

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

Учреждение образования  
**«Брестский государственный технический университет»**

**ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ  
И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ  
ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ**

**Сборник научных статей  
Международной научно-практической конференции молодых  
учёных, приуроченной ко Всемирному дню Водных ресурсов  
28 марта 2024 г.**

Брест 2024

УДК 628.1:502.1(08)  
ББК 38.761:20.1я4  
И62

***Рецензенты:***

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

**Кукреш А. С.** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой гидротехнических сооружений и водоснабжения, Белорусская государственная сельскохозяйственная академия (Горки, Беларусь).

***Редакционная коллегия:***

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

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

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

***Члены редакционной коллегии:***

**Акулич Т. И.** – старший преподаватель кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов, БрГТУ (Брест, Беларусь), БрГТУ (Брест, Беларусь).

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

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

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

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

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

**И62** Инженерно-экологические аспекты и перспективы развития систем водоснабжения и водоотведения: сб. науч. статей Междунар. науч.-практ. конф., Брест, 28 марта 2024 г. / Брест. гос. техн. ун-т ; редкол.: А. А. Волчек [и др.] ; науч. ред. А. А. Волчек, О. П. Мешик, С. В. Андреюк. – Брест: БрГТУ, 2024. – 214 с.

**ISBN 978-985-493-624-6**

В сборнике представлены статьи, подготовленные участниками Международной научно-практической конференции молодых учёных «Инженерно-экологические аспекты и перспективы развития систем водоснабжения и водоотведения», приуроченной ко Всемирному дню Водных ресурсов, которая состоялась 28 марта 2024 г. на факультете инженерных систем и экологии БрГТУ.

УДК 628.1:502.1(08)  
ББК 38.761:20.1я4

**ISBN 978-985-493-624-6**

© Издательство БрГТУ, 2024

## **СЕКЦИЯ 1**

### **ВОДОСНАБЖЕНИЕ, ВОДООТВЕДЕНИЕ, ОЧИСТКА ПРИРОДНЫХ И СТОЧНЫХ ВОД**

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

*Абуова Г. Б.<sup>1</sup>, Харламова А. Э.<sup>2</sup>, Кузнецова А. С.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Старший преподаватель кафедры пожарной безопасности и водопользования, ГБОУ АО ВО «Астраханский государственный архитектурно-строительный университет», город Астрахань, Россия, annaharlamova.713@gmail.com

<sup>2</sup> Студент 1 курса факультета инженерных систем и пожарной безопасности, ГБОУ АО ВО «Астраханский государственный архитектурно-строительный университет», город Астрахань, Россия, isipb@ausu.ru

<sup>3</sup> Декан факультета инженерных систем и пожарной безопасности, ГБОУ АО ВО «Астраханский государственный архитектурно-строительный университет», город Астрахань, Россия, isipb@ausu.ru

### **Аннотация**

В настоящее время особое внимание привлекают вопросы охраны окружающей природы. При решении вопроса об организации водного хозяйства на предприятиях жилищно-коммунального хозяйства вместе с задачами по очистке сточных вод весьма остро стоит вопрос об утилизации получаемых осадков на очистных сооружениях. В работе рассматривается современный метод обработки осадка с помощью сорбции, с применением местного материала. Необходимость совершенствования и повышения эффективности имеющихся способов обработки осадков сточных вод определяют актуальность данной работы.

**Ключевые слова:** сорбент, сорбция, канализационные очистные сооружения, иловый осадок.

## IMPROVING THE EFFICIENCY OF WASTEWATER SLUDGE DEWATERING

*Abuova G. B.<sup>1</sup>, Kharlamova A. E.<sup>2</sup>, Kuznetsova A. S.<sup>3</sup>*

