составляют 15 % от общей стоимости оборудования, расходы на монтаж – 15 %, инструмент и т. п. – 3 %. Также были учтены капитальные вложения во вспомогательные объекты, которые были приняты в размере 30 % от стоимости основных объектов. Сводные данные результатов расчетов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Экономическая эффективность предлагаемого мероприятия

Показатель	Значение показателя
Капитальные вложения, руб.	71 305
Текущие затраты, руб./год	17 899
Количество используемых отходов, т/год	225
Количество очищаемых промывных вод, м <sup>3</sup> /год	90 000
Количество возвращаемых промывных вод, м <sup>3</sup> /год	89 775
Чистый дисконтированный доход, руб.	28 665
Внутренняя норма доходности, д.е.	0,21
Индекс прибыльности	1,4
Срок окупаемости, лет:	
простой	2,5
динамический	4,5

**Выводы.** В результате внедрения предложенного ПОМ сократится забор подземных вод в объеме 89 775,0 м<sup>3</sup>/год, за счет очистки промывных вод вместо их сброса. Использование коагулянтов из отработанных ионообменных смол в технологии очистки промывных вод экономически эффективно, так как позволяет заменить коагулянты или дорогостоящие полимерные флокулянты при сохранении требуемой степени очистки промывных вод фильтров обезжелезивания.

#### Список литературы

1 **Романовский, В. И.** Механохимическая переработка отходов ионообменных смол / В. И. Романовский, В. Н. Марцуль // Труды БГТУ. Сер. IV : Химия и технология органических веществ. – 2006. – № 14. – С. 89–91.

2 **Романовский, В. И.** Проблемы утилизации отходов водоподготовки и очистки сточных вод в Беларуси / В. И. Романовский, А. А. Федоренчик, А. Д. Гуринович // Вестник БрГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2011. – №2 (68). – С. 66–69.

3 **Романовский, В. И.** Термическая деструкция отработанных синтетических ионитов / В. И. Романовский, В. Н. Марцуль // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Сер. хім. Навук. 2008. – № 1. – С. 115–119.

4 **Икон, А. В.** Разделение отработанных смазочно-охлаждающих жидкостей / А. В. Икон, В. И. Романовский // Экологические проблемы промышленных городов : материалы Всерос. науч.-практ. конф. с международным участием (СГТУ, Саратов 12–14 апреля 2011) СГТУ, 2011. – Ч. 2. – С. 198–199.

5 **Романовский, В. И.** Материалы для очистки сточных вод на основе отработанных синтетических ионитов / В. И. Романовский, В. Н. Марцуль // Ресурсо- и энерго-сберегающие технологии и оборудование, экологически безопасные технологии : материалы докл. Междунар. науч.-техн. конф. (Минск, 19–20 ноября 2008) Белорус. гос. техн. ун-т ; редкол. : И. М. Жарский [и др.]. – Минск : БГТУ, 2008. – С. 141–142.

#### FEASIBILITY SUBSTANTIATION OF THE TECHNOLOGY OF PURIFICATION OF WASH WATER OF IRON REMOVAL STATIONS

*P. A. KLEBEKO*

*BelSRC ECOLOGY, Minsk, Republic of Belarus*

## СОСТОЯНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДЫ В БЕЛАРУСИ

*О. В. КОВАЛЁВА, А. Ф. КАРПЕНКО*

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

**Актуальность.** В Беларуси общепринята разработка и утверждение отраслевых пятилетних государственных программ. Так, постановлением Совета Министров была утверждена государственная программа «Охрана окружающей среды и устойчивое использование природных ресурсов на 2021–2025 годы» (Государственная программа). Предусматривается, что её реализация должна быть направлена на достижение Целей устойчивого развития, принятых 25 сентября 2015 г. в ООН в соответствии с Повесткой дня в области устойчивого развития до 2030 г. [1]. Осуществлению мероприятий текущей Государственной программы должны способствовать выполненные в полном объеме 116 целевых показателей предыдущей государственной программы «Охрана окружающей среды и устойчивое использование природных ресурсов» за 2016–2020 гг. В числе целевых показателей – прирост запасов пресных вод суммарно за пять лет на 224,72 тыс. м<sup>3</sup> при задании 165 тыс. м<sup>3</sup> в сутки (2018 г. – 57,7 тыс. м<sup>3</sup>, в 2019 г. – на 57,2 тыс. м<sup>3</sup>, в 2020 г. – на 32,9 тыс. м<sup>3</sup>) [2]. По данным Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды за прошедшую пятилетку в Республике было разведано 609 участков месторождений пресных подземных вод с промышленными запасами 6,4 млн м<sup>3</sup> в сутки и 245 месторождений минеральных подземных вод с промышленными запасами 64,4 тыс. м<sup>3</sup> в сутки. Также проведена инвентаризация поверхностных водных объектов (водотоков с площадью водосбора от 30 км<sup>2</sup>, водоемов с площадью водной глади от 0,5 км<sup>2</sup> и родников), в результате которой установлено, что в Республике Беларусь с такими параметрами в настоящее время насчитывается 3160 водотоков, 3940 водоемов и 1182 родника. Проведены работы по повторному заболачиванию торфяников на площади более 60 тыс. га, которые должны стать дополнительным резервуаром водных ресурсов [2]. Республика Беларусь в настоящее время в достаточной мере обеспечена водными ресурсами. Водообеспеченность составляет 6,1 тыс. м<sup>3</sup> воды в год на душу населения, что соответствует среднеевропейскому значению (6 тыс. м<sup>3</sup> воды в год на душу населения) [2]. Поэтому актуальной задачей в республике является и дальнейшее сохранение и экономное использование имеющегося водного богатства [3].

**Цель работы** – оценить состояние использования воды в Беларуси за первый год реализации Государственной программы.

**Основные результаты.** Одна из задач Государственной программы в вопросах водопользования является обеспечение экологически благоприятных условий жизнедеятельности населения путём сохранения воды, ежегодного учёта её добычи, расхода и сброса в окружающую среду.

Как видно из показателей (таблица 1), в 2021 г. в республике было добыто вод на 97 млн м<sup>3</sup> более, чем в 2020 г., или 107,3 % к предыдущему году. Среди изъятной воды доля подземных вод составила 57 %, поверхностных – 43 %. При этом количество изъятых поверхностных вод в 2021 г. оказалось на 83 млн м<sup>3</sup> больше, а подземных – на 14 млн м<sup>3</sup>, в сравнении с 2020 г. Уровень использования воды от добытой как в 2020 г., так и в 2021 г. составил 89,9 %. Использование воды на хозяйственно-питьевые нужды в 2021 г. увеличилось на 33 млн м<sup>3</sup>, что составило 106,8 % от показателя предшествующего года. Также установлен прирост водопотребления для нужд промышленности на 13,1 % и сельского хозяйства на 6,6 %.

Таблица 1 – Использование воды в Республике Беларусь за 2020–2021 гг. [4]

Показатель	2020 г.	2021 г.
1 Добыто вод – всего	1328	1425
В том числе:		
1.1 Подземных вод	799	813
1.2 Поверхностных вод	529	612
2. Использовано воды	1195	1281
В том числе:		
2.1 На хозяйственно-питьевые нужды	484	517
2.2 На нужды промышленности	199	225
2.3 На нужды сельского хозяйства – всего	379	404
3 Сброшено сточных вод в окружающую среду – всего	1155	1254
3.1 В поверхностные водные объекты с учетом различной степени очистки	1038	1134
В том числе:		
3.1.1 Недостаточно очищенных сточных вод	2,67	2,34
3.1.2 Нормативно очищенных сточных вод	694,1	745
3.1.3 Сточных вод без их предварительной очистки	341,08	386,3

В 2020 г. 87 % добытой воды в виде сточных вод поступило в окружающую среду, в 2021 г. – 88 %. Сброс сточных вод в количественном выражении в 2021 г. прирос на 99 млн м<sup>3</sup> или на 8,7 %. Из всего объема сточных вод в поверхностные водные объекты было сброшено в 2021 г. на 96 млн м<sup>3</sup> больше, а также на 45,2 млн м<sup>3</sup> больше сточных вод без их предварительной очистки. Доля сточных вод без предварительной очистки среди сброшенного объема сточных вод в окружающую среду в 2021 г. составила 30,8 %, что на 1,3 % выше, чем в 2020 г. Одновременно с этим следует подчеркнуть, что фактическая мощность очистных сооружений, после которых сточные воды могут сбрасываться в поверхностные водные объекты, за период с 2017 по

2021 гг. увеличилась в 2,2 раза и достигла 4182 млн м<sup>3</sup>. Из этого следует, что в республике имеются возможности не допускать образования сброса сточных в окружающую среду вод без их предварительной очистки.

**Выводы.** Анализ использования воды в Беларуси за первый год реализации государственной программы «Охрана окружающей среды и устойчивое использование природных ресурсов на 2021–2025 годы» свидетельствует, что в республике в 2021 г. было добыто воды на 97 млн м<sup>3</sup> больше, чем в 2020 г. Среди изъятной природной воды доля подземных вод составила 57 %, поверхностных – 43 %. Использование в народном хозяйстве воды от добытой в 2020 г. в 2021 г. составило 89,9 %. Направление воды на хозяйственно-питьевые нужды в 2021 г. приросло на 33 млн м<sup>3</sup> и составило 106,8 % от показателя предшествующего года. Также установлен прирост водопотребления для нужд промышленности на 13,1 % и сельского хозяйства на 6,6 %. Объём сточных вод в 2021 г. увеличился на 99 млн м<sup>3</sup> или на 8,7 %. Из всего объема сточных вод в поверхностные водные объекты было сброшено в 2021 г. на 96 млн м<sup>3</sup> больше, в том числе на 45,2 млн м<sup>3</sup>. сточных вод без их предварительной очистки. Доля сточных вод без предварительной очистки среди сброшенного объема сточных вод в окружающую среду в 2021 г. составила 30,8 %, что на 1,3 % выше, чем в 2020 г. В республике имеются мощности очистных сооружений, позволяющие не допускать образования сброса сточных в окружающую среду вод без их предварительной очистки.

#### Список литературы

1 Государственная программа «Охрана окружающей среды и устойчивое использование природных ресурсов на 2021–2025 годы» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https:// www.minpriroda.gov.by/ru/prog/](https://www.minpriroda.gov.by/ru/prog/). – Дата доступа : 08.08.2023.

2 Реализация Государственной программы «Охрана окружающей среды и устойчивое использование природных ресурсов на 2016–2020 годы» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [www.minpriroda.gov.by/ru/vodnres-ru/](http://www.minpriroda.gov.by/ru/vodnres-ru/). – Дата доступа : 06.03.2023.

3 **Ковалёва, О. В.** Гидробиология. Структура и функционирование гидрозкостем: практическое пособие для студентов специальности «Геоэкология» / О. В. Ковалёва. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2017. – 44 с.

4 Охрана окружающей среды в Республике Беларусь. Статистический буклет. – Минск, 2022. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https:// www.belstat.gov.by/ofitsialnayastatistika/publications/izdania/public\\_5542.3/](https://www.belstat.gov.by/ofitsialnayastatistika/publications/izdania/public_5542.3/). – Дата доступа : 06.03.2023.

#### STATE OF WATER USE IN BELARUS

*O. V. KOVALEVA, A. F. KARPENKO*

*Francisk Skorina Gomel State University, Republic of Belarus*

## ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ В НЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКАХ ВОДОСНАБЖЕНИЯ г. ГОМЕЛЯ И ГОМЕЛЬСКОГО РАЙОНА

*О. В. КОВАЛЁВА, Т. А. ТИМОФЕЕВА*

*Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины*

*Республика Беларусь*

*sanakovaleva@mail.ru, myshlion@mail.ru*

**Актуальность.** Своевременная оценка качества питьевой воды позволяет определить эпидемиологическую безопасность источника водоснабжения и прогнозировать его дальнейшее использование без ущерба для здоровья населению.

**Цель работы** – установить качество воды в нецентрализованных источниках водоснабжения г. Гомеля и Гомельского района и оценить возможность их использования как источников питьевой воды.

**Основные результаты.** В г. Гомеле и Гомельском районе насчитывается большое количество действующих источников нецентрализованного питьевого водоснабжения – шахтные и трубчатые колодцы (колонки) в частном секторе города и района, которые активно используются населением. Очень важно контролировать качество воды в данных источниках.

В 2022 г. проведено выборочное исследование качества питьевой воды трех трубчатых колонок г. Гомеля и Гомельского района. На основании полученных данных проведены расчёты опасности [1] поступающих в организм с питьевой водой загрязняющих веществ для здоровья жителей, пользующихся данными колонками: расчёты потенциальной дозы (суточного поступления) веществ в организм человека и средней суточной дозы в течение жизни (*LADD*) или величины поступления (*I*) (таблица 1). Установлено, что только в пункте 2 вода соответствует нормативам качества. При постоянном употреблении воды из пункта 1 величина поступления железа общего превышает норму в 12,5 раз, близко к нормативу и поступление в организм марганца. В воде (пункт 3) также отмечены повышенные концентрации железа, поступление которого в организм с питьевой водой в 7,5 раз превышает допустимое.

Также установлены значения потенциального риска неспецифических токсических эффектов, связанных с регулярным потреблением загрязнённой питьевой воды. Полученные результаты указывают, что неканцерогенный риск данных веществ находится под порогом опасности по нитратам на пункте 3 и со 100%-й вероятностью по железу общему он приведет к риску для здоровья человека на пунктах 1 и 3. Величины поступления железа и марганца показывают, что данные вещества в присутствующих количествах могут оказывать заметное токсическое воздействие на организм.

Таблица 1 – Поступление веществ в организм человека

Показатель	Концентрация вещества в воде, мг/дм <sup>3</sup>	Потенциальная доза, мг/день	Величина поступления вещества, мг/кг сут	Норма поступления вещества, мг/кг сут
<b>Микрорайон Новая Жизнь, ул. Молодости (пункт 1)</b>				
Мутность	1,97	3,94	0,06	–
Нитраты	1,0	2,0	0,03	2,25
Сульфаты	10,5	21,0	0,34	–
Хлориды	3,35	6,70	0,108	–
Железо общее	3,88	7,76	0,125	0,0100
Марганец	0,15	0,3	0,0048	0,0050
Общая минерализация	238,4	476,8	7,69	–
<b>Ул. Новополесская (пункт 2)</b>				
Общая минерализация	182,05	364,1	5,87	–
Жесткость общая	2,89	5,78	0,09	–
Хлориды	8,01	16,02	0,26	–
Сульфаты	2,24	4,48	0,07	–
Нитраты	1,66	3,32	0,05	2,25
Марганец	0,076	0,152	0,002	0,0050
<b>Гомельский район, д. Климовка, ул. 1-я Совхозная (пункт 3)</b>				
Жесткость общая	14,5	29,0	0,47	–
Железо общее	2,34	4,68	0,075	0,0100
Аммиак	2,19	4,38	0,07	0,98
Хлориды	30,0	60,0	0,97	–
Нитраты	45,0	90,0	1,45	2,25
Сульфаты	119,0	238,0	3,84	–

**Выводы.** Потенциальный риск токсических эффектов, связанных с регулярным потреблением воды в пунктах 1 и 3, высокий.

## EVALUATION OF WATER QUALITY IN NON-CENTRALIZED WATER SOURCES IN GOMEL CITY AND GOMEL DISTRICT

*O. V. KOVALEVA, T. A. TIMOFEEVA*

*Francisk Skorina Gomel State University, Republic of Belarus*

## ПОЛУЧЕНИЕ СИНТЕТИЧЕСКОГО ГИПСА ПОВЫШЕННОЙ СОРТНОСТИ НА ОСНОВЕ ОСАДКА КОАГУЛЯЦИИ ПРИРОДНЫХ ВОД

*М. А. КОМАРОВ*

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

**Актуальность.** В связи с актуальной задачей по вовлечению вторичного сырья в производство и проводимой политикой по импортозамещению актуальным вопросом становится переработка осадков коагуляции природных вод на полезные продукты [1, 2]. Одним из путей его переработки является воздействие на него серной кислотой в системе  $\text{CaCO}_3 - \text{H}_2\text{SO}_4 - \text{H}_2\text{O}$  [3], что позволит решить проблему переработки осадков коагуляции и получать синтетический гипс – аналог импортируемому природному гипсовому камню.

**Цель работы** – получение синтетического гипса повышенного качества из железокarbonат-содержащего осадка коагуляции промышленной водоподготовки промывкой от остаточных соединений железа.

**Основные результаты.** Анализ полученных данных методом Ритвельда показал, что синтезированный образец представляет собой гипс (рисунок 1) моноклинной структуры с пространственными группами  $\text{C12/m1}$ . Положения пиков и параметры кристаллических ячеек хорошо согласуются с соответствующими данными JCPDS (PDF 033-0311) и указывают на высокую степень кристалличности. Вычисленные значения среднего размера зерен образцов составили 43,2 нм (рассчитано для наиболее интенсивного пика при 11,9 градуса 2 тета). Также на дифрактограмме синтезированного образца наблюдались пики сульфата железа (PDF 33-0679). Это определяет необходимость промывки свеже синтезированного гипса. После 5-кратной промывки пики сульфата железа исчезли (рисунок 1).

Элементный состав промытого синтезированного гипса содержит смесь железа в количестве 1,4 мас.%. Такой результат хорошо согласуется с уточнениями Ритвельда, показавшими, что синтезированный и промытый образец содержит 2,6 мас. % фазы сульфата железа. Это позволяет сделать вывод о том, что синтетический гипс, полученный по оптимальным параметрам, содержал не менее 95 мас. % дигидрата сульфата кальция, что соответствует марке природного гипсового камня I EN B 13279-1:2008. Фракцией, требуемой для получения высоких показателей прочности гипсового вяжущего, является фракция более 50 мкм. В работе показано, что присутствие ионов железа ускоряет зародышеобразование сульфата кальция. Полученный синтетический гипс из осадка коагуляции природных вод содержит необходимую фракцию в количестве 86,57 мас.%.

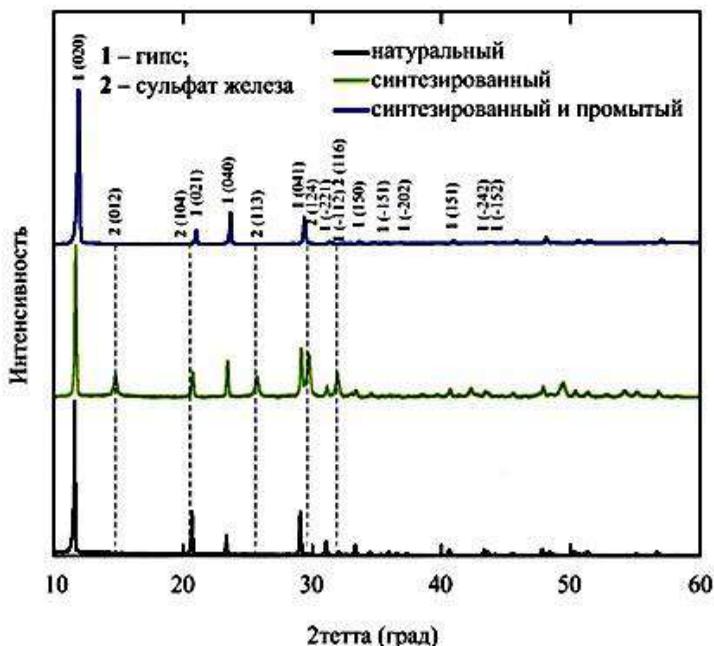


Рисунок 1 – Дифрактограммы XRD синтетического гипса по сравнению с природным

**Выводы.** Из проведенных исследований по переработке осадка коагуляции природных вод на синтетический гипс и обогашение последнего путем 5-кратной промывки позволяют получать конечный продукт со степенью чистоты не менее 95 мас. %, а это, в свою очередь, открывает широкую возможность по применению его в качестве сырьевых материалов для получения высококачественных гипсовых вяжущих на его основе и композиционных материалов строительного и технического назначения [4].

Полученный фильтрат в процессе синтеза может использоваться для получения коагулянта, магнитных сорбентов для удаления нефтепродуктов из водных сред, а также фотокаталитических материалов для деструкции растворенных органических веществ [5].

#### Список литературы

1 Low-energy synthesis of anhydrite cement from waste lime mud / M. Kamarou [et al.] // Journal of Chemical Technology & Biotechnology. – 2022. – Vol. 98, no. 3. – P. 789–796.

2 **Kamarou, M.** Structurally controlled synthesis of synthetic gypsum derived from industrial wastes: sustainable approach / M. Kamarou, N. Korob, V. Romanovski // Journal of Chemical Technology & Biotechnology. – 2021. – Vol. 96, no. 11. – P. 3134–3141.

3 **Romanovski, V.** Green Approach for Low-energy Direct Synthesis of Anhydrite from Industrial Wastes of Lime Mud and Spent Sulfuric Acid / V. Romanovski, A. Klyndyuk, M. Kamarou // Journal of Environmental Chemical Engineering. – 2021. – Vol. 9, no. 6. – P. 106711.

4 Gypsum and high quality binders derived from water treatment sediments and spent sulfuric acid: chemical engineering and environmental aspects / V. Romanovski [et al.] // Chemical Engineering Research and Design. – 2022. – Vol. 184. – P. 224–232.

5 Approaches for filtrate utilization from synthetic gypsum production / V. Romanovski [et al.] // Environmental Science and Pollution Research. – 2022.

## **OBTAINING HIGH-GRADE SYNTHETIC GYPSUM BASED ON NATURAL WATER COAGULATION SEDIMENT**

*M. A. KAMAROU*

*Belarusian State Technological University, Minsk*

УДК 628.544

## **ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ И КОАГУЛЯНТ НА ОСНОВЕ ФИЛЬТРАТА СИНТЕЗА СИНТЕТИЧЕСКОГО ГИПСА ИЗ ОСАДКА КОАГУЛЯЦИИ ПРИРОДНЫХ ВОД**

*M. A. КОМАРОВ*

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

**Актуальность.** Ранее нами был получен гипс первого сорта из отходов коагуляции природных вод. Наличие высокой концентрации железа в фильтрате и промывных водах предопределило некоторые направления его использования [1]. Одним из таких направлений, представляющих интерес, является получение фотокаталитических материалов для деструкции растворенных органических веществ.

**Цель работы** – изучить возможность использования образующегося фильтрата при синтезе синтетического гипса из железокarbonатсодержащего осадка коагуляции природных вод в качестве материалов для фотокаталитической деструкции растворенных органических загрязняющих веществ.

**Основные результаты.** Фильтрат по своему составу имеет существенное отличие от фильтрата, образуемого при использовании отсева известняка [2] и недопада извести [3] в качестве carbonатного сырья, за счет большой концентрации в нем сульфата железа. Получаемый фильтрат имеет pH 1,44 и содержание 15,66 г/л. Для дальнейшего его использования фильтрат необходимо нейтрализовать.

Сухой остаток полученного фильтрата содержит (мас. %):  
 O –  $40,43 \pm 5,52$ ; Na –  $2,25 \pm 0,50$ ; Mg –  $3,56 \pm 1,50$ ; Si –  $1,97 \pm 0,27$ ;  
 S –  $15,18 \pm 1,37$ ; Cl –  $0,94 \pm 0,37$ ; K –  $1,06 \pm 0,16$ ; Ca –  $31,01 \pm 4,76$ ;  
 C –  $3,61 \pm 0,92$ . Содержание элементов в сухом остатке фильтрата и пяти промывок представлено на рисунке 1.

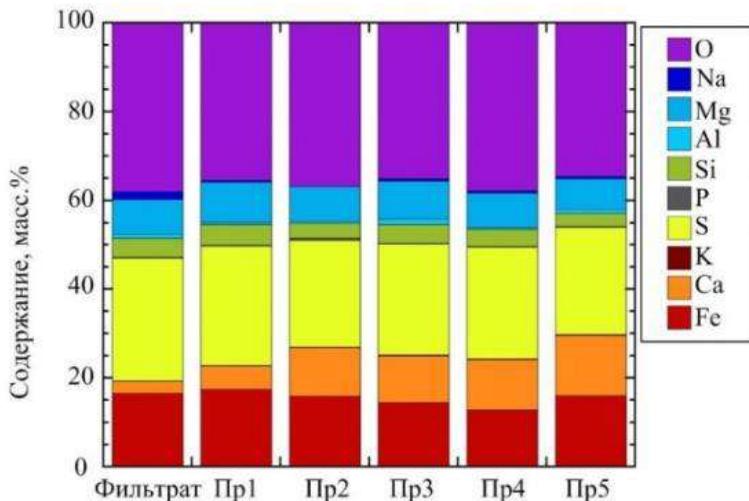


Рисунок 1 – Содержание элементов в сухом остатке фильтрата и пяти промывок

Кроме первичного фильтрата, полученный гипс промывался 5 раз водой с расходом 1,5 л/л кг гипса для вымывания из него сульфата железа для повышения сортности гипса, что положительно оказывает влияние на характеристики гипсовых вяжущих [4, 5].

При использовании полученных порошковых магнитных материалов для фотокаталитической деструкции красителя показано (рисунок 2), что наибольшей эффективностью обладает образец, синтезированный с использованием лимонной кислоты (CaFe-CA), а также гексаметилентетрамина (CaFe-НМТ). При 60 мин обработки эффективность фотодеструкции красителя составила около 78 %. Образцы, синтезированные с использованием глицина (CaFe-G) и мочевины (CaFe-U), дали результаты почти в 2 раза хуже – 30 и 38 % соответственно.

Константа скорости реакции для образцов CaFe-CA и CaFe-НМТ в 2–2,5 раза выше, чем для образцов CaFe-G и CaFe-НМТ.

Высокое содержание железа в фильтрате также предопределило возможность его использования в качестве коагулянта. Было проведено пробное коагулирование на модельных сточных водах, содержащих

взвешенные частицы. В ходе эксперимента было установлено, что оптимальная доза была одинаковой как для коагулянта, так и для фильтрата и составила 200 мг/л. Использование фильтрата в качестве коагулянта показало эффективность 77,8 %, что лишь на 4,9 % ниже, чем при использовании технического сульфата железа (82,7 %).

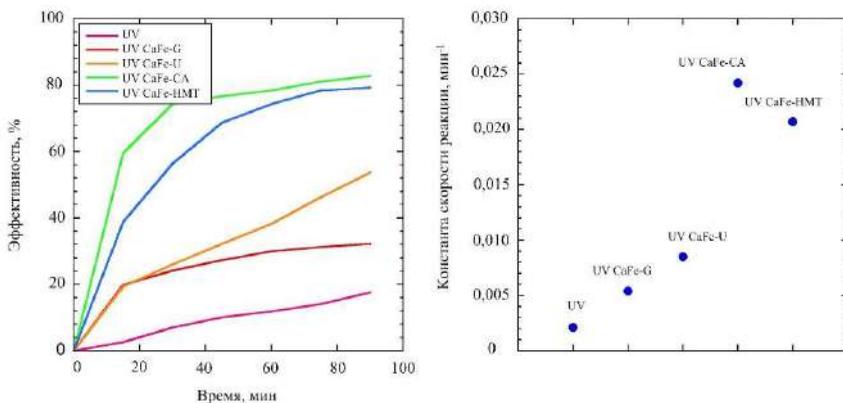


Рисунок 2 – Эффективность фотокаталитической деструкции красителя

**Выводы.** Проведенные экспериментальные исследования показали, что для получения сорбентов для удаления нефтепродуктов из водных сред наиболее эффективным является материал, полученный с использованием глицина в качестве восстановителя. Для получения эффективных фотокаталитических материалов для деструкции растворенных органических веществ наилучшие результаты показали образцы, полученные с использованием лимонной кислоты и гексаметилентетрамина в качестве восстановителя.

### Список литературы

- 1 Approaches for filtrate utilization from synthetic gypsum production / V. Romanovski [et al.] // Environmental Science and Pollution Research. – 2022.
- 2 Kamarou, M. Structurally controlled synthesis of synthetic gypsum derived from industrial wastes: sustainable approach / M. Kamarou, N. Korob, V. Romanovski // Journal of Chemical Technology & Biotechnology. – 2021. – Vol. 96, no. 11. – P. 3134–3141.
- 3 Low-energy synthesis of anhydrite cement from waste lime mud / M. Kamarou [et al.] // Journal of Chemical Technology & Biotechnology. – 2022. – Vol. 98, no. 3. – P. 789–796.

4 **Romanovski, V.** Gypsum and high quality binders derived from water treatment sediments and spent sulfuric acid: chemical engineering and environmental aspects / V. Romanovski [et al.] // Chemical Engineering Research and Design. – 2022. – Vol. 184. – P. 224–232.

5 **Romanovski, V.** Green approach for low-energy direct synthesis of anhydrite from industrial wastes of lime mud and spent sulfuric acid / V. Romanovski, A. Klyndyuk, M. Kamarou // Journal of Environmental Chemical Engineering. – 2021. – Vol. 9, no. 6. – P. 706–711.

## **PHOTOCATALYTIC MATERIALS AND COAGULANT BASED ON SYNTHETIC GYPSUM SYNTHESIS FILTER FROM NATURAL WATER COAGULATION SEDIMENT**

*M. A. KAMAROU*

*Belarusian State Technological University, Minsk*

УДК 628.1.033

## **РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО УСТРАНЕНИЮ НЕПРИЯТНЫХ ЗАПАХОВ С ПЛОЩАДОК СКЛАДИРОВАНИЯ ОСАДКА**

*Е. В. КОМАРОВА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

**Актуальность.** В процессе очистки сточных вод образуется осадок, который на большинстве очистных сооружений Республики Беларусь транспортируется для хранения на иловые площадки. Большой проблемой является выделение неприятных запахов при хранении осадка на иловых площадках, что влияет на экологическую обстановку в близлежащих к очистным сооружениям населенных пунктах.

Осадок сточных вод – сложная многокомпонентная система, состоящая из органической и минеральной частей. Объем влажных осадков, образующихся на очистных сооружениях, составляет 0,5–1,0 % от объема сточной воды в зависимости от технологической схемы очистки. Качество образующихся осадков сточных вод в основном зависит от нормы водоотведения, развития и характера промышленности, эффективности работы локальных очистных сооружений, от состава городских очистных сооружений.

Количество осадков постоянно растет, и на сегодняшний день они являются основным загрязнителем окружающей среды. Сооружения для обезвоживания осадка являются одними из важнейших элементов очистки. Получаемый на выходе из цеха обезвоживания продукт (кек) имеет характеристики, зависящие от качества поступающих на обработку осадков и каче-

ства обезвоживания. Из существующих способов обезвреживания, переработки и утилизации осадков сточных вод городских канализационных очистных сооружений можно выделить следующие направления [1]:

- обезвреживание и почвенное размещение;
- термическое использование (сжигание);
- депонирование на полигонах.

Самым распространенным методом утилизации является размещение осадков на полигонах, иловых площадках.

Кек, полученный при механическом способе обезвоживания, имеет специфический запах, который содержит повышенное количество сероводорода. При размещении кека на площадках складирования запах имеет суммарный характер, что влияет на близлежащие населенные пункты. Проблема распространения неприятного запаха является весьма актуальной.

**Цель работы** – анализ методов устранения неприятных запахов и разработка рекомендаций по их применению на очистных сооружениях.

**Основные результаты.** Для устранения неприятных запахов, распространяющихся на очистных сооружениях, рассмотрены различные методы. Например, для удаления стойкого запаха, распространяемого вблизи нового жилого района, из-за соседства с иловыми площадками, разбрызгивались ароматические вещества.

Это привело к временному устранению запахов, но сопровождалось рядом проблем: изменение направление ветра, постоянное присутствие обслуживающего персонала разбрызгивающих устройств, высокая стоимость ароматизаторов. Дальнейшее использование такого метода может привести к негативному влиянию на здоровье населения: от аллергических реакций до онкологических заболеваний, при вдыхании аэрозолей. Применение химических веществ не всегда дает стойкий эффект и сопровождается возможными проблемами повторного внесения химических реагентов в почву.

Например, применение известкования дает положительный эффект на определенный период времени и требует оперативного размещения осадков для их дальнейшего использования [2]. Одним из перспективных методов является использование биопрепаратов, состоящих из активных, нетоксичных бактерий естественного происхождения, специально отобранных и выращенных для ускорения биологического разложения сложных соединений, образованных в водоочистительных системах. Основными являются аэробные гетеротрофные бактерии, анаэробные и фотосинтетические бактерии.

Бактерии, в процессе своей жизнедеятельности, выделяют ферменты, необходимые для расщепления органических загрязнителей, что позволяет разлагать и перерабатывать органические отходы с высокой интенсивностью. Хранение бактерий осуществляется в двухкомпонентном биопрепарате, а при внесении их в питательную среду осуществляется интенсивный процесс

переработки различных веществ, в том числе происходит эффективное уменьшение концентрации сероводорода.

Можно выделить два основных вида биопрепаратов в зависимости от основных компонентов.

1 Биопрепарат на основе фотосинтезирующих бактерий с широким полем применения. Увеличивает скорость разложения медленно и трудно разлагающихся органических отходов, а также не разлагающихся естественными микроорганизмами веществ. Высокоактивный бактериальный препарат предназначен для сдерживания газообразных пахучих реакций, которые проходят в системах очистки сточных вод. Препарат уничтожает запахи биологического происхождения, в т. ч. запах сероводорода, может быть распылен на навозных кучах, навозных и компостных ямах.

2 Биопрепарат для быстрого устранения твердых органических отходов. Этот продукт ускоряет биологическое окисление накоплений донного осадка, трудно разлагающихся веществ, жирных кислот, углеводов и волокнистых веществ, способствует разложению осадка и шлама в промышленных, муниципальных и бытовых системах очистки сточных вод, на дне прудов, в лагунах, резервуарах-отстойниках, а также в септиках.

При применении компоненты биопрепарата смешиваются между собой, разводятся водой до необходимой концентрации. Итоговая смесь подается в узел подачи кека на складирование.

В узлах складирования кека биомасса двухкомпонентного биопрепарата начинает увеличиваться и распространяться на весь кек, находящийся в резервуаре хранения. При удалении части объема кека для вывоза на полигон ТБО и подачи в резервуар хранения нового объема кека, биомасса так же размножается на новых объемах.

**Выводы.** Раствор биопрепаратов в соотношении 2/1, общей концентрацией 1 % может быть рекомендован к использованию для снижения интенсивности характерного запаха кека в помещении цеха механического обезвоживания, предотвращения распространения (блокирования) этого запаха при транспортировке и складировании обезвоженного осадка сточных вод. Применение биопрепаратов позволяет сократить объемы отстоя, благодаря быстрому окислению многих медленно разлагающихся и неразлагающихся естественными микроорганизмами органических веществ.

### Список литературы

1 Разработка альтернативной схемы обработки осадка очистных сооружений хозяйственно-бытовых сточных вод промышленного предприятия / А. В. Ненев [и др.] // Экологические проблемы региона и пути их разрешения. – 2019. – С. 136–141.

2 Щербаков, В. И. Дезинвазия осадков сточных вод с использованием извести / В. И. Щербаков, В. В. Помогаева, С. С. Сухов // Яковлевские чтения : сб. докладов XII

Междунар. науч.-техн. конф., посвящ. памяти акад. РАН С.В. Яковлева. – Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2017. – С. 221–229.

3 Biomass resource of domestic sewage sludge Advances in Intelligent Systems and Computing / V. I. Shcherbakov [et al.]. – 2019. – Т. 983. – С. 361–372 с.

## **DEVELOPMENT OF RECOMMENDATIONS FOR ELIMINATION OF UNPLEASANT ODOURS FROM SLUDGE STORAGE SITES**

*E. V. KOMAROVA*

*Belarusian State University of Transport, Gomel*

УДК 628.1.032

## **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ г. ЖЛОБИНА**

*А. А. ЛАВРИНОВИЧ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель  
lavrinovitch.anastasya@yandex.ru*

**Актуальность.** Основная задача при оценке эффективности работы очистных сооружений состоит в определении качества очистки сточных вод, в соответствии с проектными и нормативными показателями. Городские сточные воды характеризуются высокими концентрациями взвешенных веществ, органических загрязнений и биогенных элементов. В настоящее время в Республике Беларусь большинство очистных сооружений не обеспечивают требуемую степень очистки по биогенным элементам и нуждаются в реконструкции [1]. Превышение допустимых концентраций загрязняющих веществ при отведении сточных вод в водный объект – основание для начисления повышенной платы и штрафа за нарушение правил водопользования.

**Цель работы** – оценка эффективности работы очистных сооружений г. Жлобина и разработка рекомендаций по реконструкции.

**Основные результаты.** Объектом исследования являются очистные сооружения г. Жлобина, которые были построены в 1970-х годах в две очереди проектной производительностью 50000 м<sup>3</sup>/сут. В настоящее время расход городских сточных вод, поступающих на очистные сооружения, составляет 17366 м<sup>3</sup>/сут, а очистка сточных вод осуществляется на сооружениях второй очереди, которая включает: сооружения механической очистки (ручные решетки, горизонтальные песколовки с круговым движением, первичные радиальные отстойники) и биологической очистки (аэротенк-вытеснитель, вторичные радиальные отстойники). После биологической очистки очищенная сточная вода поступает на биологические пруды и затем по каналу самотеком отводится в р. Днепр [2–4]

В результате проведенного летом 2022 года обследования очистных сооружений установлено:

– приемная камера находится в аварийном состоянии из-за течи в днище камеры и в местах входа напорных трубопроводов;

– горизонтальные песколовки с круговым движением воды находятся в рабочем состоянии;

– в эксплуатируемых первичных отстойниках илоскребы, полупогружные перегородки, жиросборники, водосливы подверглись коррозии, также наблюдается утечка воды в боковой стене отстойников в месте отвода осветленной воды, распределительная камера имеет щели, а щитовые затворы вышли из строя из-за коррозии;

– во второй секции аэротенка-вытеснителя установленные дисковые аэроторы частично закольматированы, щитовые затворы и водосливы аэротенка требуют замены;

– во вторичных радиальных отстойниках илососы подвержены коррозии, деформированы;

– визуально отстойники перегружены и наблюдается вынос ила;

– распределительная камера вторичных отстойников находится в аварийном состоянии, щитовые затворы подвержены коррозии и требуют замены.

Качественный состав сточных вод, поступающих на очистные сооружения и на выпуске, принятый по данным лаборатории очистных сооружений г. Жлобина за 2022 год, приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Качественный состав сточных вод г. Жлобина

Показатель	Концентрации загрязняющих веществ в составе сточных вод, мг/дм <sup>3</sup>		
	поступающих на очистку	на выпуске очистных сооружений	Допустимые [5]
Взвешенные вещества	119	8,4	17
БПК <sub>5</sub>	220	7	12,75
ХПК	722	30,2	59,5
Азот общий	45,3	12,1	17
Азот аммонийный	52,7	1,2	8,5
Фосфор общий	2,7	1,1	1,7

Обезвоживание осадка осуществляется на иловых площадках, которые за всё время эксплуатации переполнены, дальнейшее их использование почти невозможно. Они негативно воздействуют на окружающую среду, создают высокую степень загрязнения атмосферы и грунтовых вод в результате эмиссии целого ряда химических и биологических элементов, содержащийся в осадке.

**Выводы.** 1 Для интенсификации очистки сточных вод г. Жлобина разработаны проектные предложения по реконструкции, включающие:

- замену решеток механической очистки на новые;
- замену эксплуатируемых элементов сооружений на новые в первичных и вторичных отстойниках;
- реконструкцию аэротанков с внедрением технологии глубокого удаления азота и фосфора;
- ликвидацию биопрудов.

2 Осадок с иловых площадок должен быть удален, переработан и безопасно утилизирован, а освобожденная территория рекультивирована. В проекте реконструкции разработаны рекомендации по строительству комплекса обработки осадков сточных вод с применением механического обезвоживания.

### Список литературы

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

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

3 **Кудина, Е. Ф.** Химия и микробиология воды : учеб. пособие / Е. Ф. Кудина, О. А. Ермолович, Ю. М. Плескачевский ; под ред. Ю. М. Плескачевского, А. С. Невеорова. – Гомель : БелГУТ, 2010. – 335 с.

4 **Новикова, О. К.** Неудовлетворительная работа аэрационных сооружений с активным илом: основные причины и пути их решения / О. К. Новикова // Водоснабжение, химия и прикладная экология : материалы Междунар. науч.-практ. конф. ; под общ. ред. Е. Ф. Кудиной. – Гомель, 2021. – С. 69–71.

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

### **EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF THE OPERATION OF THE PURIFICATION FACILITIES CITY ZHLOBIN**

*A. A. LAVRINOVICH*

*Belarusian State University of Transport, Gomel*

## ОБСЛЕДОВАНИЕ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ г. ЖЛОБИНА

*Е. Н. ЛУПСЯКОВА*

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

**Актуальность.** Очистка хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод становится всё большей проблемой с каждым годом. Сложность очистки связана с огромным разнообразием примесей, содержащихся в сточных водах [1, 2], количество и состав которых постоянно изменяется из-за появления новых промышленных предприятий и совершенствования существующих технологий. Многие очистные сооружения в настоящее время работают не эффективно вследствие значительного времени, прошедшего с момента проектирования и ввода их в эксплуатацию. Также большинство сооружений под влиянием внешних факторов подверглось коррозионному разрушению.

**Цель работы** – определение необходимости и целесообразности реконструкции очистных сооружений г. Жлобина.

**Основные результаты.** Фактический расход сточных вод, поступающих на очистные сооружения, составляет 17400 м<sup>3</sup>/сут. Существующие очистные сооружения, проектной производительностью 29000 м<sup>3</sup>/сут необходимо пересчитать на пропуск фактического расхода и оценить их работу.

Проведенный анализ работы очистных сооружений города Жлобина показал, что существующие ручные решетки требуют замены из-за низкой эффективности задержания отбросов в связи с широкими прозорами между стержнями решетки, а также из-за очистки решеток вручную дежурным оператором при помощи металлических граблей.

Установлено, что у песколовок железобетонные стены подвержены коррозионному разрушению, также протекает интенсивный процесс разрушения и обрушения защитного слоя бетона с оголением арматуры. Кольцевой рабочий лоток поврежден сплошной коррозией.

Проведенные исследования очистных сооружений показали, что у всех первичных радиальных отстойников разрушается монолитный пояс, выполненный поверху стеновых панелей, отслаивается штукатурка, а также разрушаются металлоконструкции вследствие протекающего процесса коррозии. Первичные отстойники целесообразно реконструировать.

При обследовании аэротенков были выявлены следующие дефекты:

– железобетонные стены подвержены коррозионному разрушению бетона и арматуры;

– идет процесс разрушения и обрушения защитного слоя бетона с оголением арматуры.

**Вывод.** Очистные сооружения г. Жлобина необходимо реконструировать со строительством комплекса по обработке осадка.

### Список литературы

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

2 **Кудина, Е. Ф.** Химия и микробиология воды : учеб. пособие / Е. Ф. Кудина, О. А. Ермолович, Ю. М. Плескачевский ; под ред. Ю. М. Плескачевского, А. С. Невеорова. – Гомель : БелГУТ, 2010. – 335 с.

## INSPECTION OF CLEANING FACILITIES OF THE CITY OF ZHLOBIN

*K. N. LUPSIAKOVA*

*Belarusian State University of Transport, Gomel*

УДК 628.144:004.94(075.8)

## ЗНАЧЕНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ УСТОЙЧИВОЙ РАБОТЫ СЕТЕЙ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

*А. Б. НЕВЗОРОВА, В. В. НЕВЗОРОВ*

*Гомельский государственный технический университет*

*им. П. О. Сухого, Республика Беларусь*

*anevzorova@gstu.by*

**Актуальность.** Водоканалы стремятся обеспечить постоянное и высококачественное водоснабжение растущих городов несмотря на ограниченные финансовые и трудовые ресурсы. Эти проблемы в сочетании с требованиями к устойчивости означают, что водоканалы должны делать всё возможное, чтобы поддерживать максимальную эффективность своих систем [1, 2].

Существует множество инструментов, которые водоканалы могут использовать для поддержания оптимальной работы всё более сложных распределительных систем. Одним из наиболее полезных, но часто недоиспользуемых инструментов является гидравлическое моделирование. Оно может предоставить информацию о производительности системы, что позволяет коммунальным предприятиям реализовать широкий спектр преимуществ [3].

**Цель работы** – анализ преимуществ применения гидравлического моделирования для улучшения системы водоснабжения.

**Улучшение качества обслуживания клиентов.** Перепады давления и/или качество воды могут вызвать многочисленные вопросы у потребителей. Поэтому водоканалы должны работать на опережение, чтобы найти проблему и быстро восстановить изменение параметров системы в нормативное.

Гидравлический мониторинг позволяет проводить регулярный, непрерывный анализ водопроводной сети, что позволяет водоканалам активно реагировать на ухудшение качества сети и изменения спроса до того, как эти изменения начнут беспокоить потребителей. Инженер-гидротехник со сбалансированной гидравлической моделью может давать рекомендации, такие как регулировка клапанов, планирование насосов для балансировки давления подачи и другие необходимые изменения для поддержания стандартов подачи.

**Повышение производительности системы.** Помимо решения или предотвращения проблем, гидравлические модели можно использовать для оптимизации производительности системы. Например, коммунальные службы могут анализировать насосные станции, чтобы определить, когда и как часто запускать определенные насосы, чтобы максимизировать производительность чистой воды при минимальном потреблении энергии [4]. Его также можно использовать для изучения того, как изменяется перекачка и давление с течением времени или в конкретных сценариях, например, при открытии пожарного гидранта или после ливня.

**Предварительная локализация утечки.** Поиск утечек обычно требует, чтобы работники проходили по всей длине участка сети водоснабжения в поисках признаков утечки или ждали, пока потребители сообщат о проблемах, которые в случае прорыва водопровода выходят в виде разлива на поверхность. Обычно это происходит после того, как утечка продолжается в течение достаточного долгого времени. Объединение датчиков с цифровой гидравлической моделью может помочь выявить потенциальные утечки, которые приводят к увеличению безвозвратных неоплачиваемых потерь воды [5].

Анализ давления, использования и других характеристик в сочетании с возрастом трубы и подобными факторами может выделить конкретные участки водопроводной сети, которые, вероятно, начнут протекать, или, возможно, уже начали протекать.

**Планирование замены инфраструктуры.** Независимо от того, насколько хорошо спроектирована и построена система, со временем детали и оборудование потребуются заменить или модернизировать. Гидравлическая модель позволяет предприятию планировать эти замены или ремонты, чтобы гарантировать, что система будет работать так, как нужно, в течение многих лет. Например, если требуется заменить большой участок трубы, модель может моделировать различные сценарии операций с использованием различных комбинаций диаметров труб, чтобы увидеть, будет ли она работать так же, лучше или хуже.

**Демографический рост.** По мере роста населения крайне важно, чтобы водоканалы понимали, справится ли их система с увеличением спроса, и как именно. Например, если добавляется новый микрорайон или строится новый

промышленный центр на селитебной территории, как это повлияет на давление и расход? Потребуется ли труба большего диаметра или существующая инфраструктура может обеспечить дополнительный расход воды в день? Гидравлическая модель может производить эти расчеты и моделировать производительность инфраструктуры.

**Прогнозирование спроса.** Наглядность отклонений от прогноза и другие прогнозные модели являются важными инструментами, которые могут помочь водоканалам планировать будущее. Иногда прогноз будет отличаться от фактических измерений. Это может быть вызвано либо неожиданным изменением модели, либо устаревшими параметрами прогноза. Гидравлические модели могут дать некоторое представление о том, что вызвало отклонение, и помочь водоканалам соответствующим образом скорректировать. Это приведет к более точным прогнозам и лучшему долгосрочному планированию.

**Перспективы для водоканала.** Чтобы начать активно использовать гидравлическое моделирование, водоканалы должны провести мониторинг своих сетей, включая оцифровку современных карт сетей, труб, расположение клапанов и конечных точек, диаметры труб и многое другое. Если предприятие использует географическую информационную систему (ГИС), это может быть жизненно важным инструментом для управления сетью на основе гидравлической модели. Те, у кого нет ГИС-решения, могут начать с таких инструментов, как Google Планета Земля или *QGIS*, и начать отображать изменения в сети в качестве первого шага.

Чем больше датчиков и источников данных можно включить в программное обеспечение для гидравлического моделирования, тем более точным и полезным оно будет.

**Выводы.** Постепенное внедрение в работу водоканалов Республики Беларусь основных предложений по гидравлическому моделированию сетей водоснабжения позволит на основе результатов анализа работы существующей системы предсказать ее поведение в перспективе расширения селитебной территории и запланировать средства для своевременного технического совершенствования системы.

#### Список литературы

- 1 **Невзорова, А. Б.** Водоснабжение и водоотведение селитебной территории / А. Б. Невзорова, О. К. Новикова, Г. Н. Белоусова. – Гомель : БелГУТ, 2015. – 263 с.
- 2 **Prajapat, M.** Why Your Water Utility Should Be Using Hydraulic Modeling / M. Prajapat / Water Online Newsletter September 13, 2022. – P. 112–120.
- 3 **Некрасов, А. В.** Компьютерное моделирование гидродинамических процессов систем водоснабжения : учеб. пособие / А. В. Некрасов. – Екатеринбург : Урал. ун-т, 2014. – 312 с.

4 Невзорова, А. Б. Автоматизация технологических процессов водоснабжения и канализации : учеб. пособие / А. Б. Невзорова. – Гомель : БелГУТ, 2022. – 160 с.

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

## **THE VALUE OF HYDRAULIC MODELING FOR THE SUSTAINABLE OPERATION OF WATER SUPPLY NETWORKS**

*A. B. NEUZOROVA, V. V. NEUZOROV*

*Sukhoi State Technical University of Gomel, Republic of Belarus*

УДК 628.35

## **НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНАЯ РАБОТА ВТОРИЧНЫХ ОТСТОЙНИКОВ: ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ**

*О. К. НОВИКОВА*

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

**Актуальность.** Технологическая эффективность работы очистных сооружений оценивается по концентрации БПК<sub>5</sub>, ХПК, взвешенных веществ и биогенных элементов (азота общего и фосфора общего) в очищенной воде.

**Цель работы.** Анализ причин неудовлетворительной работы вторичных отстойников и разработка предложений по восстановлению их эффективной работы.

**Основные результаты.** Эффективность работы вторичных отстойников оценивается по концентрации взвешенных веществ в сточной воде, отводимой после них в водный объект, которая не должна превышать значения, установленные в разрешениях на специальное водопользование, комплексных природоохранных разрешениях [1].

Основными нарушениями в работе вторичных отстойников являются:

- наличие хлопьев ила в переливе вторичного отстойника (причем иловой индекс может быть хороший, но выходящие сточные воды мутные);
- всплывание ила на поверхность вторичных отстойников;
- вынос ила из отстойника;
- засор водосливов;
- закупорка отверстий для вывода ила со дна отстойника;
- вздымающийся волнами ил;
- распад хлопьев ила в отстойнике.

Рассмотрим основные причины всплывания ила на поверхность отстойника являются:

1 «Вспухающий ил» (в иловой смеси преобладают нитчатые организмы). Для установления необходимо провести исследование ила под микроскопом для определения наличия нитчатых организмов, определить иловый индекс (если он меньше 100, то вряд ли нитчатые организмы являются причиной).

Для восстановления работы отстойников необходимо:

- увеличить содержание растворенного кислорода в аэробной зоне аэротенка до  $2,0 \text{ мг/дм}^3$ ;

- увеличить рН до 7;

- возместить недостаток питательных веществ, чтобы соблюдалось соотношение БПК:N:P = 100:5:1;

- снизить иловый индекс до 150;

- увеличить время аэрации;

- увеличить количество возвратного ила.

2 «Поднимающийся ил» (во вторичных отстойниках происходит денитрификация, пузырьки газообразного азота захватывают частицы ила, ил поднимается комками). На входе в отстойник проверяется концентрация нитратов (если нитриты не обнаруживаются, то причина установлена не верно).

Для восстановления работы отстойников необходимо:

- увеличить количество возвратного ила;

- увеличить содержание растворенного кислорода аэробной зоне аэротенка до  $2,0 \text{ мг/дм}^3$ ;

- сократить время аэрации.

Причинами повышенного выноса ила из вторичных отстойников являются:

- избыточная гидравлическая нагрузка;

- не горизонтальность водосливов;

- неудовлетворительная работа оборудования;

- сокращенное время отстаивания из-за скопления крупных частиц и грязи;

- в аэротенках недостаток растворенного кислорода в иловой смеси приводит к снижению окислительной способности активного ила и повышенной потребности его в кислороде во вторичных отстойниках (при недостатке растворенного кислорода во вторичных отстойниках активный ил будет загнивать, хлопья ила диспергироваться, всплывать и выноситься из отстойников).

Для восстановления работы отстойников в подобных случаях необходимо:

- снизить гидравлическую нагрузку;

- увеличить количество возвратного ила;

- увеличить содержание растворенного кислорода аэробной зоне аэротенка до  $2,0 \text{ мг/дм}^3$ .

**Выводы.** Эксплуатация вторичных отстойников при соблюдении основных требований и регулярном контроле показателей, характеризующих нормальную работу сооружений, позволит избежать многих причин неудовлетворительной работы.

#### Список литературы

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

#### *UNSATISFACTORY PERFORMANCE OF ACTIVE SILT AERATION CO-WEAPONS: MAIN CAUSES AND WAYS OF THEIR SOLUTION*

*O. K. NOVIKOVA*

*Belarusian State University of Transport, Gomel*

УДК 37.091.3:574:502.51-057.874

### **ВОДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ КАК МЕТОДИЧЕСКИЙ ЭЛЕМЕНТ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ И ВОСПИТАНИЯ ШКОЛЬНИКОВ**

*Г. Л. ОСИПЕНКО, А. С. СОКОЛОВ*

*Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины*

*Республика Беларусь*

*osipenko.galina@mail.ru*

**Актуальность.** Задача каждого педагога – это вовлечение учащихся в процесс исследований с помощью наблюдений и эксперимента, в результате чего повышается интерес к изучению конкретных экологических вопросов.

Изучение водных экосистем является неотъемлемой частью проведения экскурсий по маршрутам, разработанных учителем для изучения отдельных вопросов экологической направленности [1].

**Цель работы** – методическая помощь педагогам по использованию конкретных гидрологических экосистем для изучения на уроках естественно-научного профиля в старших классах, а также факультативных занятий и исследовательской работы на территории Советского района города Гомеля.

**Основные результаты.** В качестве одного из гидрологических объектов для изучения можно предложить «рукотворное» озеро на месте карьеров в деревне Осовцы, образовавшееся после разработки месторождений песка.