### **Abstract**

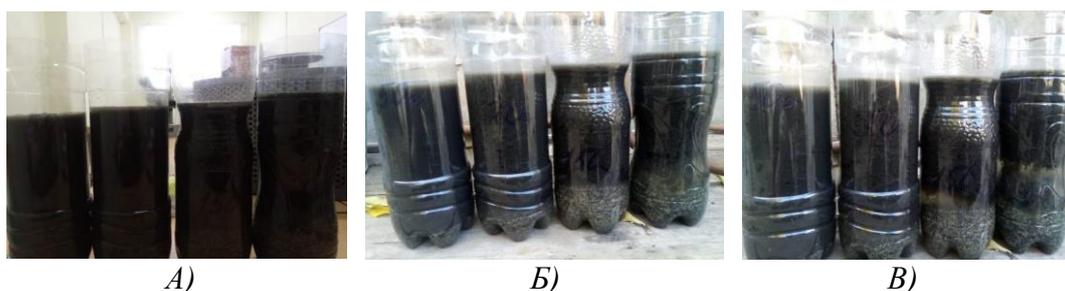
Currently, environmental protection issues are attracting special attention. When deciding on the organization of water management at housing and communal services enterprises, along with the tasks of wastewater treatment, the issue of recycling the received precipitation at wastewater treatment plants is very acute. The paper considers a modern method of sludge treatment using sorption, using a local material. The need to improve and increase the efficiency of existing methods of wastewater sludge treatment determines the relevance of this work.

**Keywords:** sorbent, sorption, sewage treatment plants, sludge sludge.

**Введение.** Эффективность работы канализационных очистных сооружений влияет на экологическое состояние водных ресурсов – источников водоснабжения [1-4]. Ежегодно в России на предприятиях жилищно-коммунального хозяйства образуется около 1 млрд. м<sup>3</sup> осадков, формирующихся в результате очистки сточных вод, влажность которых составляет 98 % и более. Традиционными способами обработки осадков являются уплотнение, обезвоживание, стабилизация, кондиционирование. Приведенные методы характеризуются высокой стоимостью и сложностью используемого оборудования, необходимостью применения дорогостоящих реагентов, высокими трудозатратами и энергоёмкостью. Этим объясняется тот факт, что в настоящее время на многих канализационных очистных станциях в России, осадки подвергаются минимальной обработке, а затем складываются на открытых иловых площадках и отвалах, которые занимают огромные площади земли [2]. Размещение осадков на иловых площадках не отвечает современным экологическим требованиям, а при больших объёмах накопления осадки со временем становятся источником загрязнения прилегающих земельных угодий и водных объектов. Таким образом, использование существующих способов обработки осадков сточных вод во многих случаях является экономически нецелесообразным и малоэффективным с точки зрения накопления, хранения и дальнейшей утилизации осадков.

**Материалы и методы.** В целях повышения эффективности процесса обезвоживания осадка сточных вод предлагается использование сорбента (опоки), добываемых в Астраханской области. Высокие показатели качества очистки воды для системы хозяйственно-питьевого назначения с применением данной осадочной горной породы были отмечены ранее [5-6].

Авторами для эксперимента были взяты 4 пробы сырого осадка объемом 1 л. В каждую тару погрузили опоки весом 50,100,150 и 200 г/л (рис.1).



*Рисунок 1 – А) - Первичное состояние образцов; Б) - Состояние осадка через 20 минут; В) - Состояние осадка через 40 мин*

**Результаты и обсуждение.** На рисунке 1Б видно, что отслоение осадка и воды на первых 20 минутах происходит в образцах, где содержание сорбент составляет 150 и 200 г/л.



А)

Б)

**Рисунок 2 – А) - Состояние осадка через 60 мин;  
Б) - Состояние осадка после 4х часового отстаивания**

На рисунке 1В в образцах 150 и 200 мг/л вода стала более прозрачной и в образце с содержанием сорбента 100г/л наблюдалось отделение воды и ила.

После одного часа отстаивания осадка с сорбентом (рис.2А) видно, что осадок рыхлый, в четвертом образце выделение воды больше, чем в других представленных образцах, а в первом образце без изменений. Замечено, что в начале эксперимента выделялся резкий тухлый запах осадка, который полностью исчез после часового отстаивания. После 4-х часового отстаивания (рис.2Б), вода стала прозрачной, а осадок - обезвоженным. Полученные результаты химического состава исследуемого осадка приведены в таблице 1.