Вопросы, которые можно изучить при проведении экскурсии на данную станцию: антропогенное воздействие на земли как вид прямого влияния человека на экосистемы (например, данная тема изучается на уроках биологии в 10 классе); образовавшееся озеро после окончания разработки месторождения как

пример сукцессии для учащихся; животный и растительный мир в озере (бентос, планктон, нектон, гидрофиты).

Вторая точка – гидрологический пост на р. Сож, находящийся в микрорайоне «Шведская горка». Данная станция может быть использована для изучения следующих вопросов дисциплин естественно-научного профиля в школе: экосистемы – река (скорость течения реки, температура воды, измерение уровней воды на уроках географии); экологических параметров (мутность воды, запах воды, эвтрофикация водоема); антропогенного воздействия зон организованного и неорганизованного отдыха (вблизи поста находится пляж «Западный», а также идет интенсивная застройка нового спального микрорайона «Шведская горка»).

Третья учебная станция – пруд в парке «Фестивальный»: представляет собой устойчивую экосистему в миниатюре, которую можно предложить как объект изучения для учащихся на уроках биологии. Кроме плавающих уток и рыб, растительных организмов в пруду ещё обитают представители класса Насекомые, микроорганизмы, которые очищают водоём естественным биологическим способом. Поэтому данная станция является очень познавательным объектом для изучения вопросов биологии, географии и экологии.

**Выводы.** Любая из предложенных экосистем может быть использована для изучения темы «Популяция». В общении с природой и реальными объектами развивается детская любознательность, расширяется кругозор, проявляется интерес к творчеству, труду, пробуждается чувство прекрасного. Учитель на данных станциях может использовать различные формы работы для повышения качества знаний учащихся.

#### Список литературы

1 **Осипенко, Г. Л.** Экологическая тропа – важная часть экологического образования у младших школьников / Г. Л. Осипенко, А. Д. Карпова // Трансграничное сотрудничество в области экологической безопасности и охраны окружающей среды : сб. материалов VI Междунар. науч.-практ. конф. (Гомель, 2–3 июня 2022 года) ; редкол. : А. П. Гусев (гл. ред.) [и др.]. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2022. – С. 327–329.

#### **WATER ECOSYSTEMS AS A METHODOLOGICAL ELEMENT FOR IMPROVING THE QUALITY OF ENVIRONMENTAL EDUCATION AND UPBRINGING OF SCHOOLCHILDREN**

*G. L. OSIPENKO, A. S. SOKOLOV*

*Gomel State University named after F. Skorina, Republic of Belarus*

## ОБСЛЕДОВАНИЕ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ г. БОБРУЙСКА

*К. С. ПАВЛОВСКАЯ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель  
kseniapavlovskaa908@gmail.com*

**Актуальность.** Ключевой проблемой практически всех очистных сооружений в Республике Беларусь является их физический и моральный износ, т. к. они были построены в среднем 50 лет назад. За эти годы существенно поменялся качественный и количественный состав городских сточных вод.

**Цель работы.** Оценка работы очистных сооружений г. Бобруйска и разработка рекомендаций по ретехнологизации.

**Основные результаты.** Первым этапом в разработке проекта реконструкции является обследование существующих очистных сооружений.

Объектом исследования являются очистные сооружения г. Бобруйска, которые находятся в восточной части города и эксплуатируются с 1969 года. Общая площадь территории составляет 63 га. Распределение поступающих сточных вод происходит на две очереди. На 1-ю, 2-ю очереди приходят условные чистые (поверхностные) сточные воды, а на 3-ю, 4-ю очереди – хозяйственно-бытовые и производственные сточные воды.

Очистные сооружения 1-й, 2-й очередей включают в себя блок механической и биологической очистки. Механическая очистка проходит на решётках с механическими граблями (3 рабочих, 1 резервная), на трёх горизонтальных песколовках, четырёх первичных радиальных отстойниках [1].

Сточные воды проходят сооружения биологической очистки в проточном режиме.

В состав очистных сооружений 3-й, 4-й очередей входят ступенчатая решётка с прозорами 6 мм, 3 горизонтальные песколовки с круговым движением воды, 4 первичных радиальных отстойника диаметром 40 м, 3 секции четырёхкоридорных аэротенка-смесителя, 2 вторичных радиальных отстойника диаметром 40 м.

На очистных сооружениях доза ила по объёму аэротенка составляет более 700 см<sup>3</sup>, иловый индекс – более 300 см<sup>3</sup>/г, что свидетельствует о «вспучании» активного ила вследствие повышенных концентраций загрязняющих веществ в поступающих сточных водах, недостатке кислорода, невысокой способности к образованию хлопьев ила. Обезвоживание осадка на очистных сооружениях осуществляется на иловых площадках, устроенных четырьмя каскадами иловых карт с отстаиванием и поверхностным удалением иловой воды на естественном основании без дренажа, общей площадью земельного участка – 29,49 га. Подача осадка на каждую карту производится трубопроводом с устройством камеры и отключающих задвижек.

Качественный состав сточных вод, поступающих на очистные сооружения и на выпуске, приведён в таблице 1. Допустимые концентрации загрязняющих веществ в составе сточных вод на выпуске очистных сооружений установлены с учётом эквивалента населения [2].

В ходе обследования существующих очистных сооружений установлено:

1) аэротенк нуждается в реконструкции, так как существующая схема не предусматривает глубокое удаление азота и фосфора;

2) оборудование 1-й, 2-й очередей устарело, не обеспечивает требуемую степени очистки, сооружения нуждаются в реконструкции;

3) существует необходимость в проведении полной ретехнологизации по следующим причинам: недостатки технологической схемы, изменения гидравлической и органической нагрузки, изменения характеристик сточных вод вследствие развития новых производств.

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

Определяемые компоненты	Концентрация загрязняющих веществ, поступающих на очистные сооружения, мг/дм <sup>3</sup>		Концентрации загрязняющих веществ на выпуске очистных сооружений, мг/дм <sup>3</sup>	
	1-я, 2-я очереди	3-я, 4-я очереди	фактическая	допустимая
Взвешенные вещества	9,6	252,0	6,29	17
Азот аммонийный	0,48	38,3	21,42	8,5
Азот общий	1,39	65,41	26,07	17
Фосфор общий	0,24	10,20	1,08	1,7
ХПК	33,4	836,53	52,75	59,5
БПК <sub>5</sub>	9,49	423,06	6,84	12,75

Поскольку пространство, доступное для очистных сооружений, ограничено, нужны такие технологические процессы, которые могут обеспечить улучшение качества очищенных сточных вод, не требуя больших площадей и нового строительства [3, 4]. Опыт работы на сооружениях очистки сточных вод показал, что реконструкция сооружений путём замены оборудования далеко не всегда соответствует современным требованиям:

– экологическим (изменение требований к качеству очистки сточных вод, разработка и реализация программ охраны водных ресурсов);

– экономическим (ограниченность финансирования, высокие затраты на эксплуатацию);

– техническим (изменение объёма, состава, а также режима поступления сточных вод на сооружения, изношенность и моральное старение оборудования, невозможность обеспечения на многих объектах требуемого качества очистки путём реализации традиционных технологий).

До последнего времени не существовало отдельного термина, обозначающего внесение изменений в технологические процессы. Этим термином и является «ретехнологизация». Ретехнологизация – комплекс действий по замене части существующих водоочистных технологий, морально и (или) физически устаревших, на современные технологии в целях качественного изменения показателей.

**Выводы.** За последние годы ретехнологизация систем очистки сточных вод была проведена на ряде объектов в России и за рубежом, на которых было достигнуто хорошее качество очищенных сточных вод при минимальном объёме строительных работ. Для обеспечения допустимых концентраций биогенных элементов в очищенных сточных водах на выпуске в реку необходимо проведение ретехнологизации аэротенков с внедрением глубокого удаления азота и фосфора.

#### Список литературы

1 **Кудина, Е. Ф.** Химия и микробиология воды : учеб. пособие / Е. Ф. Кудина, О. А. Ермолович, Ю. М. Плескачевский ; под ред. Ю. М. Плескачевского, А. С. Невеорова. – Гомель : БелГУТ, 2010. – 335 с.

2 ЭкоНиП 17.01.06-001-2017. Экологические нормы и правила Республики Беларусь. Охрана окружающей среды и природопользование. Требования экологической безопасности : утв. пост. М-ва природных ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь от 18 июля 2017 г. № 5-Т. – Минск, 2017. – 244 с.

3 **Мешенгиссер, Ю. М.** Ретехнологизация сооружений очистки сточных вод / Ю. М. Мешенгиссер. – М. : Вокруг цвета, 2012. – 211 с.

4 **Новикова, О. К.** Неудовлетворительная работа аэрационных сооружений с активным илом: основные причины и пути их решения / О. К. Новикова // Водоснабжение, химия и прикладная экология : материалы Междунар. науч.-практ. конф. ; под общ. ред. Е. Ф. Кудиной. – Гомель, 2021. – С. 69–71.

#### **INSPECTION OF THE TREATMENT FACILITIES OF THE CITY OF BOBRUIISK**

*K. S. PAVLOVSKAYA*

*Belarusian State University of Transport, Gomel*

## КОМБИНИРОВАНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ И ОЗОНИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

*М. В. ПИЛИПЕНКО<sup>1</sup>, А. В. ДУБИНА<sup>2</sup>, В. В. ЛИХАВИЦКИЙ<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>*РУП «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов», г. Минск, Республика Беларусь  
marinaby@yandex.ru*

<sup>2</sup>*Белорусский государственный технологический университет, г. Минск  
streetrman@mail.ru*

<sup>3</sup>*ТЧУП «Куолити», г. Минск, Республика Беларусь  
likh@tut.by*

**Актуальность.** Анализ литературных источников показывает, что в качестве перспективных на сегодняшний день рассматриваются комбинированные системы очистки сточных вод красильно-отделочных производств [1], а также использование методов, позволяющих интенсифицировать существующие методы очистки. Одними из таких методов могут рассматриваться озонирование [2, 3], использование ультразвуковой обработки и гидродинамической кавитации. В современных литературных источниках отмечаются позитивные эффекты при использовании ультразвука для очистки сточных вод от красителей и ПАВ, что инициирует дополнительные флотационные и коагуляционные эффекты.

**Цель работы** – оценить эффективность использования комбинированной системы очистки сточных вод от красителей, включающей ультразвуковую обработку и озонирование.

**Методика.** Оценку эффективности очистки проводили на производственной сточной воде. Состав сточной воды: водородный показатель (рН) 7,26, взвешенные вещества 487,5 мг/л, хлориды 1681,25 мг/л, сульфаты 245,8 мг/л, нефтепродукты 0,39 мг/л, аПАВ 2,11 мг/л, ХПК 327,5 мг О<sub>2</sub>/л, сухой остаток 906,5 мг/л, железо 3,46 мг/л. Температура обрабатываемой сточной воды 21±2 °С. Объем обрабатываемой воды 1 л, высота слоя жидкости 20 см.

**Основные результаты.** По полученным экспериментальным результатам были получены уравнения регрессии, описывающие эффективность очистки по оптической плотности ( $E_{fD}$ ) и ХПК ( $E_{fХПК}$ ) от концентрации озона в озono-воздушной смеси (0–8,3 г/м<sup>3</sup>) и времени обработки (0–30 мин). Коэффициент детерминации модели (1) составляет 0,9862, модели (2) 0,9904 соответственно:

$$\begin{aligned}
 E_{fD} = & -5,499 + 25,85 \cdot t + 1,113 \cdot C_{O_3} - 15,04 \cdot t^2 + 2,713 \cdot t \cdot C_{O_3} - \\
 & -0,03245 \cdot C_{O_3}^2 + 2,757 \cdot t^3 - 0,3304 \cdot t^2 \cdot C_{O_3} - 0,04265 \cdot t \cdot C_{O_3}^2 + 0,0003 \cdot C_{O_3}^3 - \\
 & -0,1579 \cdot t^4 + 0,0152 \cdot t^3 \cdot C_{O_3} + 0,00156 \cdot t^2 \cdot C_{O_3}^2 + 0,0002625 \cdot t \cdot C_{O_3}^3
 \end{aligned} \quad (1)$$

$$E_{\text{ХПК}} = -0,8188 + 6,614 \cdot t + 0,1214 \cdot C_{\text{O}_3} - 4,696 \cdot t^2 + 0,7712 \cdot t \cdot C_{\text{O}_3} + 0,01073 \cdot C_{\text{O}_3}^2 + 0,9399 \cdot t^3 - 0,1128 \cdot t^2 \cdot C_{\text{O}_3} - 0,00531 \cdot t \cdot C_{\text{O}_3}^2 - 0,000146 \cdot C_{\text{O}_3}^3 - 0,05674 \cdot t^4 + 0,006015 \cdot t^3 \cdot C_{\text{O}_3} + 0,0002454 \cdot t^2 \cdot C_{\text{O}_3}^2 + 1,258 \cdot 10^{-5} \cdot t \cdot C_{\text{O}_3}^3, \quad (2)$$

где  $t$  – время обработки, мин;  $C_{\text{O}_3}$  – концентрация озона в озонозвоздушной смеси, г/м<sup>3</sup>.

Полученные результаты показывают, что использование ультразвука для очистки сточных вод дает более низкие значения эффективности в сравнении с воздушной флотацией. Несмотря на то, что в процессе ультразвуковой обработки образуются нано- и микроразмерные пузырьки (разрывы сплошности среды), они достаточно быстро схлопываются. То есть основное влияние на растворенные красители и СПАВ происходит за счет высвобождаемой энергии от схлопывания пузырьков, за счет чего происходит разрыв связей. Результаты исследований по очистке сточных вод, при установленном расходе озонозвоздушной смеси 6,25 л/(л·мин), показали эффективность на уровне 98,8 % по оптической плотности и 62,3 % по ХПК. Добавление ультразвуковой обработки в процессе флотации озоном привело к повышению эффективности очистки на 10,9 % по оптической плотности и 12 % по ХПК. Более высокая эффективность по оптической плотности в сравнении с эффективностью очистки по ХПК показывает, что в процессе комбинированной очистки при выбранных условиях в первую очередь происходит отщепление хромофорных групп красителей, отвечающих за окраску. В то же время органические молекулы красителей и ПАВ разлагаются не полностью. Известно, что наименьшую энергию связи имеют связи гетероатом-гетероатом, углерод-гетероатом. Как раз данные связи и отвечают за хромофорные свойства красителей. В процессе флотации образуется значительно больший рой пузырьков, несмотря на их размеры в несколько миллиметров [4, 5]. Таким образом, флотация в сравнении с ультразвуковой обработкой является более эффективной.

**Выводы.** Результаты по очистке сточных вод (при установленном расходе озонозвоздушной смеси 6,25 л/(л·мин)) показали эффективность очистки на уровне 98,8 % по оптической плотности и 62,3 % по ХПК. Добавление ультразвуковой обработки в процессе флотации озоном привело к увеличению очистки до 10,9 % по оптической плотности и 12,0 % по ХПК.

#### Список литературы

- 1 Романовский, В. И. Сравнительный анализ методов очистки сточных вод от красителей / В. И. Романовский, В. В. Лихавицкий, М. В. Пилипенко // Вода Magazine. – 2016. – № 12 (112). – С. 54–58.
- 2 Дезинфекция озоном водозаборных скважин и трубопроводов систем питьевого водоснабжения / В. И. Романовский [и др.] // Труды БГТУ. Химия и технология неорганических веществ. – 2013. – № 3 (159). – С. 55–60.

3 Романовский, В. И. Эффективность использования озона в технологии водо-подготовки / В. И. Романовский, А. Д. Гуринович, П. Вавженюк // Водо-очистка. – 2014. – № 2. – С. 66–70.

4 Анализ эффективности дезинфекции сооружений питьевого водоснабжения с использованием хлорсодержащих дезинфицирующих средств и озона / В. И. Романовский [и др.] // Вестник БрГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2015. – № 2 (92). – С. 68–71.

5 Определение основных параметров дезинфекции и обеззараживания озоном сооружений питьевого водоснабжения / В. И. Романовский [и др.] // Труды БГТУ. – 2015. – № 3 (176). – С. 108–112.

### **COMBINING ULTRASONIC TREATMENT AND OZONIZATION FOR WASTEWATER TREATMENT**

*M. V. PILIPENKO<sup>1</sup>, A. V. DUBINA<sup>2</sup>, V. V. LIKHAVITSKI<sup>3</sup>*

*<sup>1</sup>RUE "Central Research Institute of Integrated Use of Water Resources", Minsk, Republic of Belarus*

*<sup>2</sup>Belarusian State Technological University, Minsk*

*<sup>3</sup>TCHUP "Kuoliti", Minsk, Republic of Belarus*

УДК 648.6

### **ФЛОТАЦИЯ ОЗОНОМ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД КРАСИТЕЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ**

*М. В. ПИЛИПЕНКО<sup>1</sup>, А. В. ДУБИНА<sup>2</sup>, В. В. ЛИХАВИЦКИЙ<sup>3</sup>*

*<sup>1</sup>РУП «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов», г. Минск, Республика Беларусь  
marinaby@yandex.ru*

*<sup>2</sup>Белорусский государственный технологический университет, г. Минск  
streetrman@mail.ru*

*<sup>3</sup>ТЧУП «Куолити», г. Минск, Республика Беларусь  
likh@tut.by*

**Актуальность.** Проведенные нами ранее исследования по сравнительному анализу очистки сточных вод от красителей [1] озонированием, сорбцией, УФ-обработкой и фотокаталитическим окислением показали, что наиболее эффективными способами являются озонирование [2, 3] и использование фотокатализаторов. Одним из современных направлений в очистке сточных вод является комбинирование методов для достижения синергетического эффекта. Применение физико-химических методов очистки, основанных на деструктивных процессах, и в частности технологии озонирования, позволяет проводить очистку производственных сточных вод от биологически трудноокисляемых органических соединений и высокотоксичных

примесей. В настоящее время оборудование для озонирования не является дорогостоящим и доступно в различных вариантах.

**Цель работы** – оценить эффективность использования комбинированной системы очистки сточных вод от красителей, включающей озонирование и флотацию.

**Методика.** Для оценки влияния различных методов деструкции был выбран краситель метиленовый синий (основной). Для эксперимента использовали модельные растворы красителя с концентрациями 2,5, 5 и 10 мг/л и 0,02%-м содержанием ПАВ (додецилсульфат натрия).

Также оценку эффективности очистки проводили на реальной сточной воде предприятия. Состав сточной воды: рН 7,26, взвешенные вещества 487,5 мг/л, хлориды 1681,25 мг/л, сульфаты 245,8 мг/л, нефтепродукты 0,39 мг/л, АПАВ 2,11 мг/л, ХПК 327,5 мг/л, сухой остаток 906,5 мг/л, железо 3,46 мг/л. Расход озоновооздушной смеси на выходе из генератора озона 2,5, 3,75 и 6,25 л/мин. Таким образом, удельный расход озоновооздушной смеси составляет 2,5, 3,75 и 6,25 л/(л·мин).

**Основные результаты.** Результаты исследований показали, что расход воздушной смеси должен быть более 3 л/мин и время обработки не менее 20 мин. При использовании озона расход газовой смеси также должен быть не менее 3 л/(л·мин) и время очистки не менее 15 мин.

Была получена модель, описывающая зависимость эффективности очистки от концентрации озона в озоновооздушной смеси 0, 2,7, 8,3 г/м<sup>3</sup>, расхода озоновооздушной смеси 2,5; 3,75; 6,25 л/(л·мин), концентрации раствора красителя 2,5–10 мг/л, времени обработки 0–30 мин. Коэффициент детерминации полученной модели составляет 0,67:

$$\begin{aligned} \text{Э}_ф = & 23,9462 + 2,824C_{O_3} + 4,5315V + 0,3184C_{MВ} + 0,2911T + 0,268C_{O_3}V - \\ & - 0,1627C_{O_3}C_{MВ} + 0,2768C_{O_3}T + 0,0348VC_{MВ} - 0,0046VT - 0,0462C_{MВ}T + \\ & + 0,0021C_{O_3}VC_{MВ} - 0,0084C_{O_3}VT + 0,01C_{O_3}C_{MВ}T + 0,0021VC_{MВ}T + \\ & + 0,0001C_{O_3}VC_{MВ}T - 0,4882V^2 - 0,0323C_{MВ}^2, \end{aligned}$$

где  $V$  – расход газовой смеси, л/мин;  $C_{MВ}$  – концентрация метиленового голубого, мг/л;  $C_{O_3}$  – концентрация озона в газовой смеси, г/м<sup>3</sup>;  $T$  – время обработки, мин.

Результаты экспериментов по очистке сточных вод предприятия при установленном расходе воздуха 6,25 л/(л·мин) показали эффективность очистки на уровне 37,1 % по ХПК, при использовании озоновооздушной смеси – 91,3 %, что в 2,45 раза выше, чем при применении воздуха. Оптическая плотность исходной сточной воды находится за пределом определения прибора ( $D = 3$ ). Принимая за исходное данное значение оптической плотности  $D = 3$ , эффективность очистки при использовании воздуха составляет 27 %, озоновооздушной смеси – 87,9 %, что в 3,25 раза выше, чем при применении воз-

духа. Заметное повышение эффективности очистки с использованием озоново-воздушной смеси наблюдается по прошествии 15 мин обработки. Это хорошо коррелирует с данными по кинетике насыщения воды озоном. Результаты подтверждены в опубликованных ранее работах [4, 5].

**Выводы.** Результаты проведенных исследований показали, что при использовании флотации озоном для достижения эффективности очистки 90 % реальных сточных вод красильно-отделочных производств предприятия, отобранных до блока очистных сооружений (электрокоагуляция с последующей флотацией), требуются следующие условия: время обработки не менее 60 мин; расход озоново-воздушной смеси не менее 5 л/(л·мин); концентрация озона в озоново-воздушной смеси не менее 8 г/м<sup>3</sup>.

### Список литературы

1 Романовский, В. И. Сравнительный анализ методов очистки сточных вод от красителей / В. И. Романовский, В. В. Лихавицкий, М. В. Пилипенко // Вода Magazine. – 2016. – № 12 (112). – С. 54–58.

2 Дезинфекция озоном водозаборных скважин и трубопроводов систем питьевого водоснабжения / В. И. Романовский [и др.] // Труды БГТУ. Сер. : Химия и технология неорганических веществ. – 2013. – № 3 (159). – С. 55–60.

3 Романовский, В. И. Эффективность использования озона в технологии водоподготовки / В. И. Романовский, А. Д. Гуринович, П. Вавженюк // Водочистка. – 2014. – № 2. – С. 66–70.

4 Анализ эффективности дезинфекции сооружений питьевого водоснабжения с использованием хлорсодержащих дезинфицирующих средств и озона / В. И. Романовский [и др.] // Вестник БрГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2015. – № 2 (92). – С. 68–71.

5 Определение основных параметров дезинфекции и обеззараживания озоном сооружений питьевого водоснабжения / В. И. Романовский [и др.] // Труды БГТУ. – 2015 – № 3 (176). – С. 108–112.

### OZONE FLOTATION FOR WASTEWATER TREATMENT OF DYE PRODUCTIONS

M. V. PILIPENKO<sup>1</sup>, A.V. DUBINA<sup>2</sup>, V. V. LIKHAVITSKI<sup>3</sup>

<sup>1</sup>RUE "Central Research Institute of Integrated Use of Water Resources", Minsk, Republic of Belarus

<sup>2</sup>Belarusian State Technological University, Minsk

<sup>3</sup>TCHUP "Kuoliti", Minsk, Republic of Belarus

**ОБСЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ  
д. КУЛИКИ СМИЛОВИЧСКОГО СЕЛЬСОВЕТА  
ЧЕРВЕНСКОГО РАЙОНА МИНСКОЙ ОБЛАСТИ**

*А. В. РАДЬКОВА*

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

**Актуальность.** Вода – важнейшая составляющая жизни на нашей планете. Воды на Земле большое количество, но пресная вода, необходимая для жизнедеятельности человека, составляет менее 3 % от объема земной гидросферы, из которых более 2 % заключено в полярных льдах Арктики и Антарктиды [1]. Водоснабжение занимает почетное место среди отраслей современной техники, направленных на повышение уровня жизни людей, благоустройство населенных пунктов и развития промышленности.

**Цель работы.** Определение необходимости и целесообразности реконструкции системы водоснабжения д. Кулики Смилевичского сельсовета Червенского района Минской области.

**Основные результаты.** Источником водоснабжения д. Кулики является скважина № 1/94 (год бурения 1994). Организация, которая осуществила строительство скважины: спецфирма «Буровик» г. Минск. Способ бурения – ударно-канатный. Скважина № 1/94 отработала 27 лет, что в 2 раза выше эксплуатационного срока службы. Скважина находится в рабочем состоянии, но не обеспечивает требуемый расход – в связи с длительным сроком эксплуатации произошло запесочивание и кольматация рабочей части фильтра, что и привело к снижению дебита. Учитывая вышеизложенное, владельцем водозабора было принято решение о ликвидационном тампонаже скважины № 1/94 и строительстве нового водозабора. Над скважиной находится павильон наземной насосной станции из железобетонных блоков в обваловке. Состояние павильона неудовлетворительное. Система хозяйственно-питьевого водоснабжения – централизованная. Вода из скважины по чугунному водопроводу диаметром 150 мм поступает в распределительную сеть, далее подается в сеть водопотребителям. В ближайшее время в д. Кулики планируется строительство района индивидуальной жилой застройки. Основными потребителями являются население д. Кулики и д. Выжары. Согласно протоколу исследований проб воды за 2020 год, качество питьевой воды эксплуатационного водоносного комплекса из скважины № 1/94 не соответствует нормативным требованиям [2] по показателям: железо общее (1,33 мг/дм<sup>3</sup>), мутность (4,64 мг/дм<sup>3</sup>) и марганец (0,44 мг/дм<sup>3</sup>).

**Выводы.** В связи с планируемым строительством района индивидуальной жилой застройки в д. Кулики и неудовлетворительным состоянием скважины №1/94 требуется строительство новой водозаборной системы. В соответствии с нормативными требованиями [3] необходимо предусмотреть строительство двух скважин (рабочей и резервной), режим работы – попеременный. Для доведения качества воды до нормативных требований [2], перед подачей водопотребителям требуется установка станции водоподготовки.

#### Список литературы

- 1 Буря, А. И. Вода – свойства, проблемы и методы очистки : [монография] / А. И. Буря, Е. Ф. Кудина. – Днепропетровск : Пороги, 2006. – 520 с.
- 2 СанПиН 10-124 РБ 99. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. – Введ. 1999–19–10. – Минск : М-во здравоохранения Респ. Беларусь, 1999. – 112 с.
- 3 СН 4.01.01-2019. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. – Введ. 2020–05–09. – Минск : М-во архитектуры и строительства Респ. Беларусь, 2020. – 78 с.

#### **SURVEY OF THE WATER SUPPLY SYSTEM IN THE VILLAGE OF KULIKI, SMILOVICH I VILLAGE COUNCIL, CHERVEN DISTRICT, MINSK REGION**

A. V. RADZKOVA

*Belarusian State University of Transport, Gomel*

УДК 621.644

#### **ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ОБЪЕКТОВ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ**

*Н. А. САВКОВ*

*Белорусский государственный университет транспорт, г. Гомель  
mikita.saukou@eneca.by*

**Актуальность.** Потребность обеспечить проектные организации непрерывной информационной технологии архитектурно-строительного проектирования привела к развитию технологии информационного моделирования зданий на основе *BIM*-технологий, которые содержат принцип создания единой параметрической информационной модели здания, включая всю необходимую информацию о предстоящих и уже имеющихся строительных объектах [1].

**Цель работы.** Для повышения качества отечественного проектирования с использованием *BIM*-технологий используется анализ опыта зарубежных

проектировщиков, а также разработка и внедрение отечественных аналогов технологий и компонентов программного обеспечения.

**Основные результаты.** *Revit*, *Civil 3D*, *Navisworks* и *BIM-360* находятся на переднем плане проектирования, координации и коммуникаций в этом проекте.

Стамбульское управление водоснабжения и канализации (*ISKI*) построило новые водоочистные сооружения для обеспечения водой нового аэропорта Стамбула. Сооружаемая в два этапа станция очистки воды «*Terkos*» в конечном итоге обеспечивает 240 000 м<sup>3</sup>/сутки. Проект включает в себя 27 технологических зданий и здание штаб-квартиры [2].

*Su-Yapi* и расширенная проектная команда используют интеллектуальное проектирование на основе 3D-моделей и решения Autodesk *BIM* для улучшения междисциплинарной координации и улучшения коммуникаций. Водоочистная установка *Terkos* – это первая водоочистная установка в Турции, спроектированная с использованием *BIM*-технологий, и первый *BIM*-проект *ISKI*.

*Проектирование завода с помощью BIM.* Все здания завода проектируются с помощью *Revit*. Архитекторы совместно с инженерами-технологами разработали предварительные архитектурные проекты, затем соответствующие модели были переданы инженерам-конструкторам, механикам и электрикам и использовались ими при проектировании. Дизайн на основе моделей также распространяется на участок и дороги, которые проектируются с использованием *Civil 3D*.

На протяжении всего проекта команда использует *Navisworks* для регулярного объединения моделей проектирования, специфичных для конкретной дисциплины, для визуализации всего проекта, анализа и обнаружения коллизий. Команда и клиент также использовали эти модели и облачные сервисы *BIM-360* для облегчения коммуникации по проекту.

Доступность файлов *Revit* от производителей оборудования также способствует активизации усилий *Su-Yapi* по проектированию.

Точные пространственные данные для узлов оборудования имеют решающее значение для выявления конструктивных несоответствий и помогают *ISKI* избежать затрат на переделки и потери материалов во время строительства. Поэтому, чтобы повысить точность своих проектов, дизайнеры *Su-Yapi* импортируют модели *Revit* производителя – модели, которые имеют точные размеры оборудования – в свои собственные дизайнерские модели. На рисунке 1 представлен результат интеллектуального проектирования на основе 3D-моделей.

Платформа 3D-проектирования программного обеспечения Autodesk позволяет команде дизайнеров лучше визуализировать свои разрабатываемые проекты и, естественно, избегать большинства столкновений с другими дис-

циплинами. Необнаруженные проблемы обнаруживаются, когда модели объединяются в *Navisworks* для официальных проверок проекта. Это обнаружение столкновений на основе моделей в сочетании с облачной связью *BIM-360* между расширенной командой разработчиков и клиентом сокращает количество времени, затрачиваемого на устранение столкновений.

Кроме того, 3D-модели и созданные на их основе рендеринга и анимации позволяют заинтересованным сторонам проекта легко увидеть проблемы и быстро их решить.

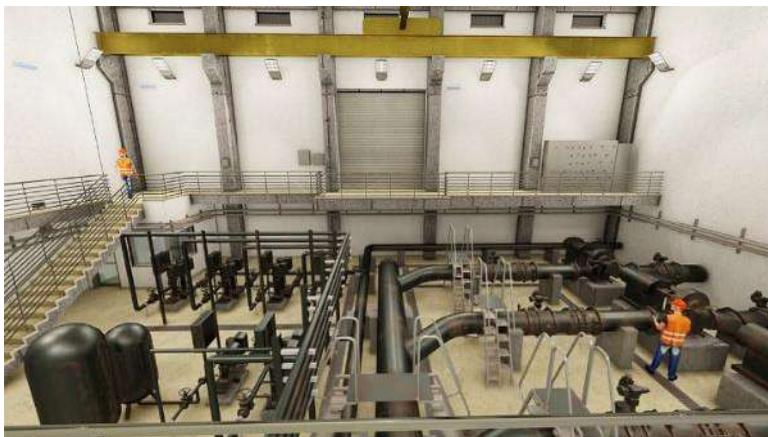


Рисунок 1 – Интеллектуальное проектирование на основе 3D-моделей

**Выводы.** В результате проведения анализа пришли к выводу, что необходимо создать единую библиотеку данных по *BIM*-моделированию, которая будет находиться в свободном доступе для проектных и научных организаций, разработке общих пилотных проектов, способствующих всестороннему изучению процессов технологий информационного моделирования при проектировании и строительстве, совершенствованию существующей и выработке новой нормативной базы в сфере *BIM*-технологий, повышению уровня преподавания теории и практики по *BIM* в вузах страны и созданию программ переквалификации специалистов, работающих в сфере проектирования строительных объектов.

#### Список литературы

1 Талапов, В. В. Основы *BIM*: введение в информационное моделирование зданий / В. В. Талапов. – М. : ДМК Пресс, 2011. – 392с.

2 Designing Turkey's First BIM-based Water Treatment Plant [Electronic resource]. – Mode of access : <https://www.autodesk.com/customer-stories/suyapi-terkos-plan>. – Date of access : 05.03.2023.

## **FOREIGN EXPERIENCE OF USING BIM TECHNOLOGIES IN THE DESIGN OF WATER SUPPLY AND SANITATION FACILITIES**

*N. A. SAVKOV*

*Belarusian State University of Transport, Gomel*

УДК 628.124

### **ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ ГОМЕЛЬСКОГО РАЙОНА ВОДОЙ ПИТЬЕВОГО КАЧЕСТВА**

*А. П. СЕЛЮЖИЦКАЯ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

**Актуальность.** Обеспечению населения водой требуемого качества и в необходимом количестве, продвижению рационального использования водных ресурсов уделяется значительное внимание на уровне государства. По ряду показателей (жесткость, цветность, мутность, содержание железа и др.) вода из некоторых подземных водозаборов не всегда отвечает требуемым нормам. Также ключевой проблемой остается обеспеченность питьевой водой малых населенных пунктов.

**Целью работы** является анализ обеспеченности населенных пунктов Гомельского района водой питьевого качества.

**Основные результаты.** Водоснабжение населения Гомельского района осуществляется из 128 хозяйственно-питьевых водопроводов (из которых 54 – находятся на балансе КПУП «Гомельводоканал», 74 – ведомственные) и 961 общественных колодцев КЖУП «Гомельский райжилкомхоз».

Особенностью водоснабжения малых населенных пунктов по сравнению с городским и промышленным является рассредоточенность потребителей по обширной территории и сезонное водопользование, что усложняет системы водоснабжения и затрудняет их эксплуатацию.

На основании обследования систем водоснабжения населенных пунктов Гомельского района установлено:

- 12 населенных пунктов полностью имеют доступ к центральному водоснабжению;
- в 63 населенных пунктах водоснабжение осуществляется из централизованных и децентрализованных источников;
- 104 населенных пункта не имеют доступа к центральному водоснабжению.

Анализ качества подземных вод населенных пунктов Большевик, Прибор, Житовля, Шарпиловка, Чкалово (таблица 1) выполнен по данным протоколов испытаний воды из скважин за 2022 год (лаборатории водоснабжения КПУП «Гомельводоканал»).

На основании анализа качества питьевой воды отмечаются отклонения от нормативных значений:

- в п. Большевик по мутности на 0,47 мг/дм<sup>3</sup> и железу на 0,30 мг/дм<sup>3</sup>;
- в п. Прибор по железу на 0,55 мг/дм<sup>3</sup>;
- в д. Житовля по мутности на 1,12 мг/дм<sup>3</sup>, железу на 1,46 мг/дм<sup>3</sup> и цветности на 20 градусов;
- в д. Шарпиловка по железу на 0,26 мг/дм<sup>3</sup>;
- в д. Чкалово по мутности на 0,42 мг/дм<sup>3</sup> и железу на 0,55 мг/дм<sup>3</sup>.

В Гомельском районе из всех шахтных колодцев, находящихся в эксплуатации, 526 расположены в населенных пунктах, не обеспеченных централизованным водоснабжением.

За 2021 год несоответствие пробы воды из шахтных колодцев по микробиологическим показателям составляет 11 проб из 280, по санитарно-химическим – 258 пробы из 393. Несоответствие исследованных проб воды по санитарно-химическим показателям связано в основном с повышенным содержанием в воде колодцев показателей «нитраты», что составляет 164 пробы из 393.

Таблица 1 – Анализ качества питьевой воды населенных пунктов Гомельского района (среднее за 2022)

Показатель	Населенный пункт					СанПиН 10-124 РБ 99 не более
	Большевик	Прибор	Житовля	Шарпиловка	Чкалово	
Мутность, мг/дм <sup>3</sup>	1,97	1,22	2,62	0,87	1,92	1,5
Цветность, градусы	8	15	40	14	20	20
Железо (общее), мг/дм <sup>3</sup>	0,6	0,85	2,76	0,56	0,85	0,3

**Выводы.** Одной из основных проблем обеспеченности населения Республики Беларусь питьевой водой является отсутствие у части населения доступа к централизованному водоснабжению. Анализ качественного состава воды, подаваемой скважинами, для хозяйственно-бытовых нужд Гомельского района показал, что во всех исследуемых населенных пунктах имеются превышения по железу. Для полноценного обеспечения населения Гомельского района требуется предпринять ряд мер, таких как дальнейшее развитие

системы централизованного водоснабжения, улучшение качества водопотребления, модернизация водопроводного хозяйства.

### Список литературы

1 СанПиН 10-124 РБ 99. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. – Введ. 1999–19–10. – Минск : М-во здравоохранения Респ. Беларусь, 1999. – 112 с.

## PROVISION OF THE POPULATION OF THE GOMEL REGION WITH DRINKING QUALITY WATER

A. P. SELYUZHITSKAYA

*Belarusian State University of Transport, Gomel*

УДК 628.28

## ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РЕКОНСТРУКЦИИ СИСТЕМ КАНАЛИЗАЦИИ ГРУППЫ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ НОВАЯ ГУТА И КРАВЦОВКА

*К. А. СЛЕПЦОВА*

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

**Актуальность.** Основной проблемой малых населенных пунктов является система канализации, запроектированная в 70-х годах прошлого века, или ее отсутствие в целом. Канализационные сети, проложенные 50 лет назад, перестают соответствовать современным требованиям строительных норм. Все чаще возникают аварии на сетях, что ведет к экологическим, экономическим и социальным проблемам.

**Цель работы** – обследование систем канализации населенных пунктов Новая Гута и Кравцовка.

**Основные результаты.** Объектом исследований являются системы канализации группы населенных пунктов Новая Гута и Кравцовка Гомельского района. Система канализации в населенном пункте Кравцовка полностью отсутствует. Сточные воды от жилых домов отводятся в выгреб с последующей откачкой и вывозом. Этот вид отведения сточных вод является основной проблемой, которая негативно сказывается на качестве почвы и воды.

В населенном пункте Новая Гута система канализации – централизованная, неполная раздельная [1]. Хозяйственно-бытовые сточные воды от жилой застройки самотеком отводятся на канализационную насосную станцию и перекачиваются на сооружения естественной биологической очистки, которые находятся в 1,5 км к юго-востоку от населенного пункта. Система дождевой

канализации отсутствует. Длина канализационных напорных сетей составляет 3,185 км, самотечных – 8,067 км. Сети канализации проложены из чугунных труб диаметром 150 мм, напорный коллектор проложен из асбестоцементных труб диаметром 150 мм.

Среднесуточный расход сточных вод отводимых от н.п. Новая Гута составляет 270 м<sup>3</sup>/сут, максимальный секундный расход сточных вод – 7,8 л/с. На улице Заречная отсутствует система канализации, сточные воды от жилых зданий отводятся в выгреб с последующей откачкой и вывозом. Проектная производительность канализационной насосной станции составляет 410 м<sup>3</sup>/сут. На насосной станции имеется два рабочих и один резервный насос.

Проектная производительность очистных сооружений составляет 70 м<sup>3</sup>/сут. Фактический сброс сточных вод составляет 270 м<sup>3</sup>/сут (по данным за 2022 год), что превышает проектный на 200 м<sup>3</sup>/сут.

Очистные сооружения состоят из приемной камеры, горизонтальной песколовки, двух двухъярусных отстойников, полей фильтрации, песковой и иловой площадок.

Иловые площадки являются источниками долговременного и отрицательного воздействия на окружающую среду. В районе расположения иловых площадок наблюдается химическое и бактериальное загрязнение атмосферного воздуха, грунтовых и подземных вод [2].

На основании обследования системы канализации группы населенных пунктов установлено:

- 1) с момента прокладки канализационных сетей в населенном пункте Новая Гута прошло более 50 лет, и большая часть сетей подверглась износу;
- 2) в населенном пункте Кравцовка полностью отсутствует система канализации, что отрицательно сказывается на подстилающих грунтах;
- 3) срок службы насосов на канализационной насосной станции составляет более 50 лет, насосные агрегаты характеризуются работой с низким КПД;
- 4) на эффективность работы очистных сооружений оказывают влияние конструктивные недостатки, неравномерность поступления сточных вод, а также нарушения правил эксплуатации очистных сооружений.

**Выводы.** Необходимо проведение реконструкции систем канализации группы населенных пунктов Новая Гута и Кравцовка, включающей:

- замену канализационных сетей в населенном пункте Новая Гута;
- прокладку канализационных сетей в населенном пункте Кравцовка;
- замену насосов на канализационной насосной станции;
- реконструкцию очистных сооружений.

#### Список литературы

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

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

## THE MAIN DIRECTIONS OF RECONSTRUCTION OF SEWERAGE SYSTEMS OF THE GROUP OF SETTLEMENTS NOVAYA GUTA AND KRAVTSOVKA

K. A. SLEPTSOVA

Belarusian State University of Transport, Gomel

УДК 628

## ЗАВИСИМОСТЬ СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД, ПОСТУПАЮЩИХ С ПРИЛЕГАЮЩЕЙ ТЕРРИТОРИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПУТЕЙ

*А. К. СТРЕЛКОВ<sup>1</sup>, С. Ю. ТЕПЛЫХ<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Самарский государственный технический университет,  
Российская Федерация*

*<sup>2</sup>Архитектурно-строительный институт,  
г. Самара, Российская Федерация  
lana2802@mail.ru, a19400209@yandex.ru*

**Актуальность.** Согласно Водному кодексу РФ, сброс сточных вод в водный объект и на рельеф местности запрещен, соответственно, необходимо собрать сточные воды, отвести их к месту очистки, затем очистить и произвести сброс очищенных сточных вод по существующему законодательству (Приказ ГК РФ по Рыболовству № 20 от 18.01.2010).

**Цель работы** – определить зависимость изменения концентраций загрязнений в поверхностном стоке.

**Основные результаты.** Для определения степени загрязненности поверхностных вод прилегающей территории к железнодорожным путям были проведены исследования на площадке, которая расположена в районе мостового перехода через озеро в районе «Сухая Самарка».

Исследования проводились в полосе отвода (рисунок 1) железнодорожных путей (до 50 м).



Рисунок 1 – Карта-схема расположения исследуемого участка железнодорожного пути: 1 – Сухая Самарка, Самарская область

Расположение точек отбора проб поверхностных сточных вод в полосе отвода производилось согласно предложенной методике полуэллипсов, применительно для прилегающей территории, площадка 10,0 × 15,0 м, точка экстремума полуэллипса располагалась на расстоянии 4750, 9500, 14240 мм (рисунок 2).

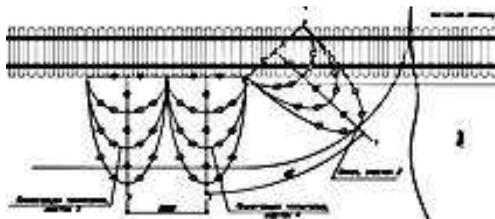


Рисунок 2 – Схема расположения точек отборов проб поверхностного стока способом «полуэллипсов» в полосе отвода железнодорожных путей

Полученные данные представлены на графиках (рисунок 3) по выбранным показателям для района «Сухая Самарка».

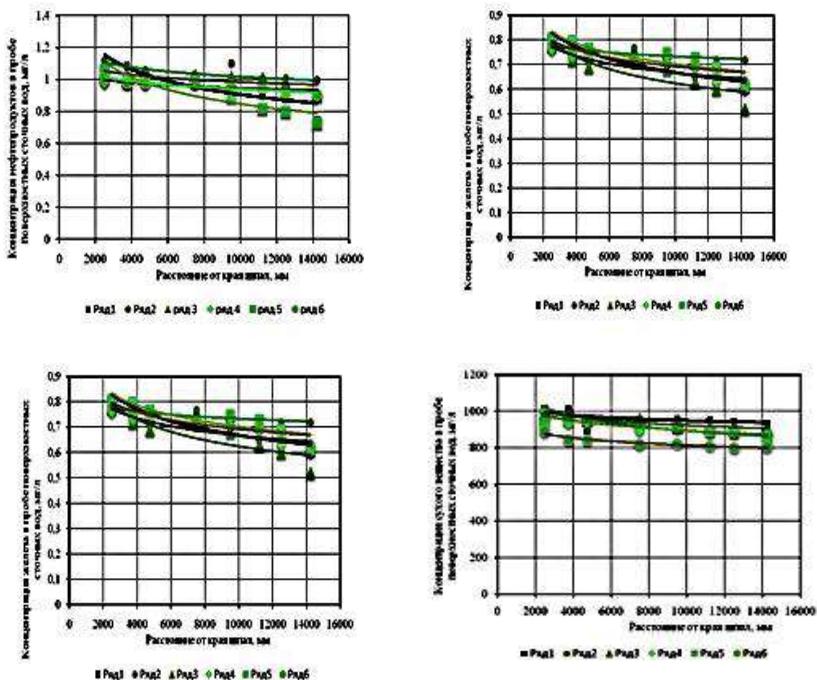


Рисунок 3 – Зависимость изменения концентрации загрязнений в поверхностных сточных водах при удалении от железнодорожных путей («Сухая Самарка») до 16,0 м [1]

Результаты исследований, приведенных выше, показывают, что концентрации нефтепродуктов, железа, взвешенных веществ и сухого остатка в поверхностных сточных водах полосы отвода железнодорожных путей в 1,1–20 раз превышают нормируемые показатели для водоемов рыбохозяйственного значения согласно Приказу 552 от 13.12.2016 Минсельхоз [2]. Наблюдается снижение концентрации нефтепродуктов в зависимости от увеличения расстояния от оси железнодорожного полотна.

**Вывод.** Нефтепродукты, железо и взвешенные вещества, находящиеся в поверхностном стоке с железнодорожного пути, расположенного в 100 м от водного объекта, со временем будут направляться в водоем.

#### Список литературы

1 Стрелков, А. К. Определение расхода фильтрационного стока железнодорожного пути / А. К. Стрелков, С. Ю. Теплых // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительные технологии : сб. ст. ; под ред. М. В. Шувалова, А. А. Пищулева, А. К. Стрелкова. – 2020. – С. 272–280.

2 Экологический бюллетень Самарской области. – Самара : Росгидромет, 2015. – 37 с.

#### DEPENDENCE OF THE DEGREE OF CONTAMINATION OF SURFACE WATERS COMING FROM THE ADJACENT TERRITORY OF RAILWAY TRACKS

A. K. STRELKOV<sup>1</sup>, S. Y. TEPLYKH<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Samara State Technical University, Russian Federation

<sup>2</sup>Architectural and Construction Institute, Samara, Russian Federation

УДК 628.218

#### ВАКУУМНАЯ КАНАЛИЗАЦИЯ – ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ДЛЯ ОТВЕДЕНИЯ СТОЧНЫХ ВОД ГРУППЫ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ РОГИ И ЮЖНАЯ

*А. В. УРИЦКАЯ*

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

**Актуальность.** Одним из факторов, обеспечивающих снижение негативного воздействия на окружающую среду, является сбор и отведение сточных вод с территории малых населенных пунктов. Во многих странах мира доля населения, проживающего в не оснащенных системами канализации поселениях, составляет от 5 до 20 % [1]. Несмотря на небольшую долю населения, проживающего в не подключенных к централизованной канализации поселениях, масштабы загрязнения окружающей природной среды неочищенными сточными водами очень велики.

**Цель работы** – оценка целесообразности и экономической эффективности применения вакуумной канализации для отведения сточных вод в малых населенных пунктах.

**Основные результаты.** Наиболее распространенной транспортирующей системой сточных вод является самотечная система канализации, но ее использование не всегда целесообразно, особенно в малых населенных пунктах. Это связано с необходимостью прокладки малых диаметров трубопроводов и частыми их промывками, большими уклонами заложения труб и устройством большого количества подкачивающих насосных станций. Поэтому для решения данного вопроса необходимо рассматривать также варианты использования альтернативных систем отведения сточных вод.

Для отведения небольших расходов сточных вод наиболее рационально и экономически оправдано использование вакуумной канализации. Наружная вакуумная система канализационных сетей предназначена для сбора городских и производственных сточных вод в населенных пунктах с малой плотностью заселения, а также для объектов временного пользования (лагеря, пансионаты, кемпинги) и санитарных зон источников водоснабжения. Вакуумная система является закрытой системой трубопроводов без возможности проникновения, т.е. отсутствуют смотровые колодцы, а значит и запахи, поступающие из них в атмосферу. В системе нет ревизионных колодцев и резервуаров для прочистки канализационных труб. Благодаря постоянно поддерживаемому отрицательному давлению в системе не возникают утечки сточных вод. Высокая скорость (от 3,5 до 5 м/с) транспортируемой смеси «жидкость-воздух» в трубах предотвращает образования отложений [2]. Самыми известными производителями вакуумных систем являются фирмы *Roediger*, *Airvac*, *ISEKI*, *Q-VAC*, которые имеют множество филиалов по всему миру.

Принцип работы вакуумной канализации заключается в транспортировке сточных вод по трубопроводам, в которых поддерживается вакуум, на центральную вакуумную станцию [3].

Вакуумные клапаны устанавливаются внутри смотровых колодцев у зданий, и работают, используя энергию вакуума.

Переход от гравитационной системы к вакуумной происходит в вакуумном клапане или водо-воздухопускном устройстве, опытный образец которого разработан в Донбасской национальной академии строительства и архитектуры [2]. До тех пор, пока вакуумный клапан закрыт, в канализационной системе нет движения и поддерживается вакуумметрическое давление.

Сточные воды отводятся из здания в колодец, после его наполнения до определенного уровня клапан в колодце открывается, и сточная вода под действием вакуума направляется в трубопровод.

Вакуумная станция оснащается вакуумными насосами, сборным резервуаром и канализационными насосами для подачи сточных вод из сборных резервуаров к очистным сооружениям. Периодически включаясь, вакуумные

насосы поддерживают отрицательное давление в сборном резервуаре. Когда давление в резервуаре поднимается выше заданного предела, насосы включаются – и вакуум восстанавливается. Вакуумные насосы работают в течение нескольких часов в день [3].

На этапе проектирования системы канализования для группы населенных пунктов Роги и Южная Гомельского района были разработаны схемы самоточной хозяйственно-бытовой канализации и выполнены гидравлические расчеты в соответствии с СН [4]. Установлено, что 100 % запроектированных канализационных сетей находится в безрасчетном режиме (уровень наполнения не превышает 0,2 и скорость течения менее 0,4 м/сек), что приведет к заиливанию канализационных сетей. Самоочищающихся скоростей возможно достичь при прокладке сетей с уклонами больше минимальных заглублений сетей, что приведет к необоснованной установке повысительных канализационных насосных станций.

Данная система уже получила широкое распространение в мире благодаря ряду преимуществ перед самоточной канализацией. Но сдерживающим фактором ее повсеместного распространения является отсутствие теоретически обоснованного алгоритма расчета. Сложность создания расчетных формул заключается в особенностях транспортирования сточных вод под действием вакуума, а именно – в транспортировке двухфазной среды «жидкость-газ».

**Вывод.** Применение вакуумной системы канализации в н. п. Роги позволит сократить затраты на строительные-монтажные работы, прочистку сетей и электроэнергию, избежать строительства большого количества повысительных насосных станций и использовать трубы меньшего диаметра.

### Список литературы

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

2 Ануфриев, В. Н. Перспективы применения вакуумной наружной канализации в Республике Беларусь / В. Н. Ануфриев, Е. В. Коршикова, К. А. Прищеп // Передовые технологии в системах водоотведения населенных мест : материалы Междунар. науч.-практ. конф. (Минск, 12-13 февраля 2020 г.) – Минск : БГТУ, 2020. – С. 7–10.

3 Новикова, О. К. Сети канализации / О. К. Новикова. – Гомель : БелГУТ, 2021. – 179 с.

4 СН 4.01.02-2019. Канализация. Наружные сети и сооружения. – Введ. 2020–07–09. – Минск : Минстройархитектуры, 2020. – 78 с.

### VACUUM SEWER – INNOVATIVE TECHNOLOGY FOR WASTEWATER COLLECTION

A. V. URITSKAYA

*Belarusian State University of Transport, Gomel*

## ВІМ-МОДЕЛИРОВАНИЕ ВНУТРЕННИХ ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ ЗДАНИЯ

И. И. ФИЛАТОВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель  
irish\_1999@mail.ru

**Актуальность.** В современном мире уделяется огромное значение развитию строительной отрасли. Переход отрасли промышленного и гражданского строительства на более высокий уровень во многих странах мира связывают с созданием полноценных *ВІМ*-моделей [1]. Актуальность данной темы довольно высока, так как внедрение *ВІМ*-технологий в Республике Беларусь позволяет решить ряд проблем: намного уменьшаются сроки проектирования, увеличивается эффективность эксплуатации готового здания, сокращается количество переработок, уменьшается количество ошибок, значительно упрощается работа проектировщика с проектировщиками смежных отделов.

**Цель работы** – оценка применения *ВІМ*-технологий в Беларуси.

**Основные результаты.** *Building Information Model*, или *ВІМ*, – это новый подход в архитектурно-строительном проектировании, смысл которого сводится к созданию компьютерной модели объекта строительства, содержащей детализированные сведения о нем.

Используя технологии информационного моделирования зданий и сложных инженерных сооружений, *ВІМ* обеспечивает централизованный контроль работ на каждом этапе жизненного цикла объекта. Суть *ВІМ* заключается в построении информационной модели, которая создается с помощью набора *ВІМ*-ориентированных продуктов [2].

При внедрении *ВІМ*-технологий нельзя ориентироваться только на одно решение, так как ни одно ПО не способно решить все имеющиеся проблемы и удовлетворить все требования строительной отрасли.

Компании чаще используют комплекс программ, предназначенных для конкретных задач, между которыми организована эффективная связь на базе информационных моделей. Чаще всего отдается предпочтение комплексу решений, который складывается из таких массовых «коробочных» продуктов, как *Revit*, *ArchiCAD*, *Tekla*, *Allplan*.

Для максимально полезного использования технологии информационного моделирования необходим комплексный подход, который позволит объединить решения, используемые конструкторами, архитекторами, проектировщиками, инженерами-строителями и другими участниками процесса в единую модель, содержащую всю информацию о возводимом объекте [2].