**Таблица 1 – Химический состав осадков сточных вод**

Показатели	Значения показателей			Показатели	Значения показателей		
	мг/л	кг/сут	После отстаивания с сорбентом, мг/л		мг/л	кг/сут	После отстаивания с сорбентом, мг/л
Взвешенные вещества	135,46	16960,0	135,46	Железо общее	2,6	338,0	0,4
ХПК	183,3	23829,0	98,2	Фенолы	0,009	1,17	-
БПК <sub>5</sub>	138,29	16418,0	66,7	Жиры	13,0	1690,0	4,8
Нефтепродукты	4,06	527,8	0,5	Медь	0,0226	2,938	-
АПАВ	1,5	195,0	0,4	Цинк	0,16	20,8	-
Хлориды	до 7,16	930,8	1,8	Никель	0,013	1,69	-
Фосфаты	до 1,0	130,0	0,3	Свинец	0,029	3,77	-
Сульфаты	до 9,7	1261,0	2,2	Хром	-	-	-

Согласно приведенным данным таблице 1, выявлено, что содержание токсичных веществ и тяжелых металлов практически не обнаружено, или имеется в малых дозах. В выделенной воде содержание взвешенных веществ в образце 4 составляет 4 мг/л, цветности – 23град, содержание металлов в незначительном количестве.

**Заключение.** Таким образом, экспериментальное исследование с использованием сорбента позволило сделать вывод о положительном эффекте обезвоживания осадка, удалению ионов тяжелых металлов, а также устранению его запаха.

### Список цитированных источников

1. Абуова, Г. Б. Экологическое состояние водных объектов в Южном регионе России / Г. Б. Абуова, Н. С. Масютин, Е. В. Москвичева // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2018. – № 4(26). – С. 35-39.
2. Стоногина, Т. А. Экологическое воздействие очищенных сточных вод на окружающую среду / Т. А. Стоногина, Г. Б. Абуова // Потенциал интеллектуально одаренной молодежи - развитию науки и образования : Материалы XI Международного научного форума молодых ученых, инноваторов, студентов и школьников, Астрахань, 17–18 мая 2022 года / Под общей редакцией Т.В. Золиной. – Астрахань: Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, 2022. – С. 42-43.
3. Игнатчик, В. С. Результаты экспериментальных исследований эффективности очистки сточных вод на канализационных очистных сооружениях в условиях неравномерности притока / В. С. Игнатчик, Ю. П. Анисимов, В. В. Мороз // Актуальные проблемы военно-научных исследований. – 2020. – № 6(7). – С. 114-125.
4. Боронина, Л. В. Экологическая оценка эффективности очистки вод для малых населенных пунктов / Л. В. Боронина, Г. Б. Абуова // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2019. – № 4(30). – С. 38-42.
5. Моделирование сорбционных процессов для очистки природных вод / Е. В. Москвичева, Г. Б. Абуова, И. Ю. Болотина, А. М. Тюрин // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2017. – № 1(19). – С. 35-38.
6. Адсорбция из воды ионов железа, кобальта, никеля, цинка, кадмия, хрома, свинца, ртути сорбентом ОБР-1 / Н. М. Алыков, А. В. Павлова, Г. Б. Абуова [и др.] // Экология и промышленность России. – 2011. – № 9. – С. 26-28.

УДК 631.67

## РАСЧЕТ ОПТИМАЛЬНЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЛОТКОВЫХ КАНАЛОВ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

*Алимбаев Е.<sup>1</sup>, Зулпиекова С.<sup>2</sup>, Калыбекова Е. М.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Докторант факультета водных, земельных и лесных ресурсов НАО «КазНАИУ», Алматы, Казахстан, hagrid25@mail.ru

<sup>2</sup>Докторант факультета водных, земельных и лесных ресурсов НАО «КазНАИУ», Алматы, Казахстан, sandu.zulpibekova@kaznaru.edu.kz