*Autodesk Revit* пользуется большей популярностью из-за своей универсальности, *Revit* является основной программой для проектирования систем отопления, водоснабжения, канализации и других инженерных систем [3]. Важным является то, что сразу создается 3D-модель любого объекта, благодаря чему проектировщик способен сразу оценить возможность размещения компонента в том или ином месте (рисунок 1). Также проектировщик имеет возможность:

- создавать модель внутренних инженерных систем;
- задавать характеристики оборудования, приборов, трубопроводов и арматуры;
- производить ориентировочный гидравлический расчет;
- создавать все необходимые спецификации;
- оформлять чертежи;
- согласовывать трассировку и проверять пересечения (при условии совместной работы специалистов других разделов в этой же программе) [4].

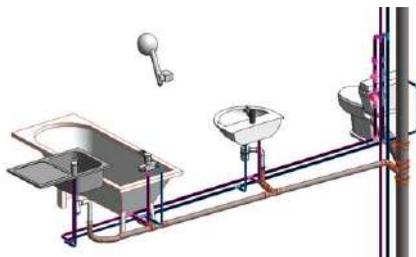


Рисунок 1 – 3D-модель подключения систем водоснабжения и канализации к сантехническим приборам

Если раньше проектировщику приходилось чертить те или иные системы на различных планах и разрезах для того, чтобы понять, как пройдет воздуховод или трубопровод, и очень часто при этом совершались ошибки и нестыковки, то при *ВМ*-проектировании такие ошибки исключены, и проектировщик, создавая объекты, сразу видит их расположение на всех видах [3].

**Вывод.** Преимущества *ВМ* неоспоримы. Эти технологии дают возможность создания 3D-визуализации различных объектов, позволяют работать над моделью сразу нескольких проектных групп, особый инструмент помогает исключить ошибки с пространственными коллизиями на объекте, например, при пересечении нескольких типов коммуникаций.

В настоящее время в Республике Беларусь *ВМ*-технологии только начинают набирать обороты, но не исключено, что в ближайшее будущее *ВМ*-технологии будут применяться во всех строительных фирмах страны. *ВМ*-технологии активно используются в таких компаниях, как ОДО «Энэка»,

ОАО «Институт Белгоспроект», УП «Белпромпроект», ОАО «Гомельский ДСК» и ООО «Технологии управления проектами».

### Список литературы

1 **Рахматуллина, Е. С.** BIM-моделирование как элемент современного строительства / Е. С. Рахматуллина // Российское предпринимательство. – 2017. – Т. 18, № 19. – С. 2849–2864.

2 **Никитина, С. В.** BIM-технологии для проектирования инженерных систем / С. В. Никитина // Приоритетные направления научных исследований. Анализ, управление, перспективы : материалы Междунар. науч.-практ. конф. 2 ч. (Ижевск, 27 янв. 2022 г.) – Ижевск, 2022. – С. 39–43.

3 **Фадеев, А. В.** BIM-технологии – новая ступень проектирования систем обеспечения микроклимата зданий / А. В. Фадеев // Проблемы современных интеграционных процессов и пути их решения : материалы Междунар. науч.-практ. конф. (Волгоград, 5 апр. 2018 г.) – Волгоград, 2018. – С. 42–45.

4 **Урицкая, А. В.** Внедрение BIM-технологии для проектирования систем водоснабжения и канализации / А. В. Урицкая, О. К. Новикова // Водоснабжение, химия и прикладная экология : материалы Междунар. науч.-практ. конф. (Гомель, 22 марта 2022 г.) – Гомель : БелГУТ, 2022 – С. 137–140.

## **BIM-MODELING OF THE INTERNAL ENGINEERING SYSTEMS OF THE BUILDING**

*I. I. FILATOVA*

*Belarusian State University of Transport, Gomel*

УДК 551.4 (476.13)

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДЫ И ОБРАЗОВАНИЕ СТОЧНЫХ ВОД В УСЛОВИЯХ ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ**

*Е. А. ЧИКУНОВА, А. Ф. КАРПЕНКО*

*Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины,*

*Республика Беларусь*

*chikunaava@gmail.com*

**Актуальность.** В каждой стране водные ресурсы имеют большое экологическое и экономическое значение. Чем больше водный фонд, тем богаче страна в целом или её отдельные регионы. Значимость воды с каждым годом на Земле возрастает. Еще несколько десятилетий тому назад никто и предположить не мог, что в наше время в торговой сети будут реализовываться настолько большие объёмы бутилированной воды.

Вода как важнейший природный ресурс всегда имела решающее значение для устойчивого социально-экономического развития стран и регионов, производства энергии и продовольствия, сохранения и выживания экосистем и человека [1]. Вода обеспечивает существование живых организмов на Земле и развитие процессов их жизнедеятельности. Она входит в состав клеток и тканей любого животного и растения, в среднем составляя около 90 % массы растений и 75 % массы животных и человека [2].

В производственной деятельности человека вода широко применяется как материал, входящий в состав различных видов продукции и технологических процессов; используется в качестве теплоносителя; служит для целей обогрева.

К водоёмким относятся многие производства химической и нефтехимической промышленности, отрасли электроэнергетики, чёрной и цветной металлургии, отрасли лесной, лёгкой и пищевой промышленности. Широко вода используется в строительстве и промышленности строительных материалов, сельском хозяйстве.

Экономическое понятие «водные ресурсы» включает все пригодные для хозяйственного использования запасы поверхностных и подземных вод, почвенной и атмосферной влаги [3].

**Цель работы** – оценить объёмы использования воды и образования сточных вод на территории Гомельской области.

**Основные результаты.** Беларусь не имеет непосредственного выхода к морям и океанам, на её территории имеются только континентальные водоёмы. Среди них главными являются реки. Через территорию Гомельской области протекают такие крупные реки, как Днепр, Березина, Припять и Сож.

У этих рек свои бассейны, состоящие из мощной сети более мелких рек и речушек. Например, в бассейне Припяти насчитывается около 14,9 тыс. рек и водотоков, из них около 5 тыс. рек приходится на белорусскую часть бассейна. Озёрность Гомельской области, в сравнении с другими областями республики, относительно невысокая – менее 1 %. Озера характеризуются малыми площадями водной глади (до 0,1 км<sup>2</sup>). К наиболее крупным озёрам можно отнести Червоное (40,82 км<sup>2</sup>).

Распределение водоёмов по северной и южной частях области имеет свои особенности. В северной части области расположены бассейны таких рек, как Днепр (до Жлобина), Друть, Березина (до устья реки Рудянка), Птичь (до устья реки Доколька), а также верховья рек Ореса, Случь, Морочь и Лань. Густота речной сети не превышает 0,4 км/км<sup>2</sup>. Заболоченность северной части в пределах области достигает 17 %. Южная часть охватывает бассейн Припяти в пределах области, нижнее течение Березины (ниже устья реки Рудянка), Сожа (ниже устья реки Проня) и Днепра (ниже Жлобина) в пределах Беларуси. Густота речной сети района, по сравнению с остальной частью территории, самая низкая – около 0,3 км/км<sup>2</sup>. Район характеризуется наибольшей заболоченностью и составляет около 28 % [4]. Значительные объёмы

воды на Гомельщине сохраняются в большом количестве гидромелиоративных каналов и наливных водохранилищ. Сегодня в Гомельской области насчитывается 25 водохранилищ с объемом воды в каждом более 1 млн м<sup>3</sup>. Например, одно из крупных, Светлогорское водохранилище насчитывает примерно 64–65 млн м<sup>3</sup> воды.

На всей территории области для различных целей ежегодно добываются существенные объемы воды. Так, по данным Национального статистического комитета, в 2021 году было добыто 184,4 млн м<sup>3</sup> воды, что составило 13 % от республиканского показателя.

При этом из подземных источников было добыто 113,2 млн м<sup>3</sup> или 61,4 % от всего её количества [5]. Основным направлением потребления воды является хозяйственно-питьевое использование. В 2021 году на данные нужды было использовано 42 % воды, в то время как в развитых странах этот показатель не превышает 10–12 %. На нужды сельского хозяйства и рыбхозов в области было направлено 22 %, промышленности и др. – 36 %.

На территории области за год было образовано 88,5 % сточных вод от количества добытой воды, при этом 150,1 млн м<sup>3</sup> из них было направлено в поверхностные водоёмы. По степени очистки нормативно-очищенные стоки составили 69,6 %, недостаточно очищенные – 0,06 % и без предварительной очистки – 30,3 %, соответственно, в республике – 65,7; 0,2 и 34,1 %. Областной показатель сброса сточных вод в республиканском показателе составляет 14,4 %.

Для снижения потребления количества воды большое значение приобретает развитие и внедрение повторного, оборотного и замкнутого циклов её использования. Повторное означает использование одной и той же массы воды в двух или более технологических целях с последующим выпуском в водоем или на захоронение. При выпуске в водоем предусматривается соответствующая очистка последовательно использованных сточных вод.

Оборотные системы могут действовать только в том случае, если из циркулирующей воды систематически или периодически извлекаются примеси, попадающие в воду. Перспективными технологическими направлениями рационального использования водных ресурсов в промышленности является использование водооборотных систем с многократным использованием воды.

При уменьшении количества природной воды, используемой для пополнения оборотной системы, концентрация солей увеличивается и образуется осадок. Для того, чтобы решить данную проблему, требуются специальные реагенты, ингибирующие кристаллизацию солей и стабилизирующие дисперсию с осадком.

Замкнутые системы водопользования исключают сброс сточных вод в водоем. Но такие системы пока затратные. Для перевода предприятий на бессточное водопользование необходимо решение ряда организационно-

технических задач, таких как: частичная или полная замена действующего оборудования и коммуникаций, установление новой системы контроля и управления, устранение биологического обрастания трубопроводов и оборудования, отложение на них солей, коррозии конструкции и т. д.

**Выводы.** Гомельская область располагает достаточно разветвленной сетью рек и водоёмов. На территории области добывается за год более 184 млн м<sup>3</sup> воды или 13 % от добываемой в республике. Основным направлением использования воды является хозяйственно-питьевое. На данные нужды направляется около 42 % воды. В виде сточных вод примерно 150,1 млн м<sup>3</sup> воды поступает в поверхностные водоёмы. По степени очистки нормативно-очищенные стоки составляют 69,6 %, недостаточно очищенные – 0,06 % и без предварительной очистки – 30,3 %. Для снижения потребления воды большое значение приобретает развитие и внедрение повторного, оборотного и замкнутого циклов водопользования.

### Список литературы

1 Значение воды [Электронный ресурс] – Режим доступа : <https://obrazovavka.ru/okruzhayushhiy-mir/znachenie-vody-v-prirode.html#sub1>. – Дата доступа : 25.02.2023.

2 **Киеня, А. И.** Здоровый человек: основные показатели / А. И. Киеня, Ю. И. Бандажевский // Справочник. – Минск : Экоперспектива, 1997. – 108 с.

3 **Карпенко, А. Ф.** Логистика поступления солнечной энергии в природные системы Беларуси / А. Ф. Карпенко, А. В. Крук. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2017. – 195 с.

4 **Калинин, М. Ю.** Водные ресурсы Гомельской области / М. Ю. Калинин, А. А. Волчек. – Минск : Белсэнс, 2007. – С. 13–30.

5 Охрана окружающей среды в Республике Беларусь. Статистический буклет. – Минск, 2022. – С. 21–24.

### WATER USE AND WASTEWATER GENERATION IN THE CONDITIONS OF THE GOMEL REGION

*E. A. CHIKUNOVA, A. F. KARPENKO*

*Francisk Skorina Gomel State University, Republic of Belarus*

УДК 504.45(470.324)

**ИССЛЕДОВАНИЕ НИТРАТНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ  
ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ  
ПИТЬЕВОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ**

А. С. БОЕВА

*Воронежский государственный университет, Российская Федерация  
nasty.a.boeva.82@mail.ru*

**Актуальность.** Обеспечение населения качественной питьевой водой становится одной из приоритетных проблем государственной политики, направленной на сохранение здоровья и улучшение условий проживания.

Питьевое водоснабжение региона базируется на использовании подземных вод. На территории области используются две системы водопользования: централизованная (*водопровод*) и децентрализованная (*индивидуальные скважины, колодцы, одиночные колонки, родники*).

Анализ данных Управления Роспотребнадзора по Воронежской области показывает, что по сравнению с городскими округами, где практически полностью потребители обеспечены водопроводной водой удовлетворительного качества, 38,7 % жители сельских поселений (892,4 тыс. человек по данным на 01.01.2022 г.) до сих пор вынуждены использовать в питьевых целях недоброкачественную воду из децентрализованных источников без предварительной очистки [1]. Однако федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека осуществляется мониторинг за состоянием объектов только централизованного водоснабжения, а децентрализованные источники не включены в систему постоянных наблюдений.

**Цель работы** – проведение исследований по выявлению нитратного загрязнения децентрализованных источников хозяйственно-питьевого водопользования на территории урбанизированных и сельских поселений Воронежской области.

**Основные результаты.** В качестве объекта исследования послужили 208 проб питьевой воды из децентрализованных источников, отобранные на территории 31 муниципального района и трех городских округов Воронежской области, в том числе: 113 скважин, 53 колодца, 31 водопроводная колонка и 11 родников. Оценка качества исследуемых проб воды проводилась в эко-

лого-аналитической лаборатории факультета географии, геоэкологии и туризма ВГУ в 2022 году с применением титриметрического, колориметрического, потенциометрического и кондуктометрического методов анализа.

По результатам химического анализа из 14 определяемых ингредиентов, характеризующих качество питьевых вод, установлены превышения ПДК по пяти показателям: общей жесткости, минерализации, железу, марганцу и нитратам. Первые два ранговых места по доле проб, не отвечающих гигиеническим нормативам, занимают *общая жесткость* и *нитраты*:

– в 59 пробах воды (28,4 %) содержание солей жесткости зафиксировано в диапазоне от 10,3 до 30,5 ммоль/л, что превышает ПДК от 1,03 до 3,05 раза (при норме до 10 ммоль/л);

– в 63 пробах (30,3 %) обнаружено значительное содержание нитратного азота от 45,5 до 505,5 мг/л, которое превышает гигиенические нормативы от 1,1 до 11,2 раза (при норме до 45 мг/л) [2].

Повышенные значения общей жесткости объясняются фактом природного происхождения, так как значительная часть подземных вод области сосредоточена в меловых отложениях бассейна реки Дон [3]. Если на присутствие солей жесткости практически не влияет интенсификация хозяйственной деятельности, то содержание нитратов напрямую связано с антропогенным воздействием на окружающую среду. Именно поэтому основным приоритетным загрязнителем питьевой воды на территории Воронежской области можно считать *нитраты*, приводящие к загрязнению подземных водоносных горизонтов.

Избыточное содержание нитратов способствует образованию опасного вещества в крови – метгемоглобина, который вызывает кислородное голодание. Снижение уровня гемоглобина приводит к ухудшению работы сердечно-сосудистой системы и инсульту [4].

Так называемое «нитратное загрязнение» свидетельствует о загрязнении подземных водоносных горизонтов, которое напрямую связано с хозяйственной деятельностью человека.

На территории сельских поселений основные причины повышенного содержания нитратного азота в подземных водах связаны с аграрной деятельностью: чрезмерное внесение минеральных удобрений; неэффективная очистка сточных вод, образующихся на фермах по выращиванию свиней, крупного рогатого скота, птицефабриках и другие [2].

Немаловажным фактором нитратного загрязнения почв является большое количество несанкционированных свалок ТБО, а также выгребные ямы. Результаты исследований подтвердили, что содержание нитратов в отобранных пробах воды тем больше, чем меньше расстояние от источника (скважина или колодец) до выгребной ямы. Так, например, при расстоянии до 5–10 м, наблюдается превышение ПДК нитратного азота в 5–10 раз, однако при увеличении расстояния более 15 м, присутствие нитратов резко снижается.

Главными источниками воды для частных домовладений являются индивидуальные скважины и колодцы. Избыток нитратов зафиксирован в подземных водных источниках, расположенных в зоне верховодки (до 20–25 м), реже – в скважинах глубиной до 35–40 м.

**Выводы.** Проведенные исследования позволили обнаружить нитратное загрязнение источников децентрализованного питьевого водопотребления, представляющие объективную опасность для здоровья населения, проживающего на территории 14 муниципальных районов и 3 городских округов Воронежской области.

В связи со сложившейся ситуацией, контролирующим службам региона целесообразно усилить контроль за качеством питьевого водоснабжения, а населению не только урбанизированных, но и сельских территорий, необходимо использовать бытовые фильтры для доочистки воды.

### Список литературы

1 Доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Воронежской области в 2022 году» – Воронеж : Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Воронежской области, 2023. – 190 с.

2 **Прожорина, Т. И.** Анализ загрязнения питьевых вод нитратами и оценка риска для здоровья населения Воронежской области / Т. И. Прожорина, А. Г. Баскакова, А. С. Боева // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Сер. : Естественные и точные науки. – 2021. – Т.15, № 1. – С. 89–95.

3 **Кудина, Е. Ф.** Химия и микробиология воды : учеб. пособие / Е. Ф. Кудина, О. А. Ермолович, Ю. М. Плескачевский ; под ред. Ю. М. Плескачевского, А. С. Неверова. – Гомель : БелГУТ, 2010. – 335 с.

4 **Стёпкии, Ю. И.** Влияние качества питьевой воды на здоровье населения сельских районов Воронежской области / Ю. И. Стёпкии, И. В. Колнет, О. В. Клепиков // Здоровье населения и среда обитания. – 2007. – № 1 (166). – С. 13–15.

### STUDY OF NITRATE POLLUTION OF DECENTRALISED DRINKING WATER SOURCES IN VORONEZH REGION

A. S. BOEVA

*Voronezh State University, Russian Federation*

## ПРИНЦИПАЛЬНЫЙ ПОДХОД К СТАБИЛЬНОМУ ФУНКЦИОНИРОВАНИЮ ЭКОСИСТЕМЫ БИОЦЕНОЗА ЛИНИИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ

*Ю. Н. ДОЧКИНА, В. И. КОРЧАГИН*

*Воронежский государственный университет инженерных технологий,  
Российская Федерация*

*dochkina.j.n@yandex.ru, kvi-vgta@rambler.ru*

**Актуальность.** Перспективным способом повышения эффективности биологической очистки сточных вод является использование в различных биореакторах биопленки с иммобилизованным биоценозом активного ила [1].

Современные тенденции совершенствования линии биологического окисления предусматривают применение в качестве носителя биомассы активного ила плавающей высокопористой биоагрузки [2], изготовленной с применением синтетической матрицы и бионаполнителя – полимера природного происхождения, например, крахмала, чистой или отработанной микрокристаллической целлюлозы [3]. Иммобилизация биоценоза на носителе позволит добиться интенсификации процессов очистки за счет увеличения массовой концентрации микроорганизмов при неизменном объеме существующих биологических очистных сооружений [4].

При использовании плавающего носителя отмечается повышение эффективности биологической очистки, снижение количества избыточного активного ила, повышение прироста биомассы по сравнению с традиционной системой со свободноплавающим биоценозом [5]. Стоит отметить, что несмотря на технологические преимущества системы с плавающей биоагрузкой, немаловажным является обеспечение стабильных показателей жизнедеятельности микроорганизмов активного ила.

**Цель работы** – изучить динамику видовых показателей активного ила при функционировании в иммобилизованном состоянии на плавающем носителе, изготовленном из композитного биоматериала.

**Основные результаты.** В качестве материала носителя биомассы были использованы композиты состава: полиэтилен и чистая микроцеллюлоза; полиэтилен и отработанная микроцеллюлоза; полиэтилен, крахмал и отработанная микроцеллюлоза; чистый полиэтилен. Иммобилизация активного ила осуществлялась в лабораторном иммобилизаторе течение 72 часов при непрерывной аэрации, в соотношении 2,1 : 0,9 = суспензия биоценоза : плавающий носитель. Эффективность иммобилизации определялась косвенно по разнице в значениях массы высушенных образцов носителя биомассы до и после иммобилизации. Видовое разнообразие определялось в пробах воды, смытой с плавающих носителей. Данные по эффективности иммобилизации

проиллюстрированы на рисунке 1, а по гидробиологическим (видовая структура) показателям – на рисунке 2.

Высокие показатели по иммобилизации отмечаются на плавающем носителе, изготовленном из полиэтилена и чистой микроцеллюлозы. Это обусловлено развитой поверхностью, шероховатостью и пористостью материала, а также наличием природного полисахарида.

Наименьшая иммобилизационная способность отмечена на носителе из полиэтилена, что объясняется отсутствием гидрофильности, сорбционной емкости, неразвитой поверхностью.

В образце активного ила, иммобилизованного на носителе из композита с чистой микроцеллюлозой, наблюдалось оптимальное видовое разнообразие индикаторных микроорганизмов: кругоресничные прикрепленные инфузории *Peritricha*, ресничные и сосущие инфузории *Suctorio*, низкое содержание бактерий, отсутствие заметного количества цист и нематод, разнообразие коловраток.

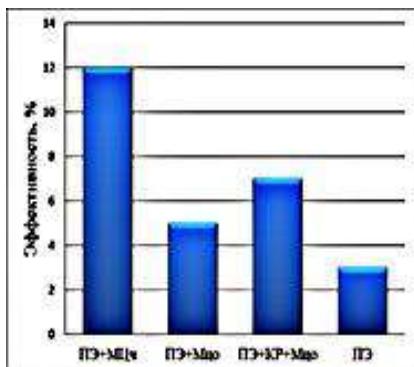


Рисунок 1 – Эффективность иммобилизации биоценоза на плавающих носителях

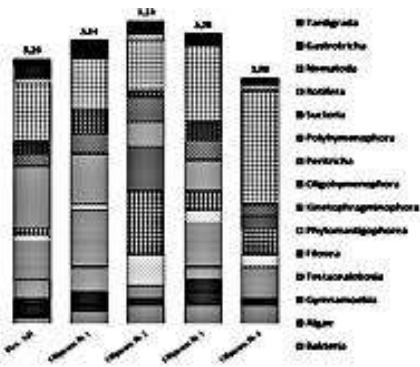


Рисунок 2 – Структура видового разнообразия с учетом индекса Шеннона после иммобилизации

Полученные данные коррелируют с результатами оценки эффективности очистки модельных сточных вод по взвешенным веществам – 81,7 %, по сухому остатку – 84,9 %, по показателю ХПК – 92,7 %, что превышает известные значения эффективности при биологической очистке в системе со свободноплавающим активным илом.

Таким образом, иммобилизация активного ила на плавающем носителе биомассы, изготовленном из полиэтилена и чистой микроцеллюлозы, позволяет: повысить общую эффективность очистки по приоритетным показателям, обеспечить стабильные видовые показатели биоценоза, снизить антропогенную нагрузку на водные объекты окружающей природной среды.

## Список литературы

1 Нгуен, Т. А. Использование синтетических материалов на основе полиамидных волокон для интенсификации биологической очистки сточных вод / Т. А. Нгуен, В. Н. Кульков, Е. Ю. Солопанов // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2018. – № 1. – С. 168–174.

2 Состояние проблемы антропогенного воздействия высококонцентрированных стоков на экологическую безопасность / Ю. Н. Дочкина [и др.] // Проблемы и инновационные решения в химической технологии ПИРХТ-2022. – Воронеж : ВГУИТ, 2022. – С. 396–402.

3 Модификация полиэтилена микроцеллюлозой для повышения его иммобилизационной способности / Л. Н. Студеникина [и др.] // Вестник ВГУ. Сер. : Химия. Биология. Фармация. – 2018. – № 3. – С. 23–29.

4 Долженко, Л. А. Иммобилизация активного ила на носителях биореактора в условиях нитрификации и денитрификации / Л. А. Долженко // Образование и наука в современном мире. Инновации. – 2016. – № 4. – С. 150–158.

5 Оценка эффективности иммобилизации активного ила на композитных материалах «полиэтилен: полисахариды» / Л. Н. Студеникина [и др.] // Вестник ВГУИТ. – 2018. – Т. 80, № 4. – С. 356–360.

## A PRINCIPLED APPROACH TO THE STABLE FUNCTIONING OF THE BIOCENOSIS ECOSYSTEM OF BIOLOGICAL WASTEWATER TREATMENT

*J. N. DOCHKINA, V. I. KORCHAGIN*

*Voronezh State University of Engineering Technologies, Russian Federation*

УДК 678.1.004.8

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

*К. В. ЕФИМЧИК, Е. Ф. КУДИНА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель  
efim\_by@mail.ru*

**Актуальность.** В настоящее время предприятия Республики Беларусь производят значительное количество изделий из полимерных композиционных материалов (ПКМ), которые после выработки ресурса увеличивают количество не утилизируемых отходов, негативно влияющих на состояние окружающей среды, а также на организм человека [1].

Возникновение проблемы утилизации ПКМ обусловлено ростом производства полимерных материалов в мире и угрозой загрязнения окружающей среды. Объем ПКМ в Европе увеличивается в среднем на 28 % в год. Это во многом связано со спецификой ПКМ, которые не подвергаются длительное время разложению и коррозии, так как в естественных условиях они разлагаются чрезвычайно медленно и практически не подвергаются воздействием

микроорганизмов, являясь серьезным источником загрязнения окружающей среды [2].

Основная часть ПКМ используется в производстве упаковочных изделий, в сельском хозяйстве и строительстве, а также для создания конструкционных материалов в машиностроении.

**Цель работы** – анализ повторного вовлечения в процесс жизнедеятельности переработанных полимерных отходов в целях предотвращения экологической катастрофы.

**Основные результаты.** В Республике Беларусь основу вторичных полимеров составляют отходы упаковок пищевых продуктов, корпусных и элементов тары. В состав данных ПКМ входят: 34 % – полиэтилен (ПЭ), 20 % – полиэтилентерефталат (ПЭТ), 17 % – ламинированная бумага, 14 % – поливинилхлорид (ПВХ), 8 % – полистирол (ПС), 7 % – полипропилен (ПП) [3].

Источники образования отходов можно разделить на три большие группы по их виду и форме.

1 *Отходы производства*, которые образуются при осуществлении процессов синтеза и переработки полимеров. Это низкомолекулярные фракции полимеров, отходы в виде слитков-выливов, отходы чистки аппаратов, россыпи, бракованные изделия, литниковые системы. В большинстве случаев такие отходы могут быть модифицированы и использованы как вторичное полимерное сырье для производства изделий с невысоким уровнем требований к свойствам материала и изделий или для специальных целей.

2 *Отходы производственного потребления.*

Это различная тара и упаковка, вышедшие из употребления детали и т. п. Отходы полимеров можно подразделить на медицинские; биологические; строительные; отходы транспортного комплекса; промышленные. Эти отходы близки к первичному сырью, которое легко сортировать и индивидуально перерабатывать, за исключением отходов в виде многослойных и ламинатных изделий, а также материалов с печатью, требующих использования особых подходов для их рециклинга.

3 *Отходы общественного потребления, ТБО.*

Это изношенные или амортизированные изделия, которые утратили свои потребительские свойства вследствие физического или морального износа: упаковка, транспортная тара, предметы домашнего обихода и др.

Отходы потребления составляют около 85 % всех ПКМ. Переработке подвергается пока ограниченная номенклатура ПКМ, включающая главным образом отходы производства и лишь некоторые отходы потребления: отходы чистой полимерной пленки, пластмассовые ящики, ПЭТ-тара и т. п.

Наиболее разработанным процессом переработки отходов пластмасс является изготовление из них вторичного сырья в виде дробленки (или флексов), порошка, агломерата или гранулята для использования, частично или

полностью, взамен первичного сырья при получении различных изделий. В числе продукции, изготавливаемой из вторичного сырья, следует выделить пленку, трубы, сантехнические изделия и другие изделия хозяйственного обихода. В настоящее время активизируется деятельность по изготовлению из отходов ПЭТ-пленки для упаковки технической продукции, дробленки (хлопьев) для поставки на экспорт, лавсанового волокна для текстильной промышленности (нетканые полотна, геотекстиль). Предпринимаются попытки изготовления из ПКМ некоторых видов продукции строительного назначения в виде плит, досок, брусьев, плитусов и т. п. в композиции с древесными отходами, макулатурой и текстильными отходами [4].

В настоящее время многие крупные международные компании, такие как «Adidas» (Германия), «Unilever» (Великобритания), «P&G» (США), «Danone» (Франция), активно инвестируют в развитие физико-химических методов получения нового вторичного сырья из ПКМ. Так, например, «Adidas» сотрудничает с экологической организацией «Parley for the Oceans». Результатом совместной работы стала новая модель кроссовок Primeblue. От привычной спортивной обуви эти кроссовки отличаются используемым материалом. Они сделаны из материала на основе переработанных пластиковых отходов, которые собирают партнерские организации «Parley» на пляжах и в прибрежных населенных пунктах Тайваня. В прошлом году из переработанных отходов было произведено более 15 млн пар кроссовок. Компания «Adidas» не намерена останавливаться на достигнутом и с 2024 года будет готова полностью перейти на вторичные материалы [5].

**Выводы.** Решение проблем вовлечения в процесс жизнедеятельности переработанных полимерных отходов позволит создавать новые перспективные многокомпонентные полимерные материалы для различных отраслей потребления, а также позволит сохранить ресурсы для будущих поколений и уменьшить негативное влияние на состояние окружающей среды.

### Список литературы

1 Кудина, Е. Ф. Методы утилизации и рециклинга полимерных композиционных материалов / Е. Ф. Кудина, К. В. Ефимчик // Полимерные материалы и технологии. – 2022. – Т. 8, № 4. – С. 77–86.

2 В поисках пластика // Greenpeace.ru: сайт Российского отделения Greenpeace. 2020. Февраль [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://greenpeace.ru/wp-content/uploads/2020/03/Greenpeace-plastic-pollution-report.pdf>. – Дата доступа : 02.03.2023.

3 Оператор вторичных материальных ресурсов за 2021 год : отчёт // офиц. сайт ГУ «Оператор вторичных материальных ресурсов» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://vtoroperator.by/content/otchet-gu-operator-vtorichnykh-materialnykh-resursov-za-2021-god>. – Дата доступа : 02.03.2023.

4 Шаповалов, В. М. Рециклинг и утилизация многокомпонентных полимерных систем на основе вторичных термопластов (обзор) / В. М. Шаповалов, А. Я. Григорьев // Полимерные материалы и технологии. – 2021. – Т. 7, № 3. – С. 6–19.

5 Загрязнение пластиком: как полностью уничтожить полимер, из которого делают буквально все // Хайтэк: информационный новостной ресурс. 5 июля 2021 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://hightech.fm/2021/07/05/plastic-destroy>. – Дата доступа : 02.03.2023.

## **ENVIRONMENTAL ASPECTS OF THE LIFE CYCLE POLYMERIC COMPOSITE MATERIALS**

*K. V. YEFIMCHYK, E. F. KUDINA*

*Belarusian State University of Transport, Gomel*

УДК 624.144.8

## **СНИЖЕНИЕ НЕГАТИВНОГО ВЛИЯНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ЗА СЧЕТ УЧЕТА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ, ВЫДЕЛЯЮЩЕЙСЯ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ КОЛЕС АВТОМОБИЛЯ С ПОКРЫТИЕМ ПРОЕЗЖЕЙ ЧАСТИ**

*Е. М. ЖУКОВСКИЙ*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск  
zhukovskye@gmail.com*

**Актуальность.** Автомобильные дороги и улицы населенных пунктов оказывают значительное влияние на окружающую среду. На загрязнение окружающей среды влияет как транспорт, так и мероприятия по содержанию дорог. Наибольшую проблему, особенно в городских условиях, представляет собой зимнее содержание, в период которого на 1 м<sup>2</sup> покрытия, в целях борьбы с зимней скользкостью, за одну обработку может распределяться до 125 г хлористого натрия, который вместе с талыми водами стекает с поверхности покрытия и загрязняет почву, а также грунтовые и поверхностные воды.

**Основные результаты.** Для снижения негативного влияния автомобильных дорог на окружающую среду предлагается снижение норм расхода химических противогололедных материалов для борьбы с зимней скользкостью при зимнем содержании за счёт учёта тепловой энергии, выделяющейся при взаимодействии колёс автомобиля с покрытием проезжей части. При взаимодействии колеса автомобиля с покрытием автомобильной дороги происходят механическое и молекулярное трение между структурными элементами покрышки, покрытия, а также непосредственно трение между колесом и покрытием. Эти трения преобразуются в тепловую энергию. Температура шины

определяется на основе баланса между количеством тепла, создаваемого в единицу времени, и возможностью отвода этого тепла в первую очередь в покрытие автомобильной дороги. Используя данную тепловую энергию, можно эффективно бороться с зимней скользкостью, особенно на участках улиц населенных пунктов с большой интенсивностью, без (либо с ограниченным количеством) противогололедных материалов, в частности хлористого натрия.

Использование данного подхода для борьбы с зимней скользкостью позволит:

- снизить загрязнение почв, прилегающих к автомобильным дорогам и улицам населенных пунктов, а также грунтовых и поверхностных вод;
- снизить затраты на заготовку и хранение противогололедных материалов, и в том числе, этим снизить влияние на окружающую среду при осуществлении данных операций;
- сократить время использования машин и механизмов, в частности пескосолераспределителей, что так же позволит снизить загрязнение воздуха выхлопными газами, а почв и вод нефтепродуктами, что особо важно в условиях плотной городской застройки;
- уменьшить разрушающее воздействие хлористого натрия на асфальтобетонные покрытия и автомобили.

**Вывод.** Таким образом, тепловая энергия, которая выделяется при взаимодействии колёс автомобиля с покрытием проезжей части, позволит не только снизить негативное воздействие автомобильных дорог на окружающую среду, но и сократить расходы на обслуживание дорог и улиц за счёт снижения расхода противогололедных материалов при зимнем содержании.

#### Список литературы

1 ТКП 100-2018 (33200). Порядок организации и проведения работ по зимнему содержанию автомобильных дорог. – Введ. 2018–11–01. – Минск : БелдорНИИ, 2018. – 88 с.

2 К вопросу коррозионной устойчивости асфальтобетона под воздействием химических противогололедных материалов / Е. М. Жуковский [и др.] // Дорожное строительство и его инженерное обеспечение : материалы III Междунар. науч.-техн. конф. ; сост. : С. Н. Соболевская, Е. М. Жуковский. – Минск : БНТУ, 2022. – С. 42–45.

#### **REDUCING THE NEGATIVE IMPACT OF ROADS ON THE ENVIRONMENT BY ACCOUNTING FOR HEAT ENERGY RELEASED IN THE INTERACTION OF VEHICLE WHEELS WITH COVERAGE OF THE HIGHWAY**

*YA. M. ZHUKOUSKI*

*Belarusian National Technical University, Minsk*

## ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

*О. В. КЛЕПИКОВ<sup>1</sup>, И. Н. ПУГАЧЕВА<sup>2</sup>, Л. В. МОЛОКАНОВА<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области»*

*<sup>2</sup>Воронежский государственный университет инженерных технологий,  
Российская Федерация  
eco-inna@yandex.ru*

**Актуальность.** В настоящее время проблемы безопасного хозяйственно-питьевого и рекреационного водопользования населения являются актуальными. Такие проблемы характерны и для Воронежской области, самой значимой водной артерией которой является река Дон. Региональными исследованиями выявлено, что наибольшее негативное воздействие на качество воды в реке оказывает техногенно измененный приток, в который сбрасываются условно-чистые воды с правобережных очистных сооружений [1]. Это приводит к тому, что качество воды в реке не соответствует нормативам [2]. В связи с этим ставятся вопросы совершенствования организации системы мониторинга качества воды в реке Дон и его притоках, дальнейшей оценки объема и качества водных ресурсов.

**Цель работы** – оценка надежности организации мониторинга и результатов исследований качества воды в реке Дон и его притоках по данным водного реестра территории Воронежской области.

**Основные результаты.** Действующая система мониторинга качества воды в реке Дон и его притоках, которая организована на базе ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Воронежской области», включает 28 контрольных точек в местах рекреации, из них 18 на реке Дон. Отбор проб воды на определение 13 санитарно-химических, 5 микробиологических и паразитологических показателей осуществляется в летний (купальный) сезон с июня по август. Все результаты исследований, а также сведения, характеризующие зоны рекреации, вносятся в базу данных «Водного реестра территории Воронежской области».

Результаты анализа данных за 2012–2022 гг. о качестве воды в реке Дон и его притоках в местах рекреационного водопользования населения показали, что имеет место несоответствие гигиеническим нормативам по санитарно-химическим и микробиологическим показателям.

Из проб воды, отобранных на определение санитарно-химических показателей, около 6 % не соответствовали требуемым нормативам, а на определение микробиологических показателей – 10 %.

Наиболее часто несоответствия качества воды нормативам регистрировались в контрольных точках на пляжах. Причем в этих местах рекреации периодически регистрируются превышения ПДК по аммоний-иону, нитратам, фосфатам (до 2,5 раз), а также показателям БПК (до 2,3 раз), ХПК (до 1,5 раз).

В остальных контрольных точках удельный вес проб воды, несоответствующих гигиеническим нормативам по санитарно-химическим и микробиологическим показателям, варьирует от 1,5 до 37 %. В ходе проведения исследований было выявлено, что уровень репрезентативности данных мониторинга, входящих в «Водный реестр территории Воронежской области», имеет ряд неопределенностей, связанных с оценкой качества воды, которые связаны с перечнем мониторируемых показателей, периодичностью контроля, сетью мониторинговых точек отбора проб.

**Выводы.** В связи с разнообразием применяемых методов сбора и анализа информации в системе мониторинга водных объектов, а также межведомственным характером сбора данных, целесообразно провести совершенствование мониторинга посредством проведения инициативных исследований и научно-практического сотрудничества организаций и учреждений, подведомственных Роспотребнадзору, с образовательными учреждениями высшего образования в рамках тематических российских грантов.

#### Список литературы

1 Калашников, Ю. С. Эколого-гигиеническая оценка влияния техногенно измененного притока на качество воды в реке Дон вблизи города Воронежа / Ю. С. Калашников, О. В. Клепиков, Т. В. Хорпякова // Проблемы региональной экологии. – 2018. – № 3. – С. 62–66.

2 Интегральная эколого-гигиеническая оценка водно-рекреационного потенциала Воронежской городской агломерации / О. В. Клепиков [и др.] // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. : География. Геоэкология. – 2017. – № 1. – С. 118–125.

#### WAYS TO IMPROVE THE MONITORING SYSTEM OF WATER BODIES

*O. V. KLEPIKOV<sup>1</sup>, I. N. PUGACHEVA<sup>2</sup>, L. V. MOLOKANOVA<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>FBUZ "Center of Hygiene and Epidemiology in the Voronezh region"*

*<sup>2</sup>Voronezh State University of Engineering Technologies,  
Russian Federation*

## РАСШИРЕНИЕ ТЕПЛОЙ АГРОКЛИМАТИЧЕСКОЙ ОБЛАСТИ БЕЛАРУСИ

*О. В. КОВАЛЁВА, А. С. СОКОЛОВ, А. Ф. КАРПЕНКО*  
*Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины,*  
*Республика Беларусь*  
*kaf51@list.ru*

**Актуальность.** Антропогенное воздействие на климат происходит в результате развития производства и связанного с этим увеличения выбросов парниковых газов, а также уничтожения лесов и болот, загрязнения водоемов, что приводит к снижению их способности естественным образом поглощать парниковые газы. Очевидно, что климатическая система разбалансирована, происходят глобальное потепление и нарастание погодноклиматических аномалий: наводнений, засух, ураганов и т. п.

В Беларуси за период с 1989 по 2015 гг. среднегодовая температура воздуха на 1,3 °С превысила климатическую норму, принятую Всемирной метеорологической организацией. В 2015 г. средняя годовая температура воздуха составила +8,5 °С, что на 2,7 °С выше климатической нормы, и оказалась самой высокой за весь период инструментальных наблюдений, начиная с 1881 г. В результате потепления в республике произошло изменение границ агроклиматических зон: северная агроклиматическая область распалась, а на юге Белорусского Полесья образовалась новая, более теплая агроклиматическая область [1, 2]. Исследования показывают, что тенденции этих изменений в ближайшие десятилетия сохранятся.

В связи с этим актуальным и практически востребованным является оценка степени уязвимости экосистем Беларуси к негативному воздействию проявления засух, засушливых явлений и других погодноклиматических факторов как в современных, так и в ожидаемых климатических условиях.

**Цель работы** – рассмотрение динамики расширения тёплой агроклиматической зоны на территории Беларуси на период до 2030 г. Материалы работы – сценарии изменения границ агроклиматических зон Беларуси [1]. Методы исследований: геоинформационный, картографический, статистический и др.

**Основные результаты.** В наших исследованиях с использованием геоинформационных технологий прослежено смещение к северу границ новой агроклиматической области по состоянию на 2015 г. и прогнозировании её площадей к 2022 г. и 2030 г.

Оценивая расширение новой климатической зоны на территории Беларуси, следует отметить, что за период с 2015 по 2022 гг. её общая площадь

увеличилась на 3334 тыс. га, с 2022 по 2030 гг. может увеличиться на 4416 тыс. га. и составить 11556 тыс. га. В числе данных площадей под влиянием новой зоны соответственно оказались 1346 тыс. га сельскохозяйственных земель и ещё должны оказаться 2130 тыс. га. Наряду с 1605 тыс. га пахотных земель в 2022 г. их прирост к 2030 г. может достигнуть 3017 тыс. га. Если под водными объектами в 2022 г. в составе новой зоны было 169 тыс. га, то к 2030 г. их следует ожидать в количестве 240 тыс. га, под болотами – соответственно 416 и 525 тыс. га.

Территория новой климатической зоны в Республике Беларусь прирастет с 2022 по 2030 гг. на 21,3 %, а с 2015 по 2030 гг. – на 37,4 %. Общая площадь её земель с 34,4 % в 2022 г. может расширяться до 55,7 % от площади Беларуси. При этом удельный вес сельскохозяйственных земель с 2022 г. прирастет на 10,3 %, пахотных земель – на 6,8 %, лесных – на 8,1 %, под болотами – на 0,5 %, под водными объектами – на 0,4 %, осушенных – на 3,4 %.

При анализе площадей земель новой климатической зоны можно ожидать, что в 2030 г. в их структуре увеличится количество пахотных земель на 3,6 %, сельскохозяйственных – на 3,9 % и уменьшится – лесных на 2,3 %, под болотами – на 1,3 %, под водными объектами – на 0,3 % и осушенных земель – на 1,9 %.

**Выводы.** При изменении климата в сторону потепления в лесном хозяйстве следует ожидать увеличения площадей лесов и торфяных болот с повышенной степенью пожарной опасности, а также с большей вероятностью распространения вредителей и болезней леса, что, в свою очередь, может неблагоприятно сказываться на ведении лесной отрасли [3, 4].

Рост теплообеспеченности способствует расширению и улучшению структуры растениеводства, условия становятся благоприятными для возделывания теплолюбивых культур, которые ранее являлись нетипичными для нашей территории [5]. Вместе с тем, сельское хозяйство в Южных и Восточных районах Республики Беларусь уже сталкивается с недостатком влагообеспеченности и пересыханием пахотного слоя. В связи с этим актуальным и практически востребованным является оценка уязвимости почв Беларуси к воздействию засух как в современных, так и в ожидаемых климатических условиях. Изменение границ агроклиматических областей требует правильных оценок складывающихся агроклиматических условий.

#### Список литературы

1 Проект ClimaEAST «Агроклиматическое зонирование территории Беларуси с учетом изменения климата в рамках разработки национальной стратегии адаптации сельского хозяйства к изменению климата в Республике Беларусь» / В. Мельник [и др.]. – Минск-Женева, 2017. – 84 с.

2 Мельник, В. И. Влияние изменения климата на агроклиматические ресурсы и продуктивность основных сельскохозяйственных культур Беларуси : автореф. дис. ... канд. геогр. наук : 25.00.23 / В. И. Мельник ; Бел. гос. ун-т. – Минск, 2004. – 21 с.

3 Динамика лесистости Беларуси [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://greenbelarus.info/articles/23-07-2019/chto-takoe-normalnyy-les-dialog-v-semi-voprosah-i-otvetah>. – Дата доступа : 25.02.2023.

4 Эколого-ориентированное развитие лесного хозяйства Беларуси в условиях климатических изменений : учеб. / И. В. Войтов [и др.]. – Минск : БГТУ, 2019. – 201 с.

5 Шкляр, А. Х. Климатические ресурсы Белоруссии и использование их в сельском хозяйстве / А. Х. Шкляр. – Минск : Выш. шк., 1973. – 300 с.

## **EXPANSION OF THE WARM AGRO-CLIMATIC REGION IN BELARUS**

*O. V. KOVALEVA, A. S. SOKOLOV, A. F. KARPENKO*

*Francisk Skorina Gomel State University, Republic of Belarus*

УДК 67.08: 504.054

## **ВЛИЯНИЕ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ: АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ПРОБЛЕМ И ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ**

*Е. Ф. КУДИНА<sup>1</sup>, И. В. ПРИХОДЬКО<sup>1</sup>, Г. Р. ГОНЧАРОВ<sup>1</sup>, П. А. ПРИЩЕПОВ<sup>1</sup>  
ПРЕДРАГ ДАШЕ<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель  
[honcharov.h@mail.ru](mailto:honcharov.h@mail.ru)*

*<sup>2</sup>Научно-технический центр интеллектуальной собственности, Сербия*

**Актуальность.** Композитные материалы (КМ) широко используются в различных отраслях промышленности: авиационная, космическая, морская, автомобильная и строительная. Они обладают рядом превосходных свойств, таких как высокая прочность, стойкость к коррозии, легкость, хорошая устойчивость к высоким температурам и т. д. Однако производство и использование КМ, а также накопление их отходов могут оказывать негативное влияние на экологическую обстановку.

**Цель работы** – оценить влияние КМ и изделий, полученных на их основе, на окружающую среду и возникающие, связанные с их использованием, проблемы экологической безопасности, а также акцентировать внимание на перспективные направления развития КМ с учетом минимизации воздействия на экологию.

**Основные результаты.** Одним из основных факторов, который оказывает деструктивное воздействие на окружающую среду, является производство КМ. Например, в процессе производства КМ, содержащих углеродные волокна, образуется значительное количество отработанных продуктов, содержащих углерод, смолы и ряд других компонентов, которые могут представлять серьезную экологическую опасность, если их не утилизировать

должным образом [1, 2]. В технологическом процессе производства КМ могут использоваться вредные химические вещества, такие как формальдегид и смолы, которые при производстве могут попадать в атмосферу или водную среду. Эти вещества и продукты их разложения способны оказывать негативное воздействие как на здоровье человека, так и биосферу в целом.

При использовании КМ в различных отраслях промышленности и строительства образуются отходы, также оказывающие негативное влияние. При горении или сжигании КМ, содержащих полимеры и смолы, могут выделяться опасные газы и токсичные продукты сгорания, способные нанести вред как живым организмам, так и атмосфере нашей планеты.

Отработанные изделия из КМ часто накапливаются на свалках. Разложение данных материалов составляет десятки лет. При утилизации КМ посредством механической обработки или захоронении может образовываться большое количество отходов, которые также представляют серьезную опасность [3].

В результате КМ могут наносить значительный ущерб окружающей среде и здоровью человека [4]. Некоторые страны уже начали регулировать производство и применение КМ (рисунок 1), например, запретив использование некоторых токсичных компонентов в их составе [5].

С целью снижения уровня воздействия КМ на окружающую среду в настоящее время для повышения эффективности их использования принято несколько стратегий (рисунок 2):

- создание и использование при производстве КМ компонентов со стабильным во времени составом;
- применение в качестве матричного материала биополимеров;
- разработка КМ на основе натуральных волокон или биоразлагаемых материалов;
- научно-обоснованная переработка КМ может уменьшить количество образующихся отходов и снизить потребность в невозобновляемых ресурсах. Поэтому разработка новых методов переработки может повысить эффективность процесса утилизации;
- использование оценки жизненного цикла может помочь определить степень опасности композитных материалов на протяжении всего их жизненного цикла. Это может помочь принять прогрессивные решения о производстве, использовании и утилизации КМ.

Реализация подобного стратегического планирования позволит как снизить концентрацию опасных продуктов деструкции, так и использовать экологический механизм биологической переработки КМ.

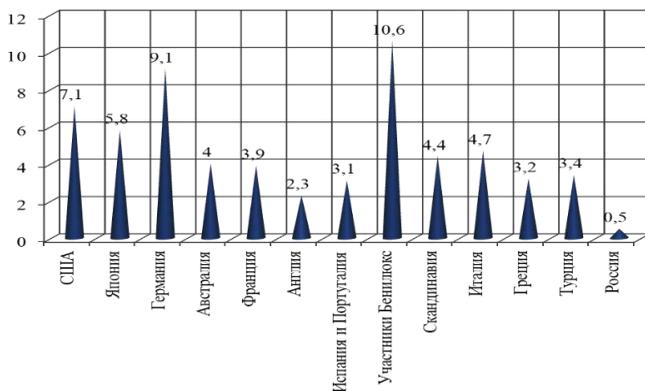


Рисунок 1 – Применение КМ на душу населения по странам, кг/мес.



Рисунок 2 – Современные стратегии по снижению уровня экологического воздействия КМ

**Выводы.** КМ имеют ряд преимуществ по сравнению с традиционными конструкционными материалами, но при использовании необходимо учитывать их воздействие на экологию, так как производство и утилизация КМ может приводить к выбросу парниковых газов и других загрязняющих веществ в окружающую среду. Использование менее токсичных компонентов материалов, переработка без ущерба для экологии и оценка жизненного цикла полученных КМ могут помочь снизить их влияние на окружающую среду, для чего и необходимы дальнейшие исследования в направлении развития стратегий и разработки новых технологий для повышения экологической безопасности КМ.

## Список литературы

1 **Петров, А. В.** Технологии утилизации полимерных композиционных материалов (обзор) / А. В. Петров, М. С. Дориомедов, С. Ю. Скрипачев // Труды ВИАМ. – 2015. – № 12. – С. 12.

2 **Кудина, Е. Ф.** Методы утилизации и рециклинга полимерных композиционных материалов / Е. Ф. Кудина, К. В. Ефимчик // Полимерные материалы и технологии. – 2022. – Т. 8, № 4. – С. 77–86.

3 **Ильных, Г. В.** Основные направления утилизации углепластиков [Электронный ресурс] / Г. В. Ильных // Бюллетень науки и практики. – 2019. – Т. 5, № 12. – Режим доступа : <https://readera.org/bulletennauki/2019-12-5>. – Дата доступа :21.02.2023.

4 **Кудина, Е. Ф.** Современные смазочные материалы: тенденции развития и перспективы рециклинга / Е. Ф. Кудина, И. В. Приходько // Горная механика и машиностроение. – 2021. – № 1. – С. 76–86.

5 **Дориомедов, М. С.** Российский и мировой рынок полимерных композитов / М. С. Дориомедов // Труды ВИАМ. – 2020. – № 6–7 (89). – С. 29–37.

## IMPACT OF COMPOSITE MATERIALS ON THE ENVIRONMENT: ANALYSIS OF CURRENT PROBLEMS AND DEVELOPMENT PROSPECTS

*E. F. KUDINA<sup>1</sup>, I. V. PRIKHODKO<sup>1</sup>, G. R. GONCHAROV<sup>1</sup>, P. A. PRISHCHEROV<sup>1</sup>,  
PREDAĞ DASHE<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Belarusian State University of Transport, Gomel*

<sup>2</sup>*Scientific and Technical Center for Intellectual Property Ltd., Serbia*

УДК 614.75 (504.75.05)

## ФОРМИРОВАНИЕ БЕЗОПАСНОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ ПРИ РАБОТЕ С ЭПОКСИДНЫМИ СМОЛАМИ И МАТЕРИАЛАМИ НА ИХ ОСНОВЕ

*Е. Ф. КУДИНА, И. В. ПРИХОДЬКО, П. А. КУРИЦЫН*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель  
pavelkuritsyn97@gmail.com*

**Актуальность.** Широкое применение эпоксидных смол (ЭС) и материалов на их основе в различных отраслях промышленности (машиностроении, строительстве, электротехнике, радиоэлектронике и др.) обуславливает необходимость оценки опасных и вредных производственных факторов, влияющих на здоровье персонала и окружающую среду.

**Цель работы** – оценка влияния опасных и вредных производственных факторов при применении ЭС, а также формирование механизмов создания безопасной производственной среды промышленных предприятий при работе с ЭС и материалами на их основе.

**Основные результаты.** В соответствии с [1] при работе с эпоксидными смолами и материалами на их основе возможно воздействие ряда опасных и

вредных производственных факторов, таких как: повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; повышенная ионизация воздуха; высокая токсичность; сенсibiliзирующие, аллергические и раздражающие свойства применяемых веществ; кумулятивное действие токсичных компонентов термической деструкции композитов на основе ЭС; повышенная концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Таким образом, в зависимости от условий получения композитов на основе ЭС, можно подвергнуться влиянию различных компонентов и продуктов их разрушения, находящихся в производственной среде в различном агрегатном состоянии (жидкие, летучие компоненты и аэрозоли), способных проникать в организм [2]. Среди наиболее опасных веществ, выделяемых в воздух рабочей зоны из ЭС, являются: гексаметилендиамин, дихлорэтан, малеиновый ангидрид, толуиленидиизоцианат, фенол, формальдегид, фталевый ангидрид, эпихлоргидрин. Характеристики основных вредных веществ, выделяемых в воздух рабочей зоны из композиционных материалов (КМ) на основе ЭС, приведены в таблице 1 [1].

**Таблица 1 – Характеристики основных вредных веществ, выделяемых в воздух рабочей зоны из ЭС и КМ на их основе**

Вещество	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности	Токсикологическая характеристика
Гексаметилендиамин	0,1	1	При нагреве – токсичный пар. Вызывает кашель, затрудненное дыхание, одышку, покраснение кожных покровов, раздражение слизистой оболочки глаз
Толуиленидиизоцианат	0,05	1	Пары вызывают раздражение дыхательных путей, нарушения обменных процессов в организме, заболевания кожи
Дихлорэтан	10	2	Слабый наркотик. Пары сильно раздражают глаза, нос, горло. Вызывает характерное помутнение роговицы глаз
Малеиновый ангидрид	1	2	Обладает резобитивным и сенсibiliзирующим действием (аллерген)
Фенол	0,3	2	Вызывает острое отравление организма. Пары действуют на кожу (экземы)
Формальдегид	0,5	2	Вызывает в свободном состоянии расстройство пищеварения, заболевания зрения
Фталевый ангидрид	1	2	Действует на слизистые оболочки глаз, дыхательных путей, а также раздражает кожу
Эпихлоргидрин	1	2	Обладает раздражающим аллергическим действием. Проникает через кожу

Снижение токсикологического воздействия веществ, приведенных в таблице 1, должно достигаться путем оптимизации технологических процессов, связанных с устранением непосредственного контакта работников с химическими веществами, заменой операций, при которых возникают опасные и вредные производственные факторы, а также своевременном удалении и обезвреживании отходов производства. Применение ЭС, содержащих от 0,1 до 0,2 % летучих примесей, является предпочтительным при составлении эпоксидных композиций. То есть следует использовать марки смол, которые характеризуются менее высоким эпоксидным числом (удельной долей эпоксидных групп в молекуле ЭС).

**Выводы.** Формирование композитов на основе ЭС является трудоемким процессом, требующим постоянного концентрационного контроля веществ в воздухе рабочей зоны и на кожных покровах работников для предупреждения превышения величин ПДК. Реализация указанных подходов позволит сформировать оптимальные механизмы создания безопасной производственной среды промышленных предприятий с осуществлением обязательного государственного санитарного надзора.

#### Список литературы

1 Об утверждении межотраслевых правил по охране труда при работе с эпоксидными смолами и материалами на их основе [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 10 апр. 2007 г., № 53 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа : [https://pravo.by/pdf/2007-119/2007-119\(106-151\).pdf](https://pravo.by/pdf/2007-119/2007-119(106-151).pdf). – Дата доступа : 07.03.2023.

2 Шевченко, А. М. Методические подходы к нормированию эпоксидных синтетических материалов и их летучих компонентов в воздухе рабочей зоны [Электронный ресурс] / А. М. Шевченко, А. П. Яворовский // Гигиена и санитария. – 1988. – № 10. – С. 57–60. – Режим доступа : <https://cyberleninka.ru/article/n/metodicheskie-podhody-k-nor-mirovaniyu-epoksidnyh-sinteticheskikh-materialov-i-ih-letuchih-komponentov-v-vozdue-rabochey-zony>. – Дата доступа : 07.03.2023.

#### **CREATING A SAFE WORKING ENVIRONMENT WHEN WORKING WITH EPOXY RESINS AND EPOXY-BASED MATERIALS**

*E. F. KUDINA, I. V. PRIHODZKO, P. A. KURITSYN*  
*Belorussian State University of Transport, Gomel*

## КОМПОЗИЦИОННЫЕ БАРЬЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИОЛЕФИНОВ

*Е. Ф. КУДИНА, О. А. ЕРМОЛОВИЧ, С. В. КОБЕНКО*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель  
kudina\_mpri@tut.by*

**Актуальность.** В настоящее время упаковка для пищевых продуктов должна обладать комплексом таких специфических требований, как экологичность, безопасность, герметичность и т. д. Одной из важных характеристик упаковки является ее способность сохранять свойства продуктов, размещаемых в ней, в сочетании с герметичностью, стойкостью к химическим реагентам, способностью к длительному хранению. Кроме этого, упаковка должна быть экологически безопасной, иметь низкую стоимость и при этом отвечать требованиям, предъявляемым к такому типу материалам [1].

В настоящей работе рассматриваются композиционные материалы на основе полиолефинов и модифицирующих добавок с **целью** создания уникальной барьерной упаковки для хранения пищевых продуктов.

В настоящее время перспективным направлением является создание импортозамещающего материала на основе полипропилена с повышенными эксплуатационными характеристиками для изготовления контейнеров, предназначенных для хранения сыпучих пищевых продуктов (чая, кофе, соли и т. д.). Поэтому создание композиционного материала на основе отечественного полипропилена с повышенными эксплуатационными и барьерными свойствами является востребованным как промышленностью производства полипропилена, так и отраслью производства композитов для пищевой отрасли [2].

**Основные результаты.** В результате проведенной работы разработаны композиционные материалы, обладающие высокими барьерными свойствами, то есть способностью препятствовать проникновению газов (таких как кислород, углекислый газ), влаги, водяного пара, посторонних запахов. Разработанный оптимальный состав композиционного материала позволил значительно ограничить поступление в упаковку газов и влаги, и, соответственно, ингибировать протекание различных химических процессов внутри упаковки. Объектом исследования являлись композиционные образцы на основе полипропилена марки PP 4445S, красителя и модифицирующей добавки – сополимера этилена и винилового спирта и пластификатора. Оценку совместимости компонентов композиции и технологичность их переработки проводили с помощью экструзионного агрегата *HAAKE RHEOCORD 90*. Композиции выбранных составов перерабатывали методом литья под давлением. Наиболее высокие свойства материала обеспечиваются при

следующем соотношении компонентов, мас. %: полипропилен 60–80 %, сополимер этилена и винилового спирта 10–40 %, пластификатор 2–5 %.

По данным таблицы диапазон оптимальных концентраций модифицирующих реагентов соответствует 20–40 мас. %, что приводит к снижению кислородопроницаемости композита и может быть скорректирован в соответствии с требованиями, предъявляемыми к конечному продукту и технологическому оборудованию.

*Таблица 1 – Сравнительный анализ полимеров и композитов по кислородопроницаемости*

Состав	Кислородопроницаемость, см <sup>3</sup> /(м <sup>2</sup> хсут)
Сополимер этилена и винилового спирта (29 мол)	0,4
Сополимер этилена и винилового спирта (44 мол)	1,5
Полипропилен	3000
Полиэтилен	От 1800
Разработанный композит	Менее 100

Увеличение концентрации пластификатора более 5 % не приводит к ухудшению деформационно-прочностных характеристик образцов, но сопровождается проявлением синерезиса, включающего выпотевание жидкости на поверхности образцов, что будет препятствовать нанесению на поверхности печатных изображений.

**Выводы.** Таким образом, разработанный композиционный материал на основе полипропилена, модифицированного сополимером этилена и винилового спирта можно отнести к среднебарьерным упаковочным материалам, которые могут быть использованы для длительного хранения сыпучих пищевых продуктов.

Разработанные материалы обладают высокими изолирующими свойствами и отвечают технико-эксплуатационным требованиям, предъявляемым к материалам данного назначения.

#### Список литературы

1 Ухарцева, И. Ю. Методы изготовления полимерной упаковки для пищевых продуктов (обзор) / И. Ю. Ухарцева, Е. А. Цветкова, В. А. Гольдаде // Пластические массы. – 2020. – № 7–8. – С. 40–48.

2. Экологически безопасные ориентированные пленки на основе полипропилена / Н. С. Винидиктова [и др.] // Материалы. Технологии. Инструменты. – 2008. – Т. 13, № 4. – С. 14–19.

#### COMPOSITE BARRIER MATERIALS BASED ON POLYOLEFINS

*E. F. KUDINA, O. A. ERMOLOVICH, S. V. KOBENKO*  
*Belarusian State University of Transport, Gomel*

## К ВОПРОСУ О КАЧЕСТВЕ ГРУНТОВЫХ ВОД ВБЛИЗИ ГОМЕЛЬСКОГО ПОЛИГОНА ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

*В. М. ЛАПИЦКИЙ*

*Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины,*

*Республика Беларусь*

*vlad.lapitsky.2002@gmail.com*

**Актуальность.** Полигоны твердых бытовых отходов являются источниками химического и микробиологического загрязнения почв и грунтовых вод. Это в полной мере относится и к Гомельскому полигону ТБО, расположенному в западной части пригородной зоны областного центра. Экологическая опасность полигона обусловлена: небольшой удаленностью от ближайшего населенного пункта (640 м к западу от д. Узы при базовом размере санитарно-защитной зоны в 1 км), неблагоприятными гидрогеологическими условиями, отсутствием противofильтрационного экрана, наличием на полигоне отходов I и II классов опасности, случающимися возгораниями (последнее – 17.06.2021) и др.

**Цель работы** – обратить внимание специалистов на проблемные аспекты обеспечения экологической безопасности на полигонах захоронения отходов.

В ходе исследования, проведенного сотрудниками ГГУ им. Ф. Скорины в 2009–2014 гг. [1], по скважинам (рисунок 1) было обследовано геологическое строение участка размещения ПТБО, проведена геохимическая характеристика грунтовых и палеогеновых напорных вод. Геологические условия оказались неблагоприятны для обеспечения защиты грунтовых вод от фильтра, образующегося как в теле полигона, так и на полях фильтрации.

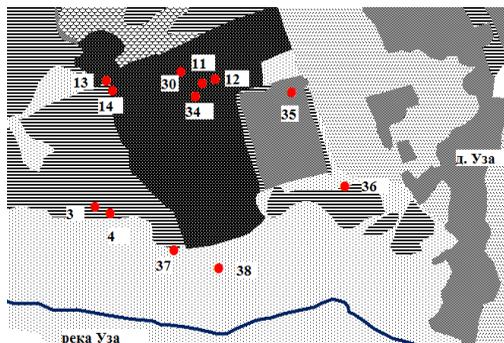


Рисунок 1 – Схема расположения скважин в зоне влияния ПТБО [1, с изменениями]

Отложения четвертичной системы представлены голоценовым (сложен насыпными грунтами и отвалами отходов) и припятским горизонтами. Припятский горизонт представлен флювиогляциальными и моренными отложениями, представленными песками и супесями.

Грунтовые воды залегают на глубинах 0,58–2,77 м. На глубинах от 16,5 м до 22,5–25 м (скважины 3, 11 и 13 соответственно) залегают отложения палеогеновой системы, представленные алевритами и глинами мощностью от 7 до 8,3 м и нижележащими водоносными песками. В настоящий момент естественный водоупор из глин предотвращает загрязнение водоносных песков, однако расположенные выше пески не способны предотвратить как загрязнение грунтовых вод, так и предотвратить миграцию загрязнителей вниз по профилю.

По оценке [2], фронт загрязнения с относительной концентрацией консервативного мигранта 1–3 % в 2023 г. достигнет р. Узы.

В ходе исследований [1] выявлено превышение ПДК содержания компонентов в подземных водах по трем показателям: азоту аммонийному (превышение ПДК в 1,19–8,11 раз), железу общему (в 3,53–129,27 раз в грунтовых водах и в 320,37 – в водах палеогенового периода) и нефтепродуктам (максимальное превышение в 6,42 раза в скважине 14). Согласно исследованию этих авторов, в некоторые годы превышение допустимых концентраций не фиксировалось, что связано, главным образом, с нарушением методики отбора проб.

**Выводы.** Для объективной оценки экологической опасности подземных вод необходимо проведение дальнейших исследований и обновления данных, так как геохимические исследования не проводились уже более 10 лет. По нашему мнению, требует проработки вопрос о более широком анализе органических веществ (кроме нефтепродуктов), которые потенциально могут содержаться в подземных водах.

#### Список литературы

1 Оценка современного состояния подземных вод и разработка рекомендаций по предотвращению их загрязнения в районе полигонов нетоксичных промышленных и твердых коммунальных отходов : отчет о НИР (заключ.) / Гомельский гос. ун-т им. Ф. Скорины ; рук. О. В. Ковалева. – Гомель, 2015. – 62 с.

2 **Третьякова, А. В.** Пресные подземные воды территории Гомельской области: динамика, экология, особенности использования : автореф. дис. ... канд. геол.-минерал. наук : 25.01.07 / А. В. Третьякова ; НПЦ по геологии. – Минск, 2013. – 22 с.

#### ON THE ISSUE OF GROUNDWATER QUALITY NEAR THE GOMEL SOLID WASTE LANDFILL

*V. M. LAPITSKY*

*Francisk Skorina Gomel State University, Republic of Belarus*

## КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИОНОВ КАДМИЯ В СТОЧНЫХ ВОДАХ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

*Е. В. ЛАШКИНА, Ю. В. МУРАВЬЕВА*

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

**Актуальность.** Гальванотехника предполагает автоматизацию и механизацию процессов нанесения покрытий путем создания малоотходных, экологически чистых технологий. Сложность очистки промышленных сточных вод связана с чрезвычайным разнообразием примесей в сточных водах, количество и состав которых постоянно изменяется, поэтому возникает необходимость аналитического контроля по содержанию в них тяжелых металлов [1].

**Цель работы** – аналитическое определение ионов кадмия в сточных водах металлургического предприятия; исследование кумулятивных свойств действия металла в условиях эксперимента.

**Основные результаты.** Исходя из технологической инструкции на приготовление, эксплуатацию, корректирование и проведение химического анализа электролитов процесс электрохимического кадмирования [2] осуществлялся в ванне колокольного типа ВК-1. Отбор проб сточных вод проводился в соответствии с целями анализа после процесса электрокоагуляции [3], причем, учитывались все обстоятельства, которые могли бы оказать влияние на состав взятой пробы.

Аналитическое определение кадмия в сточных водах предприятия проводили фотометрическим дитизонатным методом, который основан на образовании в щелочной среде окрашенного в розовый цвет дитизона кадмия, растворимого в органических растворителях.

Дитизонат кадмия разрушали 0,01 н раствором кислоты и таким способом переводили кадмий в водный слой, отделяя его от меди, никеля, кобальта, серебра, ртути и других металлов, дитизонаты которых устойчивы к кислотам и потому остаются в слое органического растворителя. Затем вторично экстрагировали кадмий в виде дитизоната из щелочной среды (при этом он отделяется от последних следов примеси цинка) и определяли фотометрически. Оптическую плотность измеряли, используя кюветы с толщиной слоя 20 мм, светофильтр с длиной волны при  $\lambda = 508$  нм (цвет поглощаемого излучения зеленый).

Максимальное содержание ионов кадмия составило 0,027 м/л, минимальная концентрация – 0,012 мг/л. Степень очистки промышленных сточных вод отвечает требованиям установленных ПДК вредных веществ.

Эксперименты показали, что длительное внутрижелудочное введение препарата гибели подопытных животных не вызывает, что свидетельствует о слабой кумулятивной активности.

**Выводы.** В результате проведенных исследований определены удельные нормативы образования осадков сточных вод гальванического производства, физико-химические показатели и влияние на живые организмы. Рассмотрены процессы кадмирования, отслежены факторы, влияющие на данные процессы.

#### Список литературы

1 Орлов, Д. С. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении / Д. С. Орлов, Л. К. Садовникова, И. Н. Лазанская. – М. : Высш. шк., 2012. – 334 с.

2 Бурдина, Е. И. Кинетика электроосаждения, структура и свойства металлоорганических покрытий на основе меди, кадмия и никеля / Е. И. Бурдина. – Ростов н/Д : Изд-во южного федерального ун-та, 2014. – 150 с.

3 Жилинский, В. В. Электрохимическая очистка сточных вод и водоподготовка / В. В. Жилинский, О. А. Слесаренко. – Минск : БГТУ, 2014. – 85 с.

#### QUANTITATIVE DETERMINATION OF CADMIUM IONS IN WASTE WATER OF A METALLURGICAL ENTERPRISE

*E. V. LASHKINA, Yu. V. MURAVIEVA*

*Belarusian State University of Transport, Gomel*

УДК 628.337

#### СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ОТХОДАХ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

*Е. В. ЛАШКИНА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

*llashkina@mail.ru*

**Актуальность.** Особенностью использования воды на предприятиях является то, что ее подавляющая часть после использования в процессе производства возвращается в реки и озера в виде сточных вод, количество которых, в том числе и содержащих вредные тяжелые металлы, возрастает из года в год, приводя к ухудшению качества воды и нарушению экологического равновесия в биоценозах.

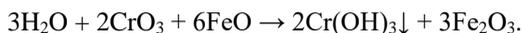
**Цель работы** – определение содержания ионов тяжелых металлов в гальванических отходах процесса очистки сточных вод металлургического предприятия.

**Основные результаты.** Сточные воды гальванического производства очищались с помощью электрокоагуляции. Под воздействием постоянного

электрического тока происходило растворение анодов и переход ионов металлов в жидкую фазу. В очищаемой воде ионы подвергались гидролизу с образованием гидроксидов, которые обладают коагулирующей способностью.

Очистка сточных вод от токсичных соединений шестивалентного хрома с применением растворимых железных анодов осуществляли путем восстановления шестивалентного хрома до трехвалентного.

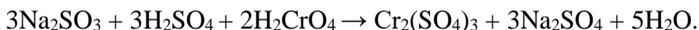
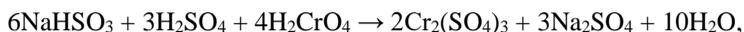
Железосодержащий реагент, который нарабатывался электрохимическим способом, в процессе очистки сточных вод использовался и как коагулянт, обеспечивающий эффективность очистки:



Группу хромистых сточных вод составляли промывные воды, образующиеся после электрохимического хромирования. В сточных водах хром находится в виде ионов  $\text{CrO}_4^{2-}$ . Сточные воды, содержащие соединения  $\text{Cr}^{6+}$ , принадлежат к очень ядовитым и без очистки не могут быть отведены в городскую канализацию [1].

Для полного восстановления  $\text{Cr}^{+6}$  до  $\text{Cr}^{3+}$  необходим значительный избыток реагента  $\text{NaHSO}_3$ , причем относительная величина этого избытка связана с начальной концентрацией  $\text{Cr}^{6+}$  в растворе и тем больше величина, чем меньше эта концентрация.

При этом реакция протекает в следующем порядке:



При очистке сточных вод электрохимическим методом таковые поступают в процессе хромирования черных металлов, цинкования деталей и кадмирования.

Метод электрокоагуляции обеспечивает взаимную нейтрализацию кислотно-щелочных сточных вод, восстановление и осаждение тяжелых металлов в виде гидроксидов цинка  $\text{Zn}(\text{OH})_2$ , кадмия  $\text{Cd}(\text{OH})_2$ , хрома  $\text{Cr}(\text{OH})_3$ . В соответствии с характеристикой производственного процесса определены для проведения исследований следующие элементы: Zn, Pb, Cd, Cu, Ni, Hg, Cr, Fe, As.

**Вывод.** По результатам проведенных исследований определено количественное содержание тяжелых металлов в гальванических отходах процесса очистки сточных вод электрохимическим методом.

Среднее содержание катионов тяжелых металлов в пробе составило, мг/кг:  $\text{Pb}^{2+}$  – 141,08,  $\text{Zn}^{2+}$  – 147,7,  $\text{Cd}^{2+}$  – 269,3,  $\text{Cu}^{2+}$  – 115,5,  $\text{Ni}^{2+}$  – 356,9,  $\text{Fe}^{2+}$  – 1649,0,  $\text{Cr}^{3+}$  – 820,0,  $\text{pH} = 7,63$ . Катионы  $\text{Hg}^{2+}$  и  $\text{As}^{3+}$  не обнаружены.

## Список литературы

1 Перелыгин, Ю. П. Реагентная очистка сточных вод и утилизация отработанных растворов и осадков гальванических производств / Ю. П. Перелыгин, О. В. Зорькина, И. В. Рашевская. – Пенза : ПГУ, 2013. – 80 с.

### CONTENT OF HEAVY METALS IN WASTE OF THE WASTEWATER TREATMENT PROCESS OF ELECTRIC PRODUCTION

*E. V. LASHKINA*

*Belarusian State University of Transport, Gomel*

УДК 628.544

### АНАЛИЗ ПОВЕРХНОСТИ СВОЙСТВ СОРБЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ГАЛЬВАНОШЛАМОВ

*Т. М. МОНЯК*

*Полоцкий государственный университет им. Евфросинии Полоцкой*

*Республика Беларусь*

*t.monjak@psu.by*

**Актуальность.** Проблема переработки отходов гальванических производств объясняется их относительно небольшими объемами образования и разнообразием по составу [1].

Среди различных возможных вариантов их использования нами было выбрано получение сорбционных материалов. Предлагаемый способ синтеза отличается быстротой, низкими энергозатратами, экологичностью, низкими требованиями к отходам, возможностью совместной переработки различных по составу отходов [2].

**Целью работы** – изучение поверхностных свойств сорбционных материалов на основе гальваношламов, что даёт возможность оценить эффективность их использования в процессах очистки нефтесодержащих сточных вод.

**Основные результаты.** Одним из основных свойств поверхности, определяющих возможность эффективного использования сорбентов на основе гальваношламов для очистки сточных вод от нефтепродуктов и органических веществ, можно выделить полную статическую обменную емкость сорбентов, а также их удельную поверхность. Для исследования свойств сорбентов были использованы 10 образцов гальваношламов различных промышленных предприятий Республики Беларусь. Для проведения процесса синтеза использовали растворы кислотного выщелачивания отходов гальваношламов. Параметры процесса выщелачивания металлов описаны ранее [3, 4]. Для синтеза магнитных сорбентов использовали реакцию экзотермического горения в растворах. В качестве восстановителя использовался глицин.

Для сравнительного анализа удельной поверхности полученных образцов использовали метод определения по сорбции красителя метиленового голубого (МГ) [5], раствор 10 мг/л. Анализ остаточного содержания МГ проводили по определению оптической плотности на характерной длине волны 645 нм с использованием спектрофотометра PV 1251C Solar.

Полученные результаты приведены на рисунке 1 и в таблице 1.

Исследуемые образцы сорбентов характеризуются достаточно высокими значениями обменной емкости – до 3,26 мг/г, многие из них сопоставимы с ПСОЕ сорбента из железистого шлама в зависимости от способа приготовления образцов варьируется от 0,9 до 5,7 мг/г.

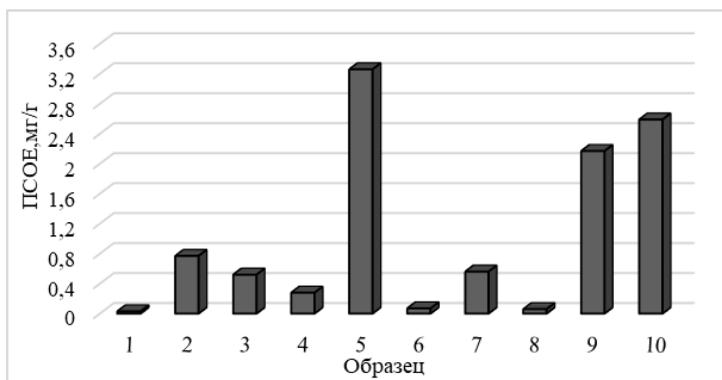


Рисунок 1 – Полученные значения полной статической обменной ёмкости по образцам

Зная значения ПСОЕ, были рассчитаны значения удельной поверхности. Принимая, что сорбция МГ на поверхности полученных образцов осуществляется в мономолекулярный слой, можно рассчитать удельную поверхность. Данный способ широко применяется не для точного определения удельной поверхности, а для сравнительного анализа серии образцов между собой.

Таблица 1 – Значения удельной поверхности синтезированных образцов сорбента

Показатель	Образец									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$S_{уд}$ , м <sup>2</sup> /г	1,3	30,8	20,6	11,1	130,0	2,9	22,4	2,5	86,5	103,5
НЕ, г/г	2,8	-0,13	0,48	1,84	0,05	1,69	-0,09	1,67	1,93	2,92

Полученная максимальная нефтеёмкость составила 2,92 г/г для образца, содержащего в своем составе 75 % железа и 12 % марганца. Это значение сопоставимо с нефтеёмкостью многих природных материалов и некоторых синтетических.

**Выводы.** Полученные значения ПСОЕ для синтезированных сорбентов превышают значения ПСОЕ для ряда природных и синтетических материалов. Полученные сорбенты обладают достаточно высокой удельной поверхностью (до 130 м<sup>2</sup>/г), сравнимой с суммарной площадью поверхности пористых адсорбентов.

#### Список литературы

1 Состав гальваношламов и осадков очистных сооружений гальванического производства / В. Н. Марцуль [и др.] // Новые технологии рециклинга отходов производства и потребления : материалы Междунар. науч.-техн. конф. БГТУ (Минск, 23–24 ноября 2011) ; редкол. : И. М. Жарский [и др.]. – Минск, 2011. – С. 254–260.

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

3 **Куличик, Д. М.** Кислотное выщелачивание железа из железосодержащих осадков станций обезжелезивания / Д. М. Куличик, В. И. Романовский, В. В. Лихавицкий // Вестник БрГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2019. – № 2. – С. 52–54.

4 Кислотное выщелачивание железа из осадков коагуляции природных вод / М. С. Осинин [и др.] // Вестник БрГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2019. – № 2. – С. 50–52.

5 **Моняк, Т. М.** Магнитные сорбенты из гальванических шламов для очистки нефтесодержащих сточных вод / Т. М. Моняк, В. И. Романовский // Водоснабжение и санитарная техника. – 2022. – № 6. – С. 50–55.

#### ANALYSIS OF THE SURFACE PROPERTIES OF SORPTION MATERIALS BASED ON GALVANIC SLUDGE

*T. M. MONYAK*

*Polotsk State University named after Euphrosyne of Polotsk, Republic of Belarus*

УДК 504.4.054 (476.2)

#### ПРЕВЫШЕНИЕ НОРМАТИВОВ КАЧЕСТВА ВОД В РЕКАХ БАССЕЙНА РЕКИ ДНЕПР В 2022 ГОДУ

*Л. А. ПОПЧЕНКО, А. С. СОКОЛОВ*

*Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины*

*Республика Беларусь*

*alsokol@tut.by*

**Актуальность.** Хотя подавляющее большинство водных объектов страны, относящихся к поверхностным водам, по гидробиологическим и гидрохимическим показателям имеет отличный и хороший класс качества [1],

тем не менее состояние качества вод является предметом постоянного мониторинга и анализа его динамики.

**Цель работы** состоит в выявлении превышения нормативных значений основных показателей загрязнения вод рек бассейна р. Днепр, протекающих в Гомельской области, в течение 2022 г. по данным мониторинга [2]. Объектами исследования являются реки Уза, Березина, Ипуть, Ведрич, Сож, Днепр.

**Основные результаты.** В основном для рек бассейна Днепра реакция воды характеризовалась как нейтральная и слабощелочная, только в III квартале наблюдалось снижение водородного показателя в некоторых реках до слабокислой реакции.

В целом для большинства рек отмечаются только единичные случаи превышения ПДК по различным загрязнителям в течение года. Наиболее устойчиво превышение нормативов по фосфат-иону. Величина превышений обычно небольшая (таблица 1), максимальная величина зафиксирована для реки Березины, особенно по аммоний-иону, где в I и II кварталах ПДК отмечено превышение ПДК более чем в 2 раза.

Таблица 1 – Превышения ПДК аммоний-иона, фосфат-иона и нитрат-иона в реках бассейна р. Березина по кварталам 2022 г.

Река	I квартал			II квартал			III квартал			IV квартал		
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
Уза	1,2	1,2	–	1,4	1,2	–	1,2	1,2	–	1,2	1,3	–
Березина	2,15	2,1	1,8	2,15	1,8	1,1	1,5	1,8	–	1,1	1,8	1,3
Ипуть	–	1,1	–	1,2	1,1	–	1,2	1,1	–	1,1	1,1	–
Ведрич	–	1,2	–	1,2	1,1	–	1,1	1,02	–	1,02	–	–
Сож	–	1,1	–	–	1,05	–	–	1,02	–	–	1,05	–
Днепр	–	1,1	–	1,2	1,2	–	1,01	1,1	–	–	1,1	–

Наименее загрязнённой из рассматриваемых является река Сож, где отмечены лишь незначительные превышения нормативов по фосфат-иону.

Ни в одной реке не наблюдалось превышение ПДК по фосфору общему; из рек бассейна Днепра такие устойчивые превышения в течение года наблюдались только в реках Плисса и Свислочь.

В р. Березине во II квартале зафиксировано превышение ПДК по железу общему (6 ПДК) и меди (7,8 ПДК); в III квартале – по марганцу (13,2 ПДК) в р. Днепр, по меди (3 ПДК) в р. Уза.

Синтетические поверхностно-активные вещества во всех реках не превышали удовлетворяющих нормативов качества вод.

Для р. Березины устойчиво в течение года наблюдался дефицит растворённого кислорода (от 4,5 мгО/дм<sup>3</sup> в III квартале до 7,7 мгО/дм<sup>3</sup> в IV квартале), превышение нормативов по содержанию легкоокисляемых (по БПК<sub>5</sub>, от 1,1 до 1,6 ПДК) и трудноокисляемых (по ХПК<sub>Cr</sub>, от 1,9 до 3,0 ПДК) органических веществ.

**Выводы.** Из рассматриваемых рек в наибольшей степени отмечались превышения загрязняющих веществ в реках Березина и Уза.

Показателем, по которому в наибольшей степени превышалась ПДК, был аммоний-ион; показателем, для которого наиболее часто фиксировалось превышение ПД, был фосфор-ион. Березина являлась единственной рекой, где зафиксировано превышение ПДК по нитрат-иону, органическим веществам и дефициту свободного кислорода.

### Список литературы

1 Состояние природной среды Беларуси : экол. бюл. / Е. И. Громадская [и др.]. – Минск : РУП «ЦНИИКИВР», 2022. – 145 с.

2 Радиационно-экологический мониторинг [Электронный ресурс] // ГУ «Респ. центр по гидромет., контролю рад. загр. и мониторингу окр. среды» Минприроды Респ. Беларусь . – Режим доступа : <https://rad.org.by>. – Дата доступа : 04.03.2023.

### EXCEEDING WATER QUALITY REGULATIONS IN THE RIVERS OF THE DNIEPER BASIN IN 2022

*L. A. POPCHENKO, A. S. SOKOLOV*

*Francisk Skorina Gomel State University, Republic of Belarus*

УДК 721.001

### ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕРРИТОРИЙ, ПОДВЕРГШИХСЯ РАДИОАКТИВНОМУ ЗАГРЯЗНЕНИЮ

*Е. Е. ПОРТНОЙ*

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

**Актуальность.** Большинство территории Гомельской области является зоной рискованного земледелия, а загрязнение радионуклидами части земель в результате аварии на Чернобыльской АЭС снижает рост активности населения. Поиск новых направлений для использования территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению и активизации экономической жизни в Восточном Полесье, – одна из ключевых задач Государственной программы по преодолению катастрофы на Чернобыльской АЭС.

**Цель работы** – анализ возможности возврата загрязнённых радионуклидами земель в хозяйственную деятельность, используя сельскохозяйственные предприятия закрытого грунта, интегрированные с объектами альтернативной энергетики.

**Основные результаты.** Для нахождения новой концепции использования данных земель необходимо осознавать масштабы проблемы, с которыми столкнулась Республика Беларусь.

Одним из итогов крупнейшей техногенной катастрофы стало заражение 23 % зоны активного земледелия (1,8 млн га), из них 265 тыс. гектаров (около 15 %) были выведены из хозяйственного оборота в 1986 году.

По данным первого тура радиологического обследования, проведенного в 1992 году, площадь сельскохозяйственных земель, загрязненных цезием-137 более 1 Ки/км<sup>2</sup>, составила 1,438 млн гектаров. За 1992–2020 годы площадь сельскохозяйственных земель, загрязненных цезием-137, сократилась на 589,9 тыс. гектаров [1].

Согласно прогнозам специалистов [2], благодаря физическим свойствам радиоактивных элементов и тому, что проходит период полураспада, всё больше территорий будет подходить для ведения хозяйственной деятельности. При этом необходимо понимать, что в условиях ограниченности ресурсов необходимо обеспечить проектам возвращения земель экономическую целесообразность.

При освоении загрязнённых территорий следует обеспечить эффективность экономической деятельности и развитие района, привлечение инвестиций и сокращение убыли населения. Разумным решением реабилитации подобных земель является создание растениеводческих предприятий методом закрытого грунта, а также специализированных питомников. Тепличное хозяйство – это один из наиболее технологичных и прибыльных сегментов агропромышленного комплекса.

Примером использования предприятий подобного типа можно привести современный тепличный комплекс *Anthura* (Королевство Нидерландов) для выращивания цветов (рисунок 1).



Рисунок 1 – Современный тепличный комплекс Anthura

Использование солнечных панелей в данном проекте позволяет преобразовать солнечную энергию в устойчивую электроэнергию. Это обеспечивает оптимальное сочетание выработки энергии и растениеводства.

Создание электрической энергии путём установки солнечных панелей на крыше тепличного комплекса и ветрогенераторами является продуктивным решением, когда необходимо устойчивое производство энергии. Через специальные алюминиевые водосточные желоба отдельно отводят дождевую воду и конденсат, что позволяет использовать воду повторно, это сделано для уменьшения воздействия производства на окружающую среду [3].

**Выводы.** Строительство растениеводческих предприятий защищённого грунта, интегрированных с объектами альтернативной энергетики, может стать ключевым инструментом стратегии развития Белорусского Полесья.

Предлагаются следующие принципы возврата загрязнённых территорий.

1 Использование специфических особенностей функционального зонирования территорий, блокирования застройки, в зависимости от мощности теплиц, либо иных предприятий.

2 Минимизация влияния факторов антропогенной среды на персонал и выпускаемую продукцию.

3 Максимальная переработка и использование отходов производства.

4 Энергоэффективность объёмно-планировочных решений комплексов.

5 Совмещение объектов альтернативной энергетики и сельскохозяйственного комплекса.

#### Список литературы

1 О Государственной программе возрождения и развития села на 2005–2010 годы : Указ Президента Респ. Беларусь № 150 от 25 марта 2005 г. // Нац. Реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2005. – № 52 – 1/6339.

2 О Государственной программе по преодолению последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС на 2021–2025 годы : постановление Министров Респ. Беларусь 22 марта 2021 г. № 159 [Электронный ресурс] // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа : <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C22100159>. – Дата доступа : 21.12.2022.

3 The Anthura project [Electronic resource]. – Mode of access : <https://www.alcomij.com/projects/the-anthura-project>. – Data of access : 21.12.2022.

#### **PROMISING DIRECTIONS FOR THE USE OF TERRITORIES EXPOSED TO RADIOACTIVE CONTAMINATION**

*E. Y. PARTNY*

*Belarusian State University of Transport, Gomel*

## ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ ВОДОРАСТВОРИМЫХ ТЕРМОПЛАСТОВ В КОНТЕКСТЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

*Л. Н. СТУДЕНИКИНА, А. А. МЕЛЬНИКОВ*

*Воронежский государственный университет инженерных технологий  
Российская Федерация  
lubov-churkina@yandex.ru*

**Актуальность.** Область применения водорастворимых термопластов включает в себя упаковки для самых различных товаров в сельском хозяйстве, химической, косметической, пищевой промышленности и др. Кроме водорастворимой индивидуальной упаковки в последнее время на рынке появились аналоги полиэтиленовых пакетов на основе поливинилового спирта (ПВС), которые можно утилизировать путем смыва в канализацию [1].

В водных аэробных средах биодеградация ПВС происходит параллельно с его растворимостью в воде.

Как и большинство полимеров (например, полиолефины, полистиролы и полиакрилаты), ПВС имеет углерод-углеродную односвязную основу. Однако он также обладает 1,3-диолевой структурой, которая распространена в природных углеводах. Биодеградация ПВС начинается путем ферментативной атаки на эти 1,3-диолевые повторяющиеся единицы с помощью экзоферментов, с образованием смеси ацетокси-гидроксидов и гидроксидов жирных кислот. При внутриклеточном ферментативном деацетилировании они могут быть дополнительно метаболизированы с помощью классического пути  $\beta$ -окисления и цикла Кребса. Данный механизм является общим для всех ПВС-деградирующих микроорганизмов [2].

В некоторых литературных источниках прослеживаются противоречия по вопросу эффективности биодеградации ПВС.

Однако авторы [3] утверждают, что положительные результаты скрининговых тестов на биодеградацию ПВС сами по себе не противоречат данным о его плохой биодеградируемости. Это связано с тем, что существует очень широкий спектр применений данного полимера с определенными требованиями к физико-химическим свойствам, которые достигаются с помощью различных стратегий проектирования полимеров.

Не все ПВС одинаково растворимы в воде, и при этом они не одинаково биоразлагаемы, некоторые области применения ПВС с более низкой растворимостью в воде действительно могут демонстрировать менее благоприятный профиль биодеградации [4].

**Цель работы** – оценка гидро- и биодеструкции ПВС различных торговых марок, отличающихся остаточным содержанием винилацетатных групп (ВА-групп).

Объекты исследования: пленки ПВХ торговых марок KurarayPoval 3-83 (высокое содержание ВА-групп, быстрорастворим в холодной воде) и ПВХ-1799 (низкое содержание ВА-групп, нерастворим в холодной воде), пластифицированные глицерином, полученные методом полива из 5%-го раствора с последующим обезвоживанием на воздухе, а также крахмалонаполненные композиты на основе данных марок ПВХ.

Методы исследования: водорастворимость пленок оценивали визуально при экспозиции в воде, компостируемость – согласно ГОСТ Р 57432-2017.

**Основные результаты.** Температура в начале гидролитической деструкции ПВХ и материалов на его основе является очень важным показателем для прогнозирования поведения материала в естественных природных или искусственных антропогенных условиях, абиотические факторы которых варьируются в широких пределах. Например, температура воды в природном водоеме не превышает 15–20 °С, температура воды городской канализации достигает 30–40 °С, а в условиях компостирования температура поднимается до 50–60 °С. Таким образом, материалы из ПВХ, гидрорастворяемые в искусственных условиях, могут не разлагаться в условиях естественных.

При экспозиции в воде с температурой 20 °С образцы пленок на основе ПВХ-1799 не подверглись растворению в течении 1 месяца наблюдений. Оценка влияния температуры воды на степень набухания пленки и композита на основе ПВХ-1799 показала, что повышение температуры более 30 °С приводит к постепенному вымыванию полимера при экспозиции, причем в случае композитного материала – эффект вымывания намного менее выражен за счет взаимодействия крахмала и ПВХ. При повышении температуры воды вплоть до 50 °С (условия компостирования или канализации) все исследуемые образцы сохраняли целостность формы, не подвергаясь гидродеструкции. Образцы на основе ПВХ с высоким содержанием ВА-групп показали хорошую растворимость даже в холодной воде.

Результаты оценки биодеструкции исследуемых материалов при их компостировании полностью коррелируются с оценкой водорастворимости, то есть, если образец показал хорошую растворимость в воде с температурой 20–30 °С, то он и полностью соответствует стандарту на компостируемую упаковку. Те образцы, которые не растворились в воде при нормальных условиях, не подверглись биодеструкции при компостировании.

Необдуманное применение водорастворимых термопластов без учета особенностей их гидро- и биодеструкции будет способствовать снижению эффективности очистки сточных вод канализации.

**Выводы.** Лимитирующими факторами гидро- и биодеструкции ПВХ являются в первую очередь содержание ВА-групп в ПВХ и температура водной среды;

в естественных условиях окружающей среды (водная среда с  $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) подвергаются гидролитической деструкции только ПВС с высоким содержанием ВА-групп (более 10–15 %) и композиты на его основе; применение водорастворимых термопластов должно осуществляться с учетом эффективности их окончательной биodeградации.

### Список литературы

1 Повышение прочности и водостойкости материалов на основе поливинилового спирта с помощью борной кислоты / Л. Н. Студеникина [и др.] // Вестник ВГУИТ. – 2022. – Т. 84, № 2 (92). – С. 249–255.

2 Biodegradation of poly(vinyl alcohol) with different molecular weights and degree of hydrolysis / R. Solaro [et al.] // Polym Adv Technol. – 11 (2000). – P. 873–878.

3 **Byrne, D.** Biodegradability of Polyvinyl Alcohol Based Film Used for Liquid Detergent Capsules / D. Byrne // Biologische Abbaubarkeit der für Flüssigwaschmittelkapseln verwendeten Folie auf Polyvinylalkoholbasis. Tenside Surfactants Detergents. – 2021. – Vol. 58, no. 2. – P. 88–96.

4 Biodegradation of polyvinyl alcohol-Based binary composites / L. N. Studenikina // J. Sib. Fed. Univ. Chem. – 2021. – No 14(1). – P. 111–119.

### PROBLEMS OF APPLICATION OF WATER-SOLUBLE THERMOPLASTICS IN THE CONTEXT OF WASTEWATER TREATMENT EFFICIENCY

*L. N. STUDENIKINA, A. A. MELNIKOV*

Voronezh State University of Engineering Technologies, Russian Federation

УДК 378.147

### АКМЕОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОБУЧЕНИЮ ХИМИЧЕСКИМ ДИСЦИПЛИНАМ В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ

*Л. В. ЧЕРНЫШЕВА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель  
ludacher2610@rambler.ru*

**Актуальность.** Для гармоничной жизни в современном интеллектуально-информационном обществе каждому члену общества необходимо быть личностью, хорошо осознающей свои способности и потребности, умеющей развивать плодотворные взаимодействия на работе, в сфере семейных, личных, деловых связей, быть специалистом, способным постоянно приобретать новые знания и уметь реагировать на изменяющиеся внешние условия. Реализация человеком таких требований требует пересмотра и обновления психолого-педагогических подходов к содержанию образования каждой личности. А именно требует пересмотра акмеологического подхода (от древнегреческого «акме» – вершина) к образованию, в частности в высшей школе.

Вопросами акмеологии в плане изучения специфики высших профессиональных достижений занимались А. А. Деркач, В. Г. Зазыкин, Н. В. Кузьмина, А. К. Маркова, В. С. Мерлин, А. С. Огнев, А. П. Ситников и др. [1]. В педагогике высшей школы акмеологический подход предполагает создание педагогических условий, позволяющих студентам как можно плодотворнее проявить себя в образовательной деятельности; создание условий, формирующих у студента стремления к высоким результатам в учебной, а затем и профессиональной деятельности, к творческой индивидуальности. В более узком понимании акмеологический подход в образовании определяет поиск педагогами закономерностей саморазвития и самосовершенствования личности и создание предпосылок для самореализации ее в разных сферах самообразования, самокоррекции [1, 2].

Работая на кафедре «Водоснабжение, химия и экология» и участвуя в подготовке инженеров по специальности 1-70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов», мы осознаем всю важность и масштабность этого вопроса. Поэтому в рамках этого направления нашей педагогической деятельности, была сформулирована **цель работы**: создание педагогических условий для саморазвития, самообразования и самоконтроля студентов посредством дисциплин химического блока в техническом вузе.

**Основные результаты.** В рамках акмеологического подхода были выделены несколько направлений работы.

Актуализация содержания курса дисциплины и подбор учебных заданий с учетом профессиональной деятельности являлось первым направлением работы.

Для реализации этого направления был выделен круг практико-ориентированных понятий, теоретических положений и вопросов. Затем к ним были подобраны задания и упражнения, при составлении которых широко использовался метод математического моделирования химико-биологических, химико-экологических процессов. Данный вид учебного моделирования включает математическое описание химического явления из практики профессиональной деятельности [3].

На первом курсе используется моделирование как составление студентами под руководством преподавателей задач и упражнений, имитирующих природные процессы, протекающие в атмосфере, гидросфере, литосфере и биосистемах под воздействием абиотических факторов или неблагоприятных экологических воздействий. На втором курсе используется моделирование более масштабных химико-экологических ситуаций, техногенных катастроф, охватывающих не только одно абстрактное предприятие, а несколько предприятий или населенных пунктов.

Следующее направление работы – это изучение запросов будущих работодателей с необходимостью формирования определенной группы знаний и умений у студентов посредством химических дисциплин. При этом

необходимо одновременно учитывать субъективные факторы (наклонности, способности, психологические особенности студентов), а также объективные факторы, например, техническая база кафедры, возможность инвариантной части учебной программы. Поэтому был разработан курс лабораторных работ, адаптированный к будущей профессиональной деятельности наших студентов.

Темы и содержание лабораторных работ учитывают производственную необходимость наличия определенных профессиональных навыков у выпускников, а также объем и содержание учебных программ дисциплин химического блока. Вот несколько примеров тем лабораторных работ: определение рН почвенной вытяжки; определение основных показателей качества воды; сорбционное фильтрование; жесткость воды; фазово-дисперсная характеристика природных вод; аэробные и анаэробные процессы очистки сточных вод.

Третье направление нашей работы – проведение лабораторных занятий на базе предприятия – заказчика будущих инженеров.

Лабораторное занятие на производстве – форма обучения, сопряженная с выходом за пределы учебного заведения для изучения различных объектов, систем и технологических процессов, такие занятия несут в себе элементы нового и рассчитаны на совместную работу специалиста предприятий, преподавателей и студентов. Целью организации таких занятий является: анализ, обобщение знаний и знакомство с их практическим использованием.

Отличительными элементами такого занятия являются: изменение временных рамок; место проведения; использование внепрограммного материала; организация коллективной деятельности в сочетании с индивидуальным творчеством студентов; создание эмоционального подъема студентов; обязательный самоанализ деятельности в период подготовки к занятию, на занятии и после его проведения.

Выездные занятия помогают понять суть будущей профессии, способствуют формированию профессиональных качеств. Студенты с большим интересом посещают такие занятия, на них они встречаются с работниками и специалистами предприятий, задают много вопросов по выбранному направлению подготовки.

Следующим направлением нашей работы стало создание педагогических условий для раскрытия творческого потенциала личности наших студентов. К основным педагогическим условиям мы отнесли:

– «открытое окружение», обеспечивающее личности самовыражение: доброжелательность в общении студентов, уважительное отношение к идеям студентов, веру в способности студентов;

– включение в свою работу различных педагогических форм проведения лабораторных и практических занятий: тренинги, дискуссии, круглые столы и т. д.;

– наличие творческого окружения: организация общения с яркими творческими личностями, встречи с ветеранами труда и т. д.;

– создание условий для творческой состоятельности, соревнования идей, а именно: проведение олимпиад по дисциплине, внедрение различных форм организации научных кружков, участие студентов в научно-практических конференциях, стартап-проектах, ярмарках вакансий и т. д.

**Выводы.** В рамках изучения химических дисциплин студенты, помимо освоения самого материала курса, должны познакомиться с запросами будущей профессии к конкретным химическим знаниям и умениям.

Также студентам необходимо ознакомиться и научиться применять инструментарий для оценки соответствия себя к выполнению профессиональной деятельности.

С другой стороны, для того, чтобы акмеологические факторы, что называется, «сработали», необходимы сильные побудительные причины. Такими могут стать устойчивые стремления человека к успехам в различных видах деятельности, т. е. настоящий профессионализм всегда сопрягается с сильной и устойчивой мотивационно-эмоциональной заряженностью на осуществление именно данной деятельности и на достижение в ней уникального, неординарного результата [4].

Реализация акмеологического подхода к обучению химическим дисциплинам студентов специальности 1-70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов» требует создание комплекса педагогических мероприятий, затрагивающих не только образовательный процесс, но и эмоциональную сферу студентов.

### Список литературы

1 **Деркач, А. А.** Акмеология : учеб. пособие / А. А. Деркач, В. Г. Зазыкин. – СПб. : Питер, 2003. – 256 с.

2 **Михайлова, А. Г.** Акмеология в контексте проблем качества образования: теория зрелости в формировании профессионально-творческих способностей / А. Г. Михайлова // Культура народов Причерноморья. – 2014. – № 6. – С. 172–174.

3 **Чернышева, Л. В.** Реализация акмеолого-педагогических основ профессионального образования студентов через дисциплины химического профиля в медицинском вузе / Л. В. Чернышева // Управление развитием образованием в русле акмеологии : сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф. (Гомель, 19 - 20 ноября 2009 г.) : в 4 ч. ; ред. кол. : Н. В. Кухарев (отв. ред.) [и др.] – Гомель, 2009. – Вып. XI, Ч. 3. – С. 84–88.

4 **Бодалев, А. А.** Вершина в развитии взрослого человека: характеристики и условия достижения / А. А. Бодалев. – М. : Флинта : Наука, 1998. – 168 с.

### INTERDISCIPLINARY APPROACH IN THE ORGANIZATION ON CHEMICAL DISCIPLINES STUDY IN A TECHNICAL UNIVERSITY

*L. V. CHERNYSHOVA*

Belarusian State University of Transport, Gomel

## ФОРМИРОВАНИЕ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ СТУДЕНТОВ

*Т. И. ХАЛАПСИНА*

*Гомельский государственный медицинский университет,*

*Республика Беларусь*

*kudina\_mpri@tut.by*

**Актуальность.** Формирование радиоэкологической культуры среди студентов медицинских специальностей занимает одно из ведущих мест в системе образования высших учебных заведений Республики Беларусь. Для студентов-медиков это особенно актуально, так как будущие врачи могут быть направлены по распределению на работу в районы, пострадавшие от чернобыльского загрязнения в 1986 году.

Безопасность и радиационная защита персонала, населения и территорий от воздействия ионизирующих излучений, а также предотвращение попадания радионуклидов в окружающую среду в нашей стране осуществляется в соответствии с Законом Республики Беларусь «О радиационной безопасности» [1]. Государственная система защиты населения базируется на Международных нормах безопасности [2]. Учебные дисциплины «Радиационная и экологическая безопасность», «Радиационная и экологическая медицина» были введены типовыми учебными планами обучения студентов во всех высших учебных заведениях страны вскоре после аварии на Чернобыльской АЭС. Целью изучения учебной дисциплины является приобретение обучаемыми научных знаний о природе радиоактивности, принципах взаимодействия излучения с веществом, биологических последствиях облучения человека, основах безопасной жизнедеятельности в условиях радиоактивного загрязнения. В ходе проведения любого вида занятий (лекций, практических, лабораторных, семинарских) по дисциплине «Радиационная и экологическая медицина» должны быть реализованы задачи занятия, включающие три составляющие: образовательную, развивающую и воспитательную.

**Целью** настоящей работы является анализ уровня полученных знаний по дисциплине «Радиационная и экологическая медицина» студентами «Гомельского государственного медицинского университета» и их влияния на формирование радиоэкологической культуры и объективного представления о рисках, сопряженных с последствиями катастрофы на Чернобыльской АЭС.

**Методы исследования.** Для реализации поставленной цели применен метод анкетирования. Проведено социологическое исследование с использованием разработанной автором анкеты, содержащей 10 вопросов, и отражающих уровень экологической грамотности у 100 студентов 1-го и 3-го

курса «Гомельского государственного медицинского университета» до изучения дисциплины «Радиационная и экологическая медицина» и после изучения данной дисциплины. По данным анкет число респондентов, проживающих в г. Гомеле (52 человека) и в других населенных пунктах Республики Беларусь (48 человек), примерно одинаковое. Результаты исследования обработаны в стандартных приложениях *Windows*.

**Результаты и обсуждение.** Сравнительный анализ ответов студентов 1-го и 3-го курсов о плотности поверхностного загрязнения территории цезием-137, на которой они проживали до поступления в Гомельский государственный медицинский университет, свидетельствует о том, что они слабо осведомлены о радиационной обстановке по месту жительства. Результаты анкетирования показали, что 86 % студентов не знают степень загрязненности цезием-137 территории, на которой они проживают. Тем не менее, 12 % респондентов находятся в состоянии выраженной радиотревожности, иногда испытывают страх – 23 % респондентов, не испытывают страха – 65 % опрошенных, что коррелирует с ранее полученными данными [3, 4]. Очевидно, что радиофобия, которая наблюдалась в первые годы среди населения Беларуси, в настоящее время практически преодолена. Установлено, что уровень осведомленности по вопросам радиоэкологии среди студентов университета является достаточно высоким. Так, 70 % респондентов уверены, что возможно снизить поступление радионуклидов в пищевую продукцию, получаемую с приусадебного хозяйства, а 78 % осведомлены о мерах по снижению дозы внутреннего облучения. При этом значимых различий между ответами студентов 1-го и 3-го курсов не наблюдается, что говорит о достаточно хорошей базовой подготовке абитуриентов Гомельского медицинского университета. Исчерпывающие знания по этим вопросам (правильные ответы на 3 вопроса анкеты) показали 28 % респондентов – первокурсников и 40 % студентов 3-го курса, что и отражено на рисунке 1.

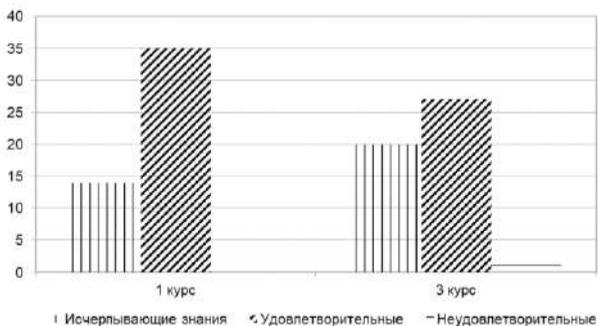


Рисунок 1 – Уровень радиоэкологической культуры студентов до и после изучения дисциплины «Радиационная и экологическая медицина»

Ожидаемым является результат об источниках получения информации о радиационной обстановке и медицинских последствиях Чернобыльской катастрофы. Больше половины респондентов (60 %) для получения информации используют интернет. Однако после изучения дисциплины «Радиационная и экологическая медицина» студенты в два раза чаще стали использовать официальные источники информации. В частности, 14 % студентов третьего курса обращаются за информацией на сайт Министерства здравоохранения Республики Беларусь против 6 % первокурсников.

**Заключение.** Управление здоровьем на популяционном уровне невозможно без четкого представления о механизмах воздействия средовых факторов, осознанного отношения к экологическим рискам: реальным и мнимым. Несмотря на достаточную эффективность изучения дисциплины «Радиационная и экологическая медицина» в плане формирования радиологической культуры, следует признать, что психологическое восприятие чернобыльских последствий изменилось. Выросло поколение, для которого «чернобыльские» события являются всего лишь историческим фактом и не оказывают существенного влияния на восприятие рисков, связанных с последствиями катастрофы.

#### Список литературы

1 О радиационной безопасности : Закон Респ. Беларусь от 18 июня 2019 г. № 198-З.

2 Радиационная защита и безопасность источников излучения : междунар. основные нормы безопасности. Общие требования безопасности. – МАГАТЭ : Вена, 2015. – 520 с.

#### FORMATION OF RADIOLOGICAL CULTURE OF STUDENTS

*T. I. HALAPSENA*

*Gomel State Medical University, Republic of Belarus*

Научное издание

**ВОДОСНАБЖЕНИЕ, ХИМИЯ  
И ПРИКЛАДНАЯ ЭКОЛОГИЯ**

Материалы Международной  
научно-практической конференции  
(Гомель, 22 марта 2023 г.)

Издается в авторской редакции

Технический редактор *В. Н. Кучерова*  
Корректор *Я. А. Васькевич*

Подписано в печать 29.09.2023 г. Формат 60x84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать на ризографе.  
Усл. печ. л. 9,07. Уч.-изд. л. 9,82. Тираж 30 экз.  
Зак. № 1956. Изд. № 45.

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Белорусский государственный университет транспорта.  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий  
№ 1/361 от 13.06.2014.  
№ 2/104 от 01.04.2014.  
№ 3/1583 от 14.11.2017.  
Ул. Кирова, 34, 246653, Гомель