<sup>3</sup>Д.т.н., профессор факультета Водные, земельные и лесные ресурсы, КазНАИУ, Алматы, Республика Казахстан, yessenkul.kalybekova@kaznaru.edu.kz

### Аннотация

Своевременное проведение плановых и текущих ремонтов, а также реконструкции оросительных сетей позволят значительно повысить КПД

и уменьшить потери оросительной воды, что в общей сложности позволит сэкономить 30-40 % воды от водозабора. Создавшееся положение требует определенной перестройки технической политики в водохозяйственном строительстве. Приоритет должен отдаваться комплексной реконструкции и техническому перевооружению существующих оросительных систем с одновременным рассмотрением дифференцированных тарифов на оросительную воду, что будет в значительной мере способствовать эффективному использованию орошаемых земель.

**Ключевые слова:** поливная вода, оросительные системы, лотковая сеть, потери воды на фильтрацию, коэффициент полезного действия канала

## CALCULATION OF OPTIMAL HYDRAULIC PARAMETERS OF TRAY CHANNELS OF IRRIGATION SYSTEMS

Alymbayev Yer.<sup>1</sup>, Zulpybekova S.<sup>2</sup>, Kalybekova Yes.<sup>3</sup>

### Abstract

Timely scheduled and ongoing repairs, as well as reconstruction of irrigation networks, will significantly increase efficiency and reduce irrigation water losses, which in total will save 30-40% of water from water intake. The current situation requires a certain restructuring of technical policy in water management construction. Priority should be given to the comprehensive reconstruction and technical re-equipment of existing irrigation systems, while considering differentiated tariffs for irrigation water, which will greatly contribute to the effective use of irrigated land.

**Keywords:** irrigation water, irrigation systems, trough network, water losses for filtration, channel efficiency.

**Введение.** В Кызылординской области свыше 100 тыс. га требует коренного улучшения действующих оросительных сетей. Площадь комплексной реконструкции составляет 168,5 тыс. га или порядка 70% от потребности в дренаже. Протяженность оросительных каналов в Кызылординской области по оценкам ТОО «КазНИИ рисоводства» составляет 8 105 км, в т.ч. 375 км – магистральных каналов – с износом 63,0 %, 1 980 км межхозяйственных каналов – с износом 65,0 %, 5 750 км внутрихозяйственных каналов – с износом 83 %, и 3 510 км коллекторно-дренажной сети – с износом 88 %. Своевременное проведение реконструкции оросительных сетей, плановых и текущих ремонтов на сети позволит значительно повысить КПД и уменьшить потери оросительной воды, что в общей сложности позволит сэкономить 30-40 % воды от водозабора. Создавшееся положение требует определенной перестройки технической политики в водохозяйственном строительстве [1].

**Материалы и методы.** Водоводы, состоящих из 6-метровых лотков параболического сечения, называются лотковыми каналами.

Лотковый канал в значительной степени увеличивает пропускную способность оросительной сети. Например, по расчетам автора этих строк, замена канала в земляном русле с живым сечением  $0,15 \text{ м}^2$  лотковым каналом такого же сечения (или ЛР-4) увеличивает пропускную способность в 2,4 раза, а при замене канала земляным сечением до  $0,9 \text{ м}^2$  лотками ЛР-10 пропускная способность возрастает в 2,2 раза.

Кроме того, зарастание русла земляного канала только за 0,5-1 сезон травами до средней густоты при одном и том же уклоне дна приводит к снижению скорости течения воды и уменьшению пропускной способности канала в земляном русле в 1,6-1,9 раза, чем в лотковой сети. Зарастание русла канала при отсутствии мер, сопровождается заилением. Заиление (ил занимает примерно до 20% сечений) вместе с зарастанием приводит к снижению пропускной способности водотока в земляном русле в 2,1-2,3 раза. В этой связи на младших каналах постоянно в межполивные периоды требуется проведение работ по скашиванию русла земляных каналов, а это отражается на качестве услуг и эффективности эксплуатационных и инвестиционных затрат, усиливает потери на фильтрацию и испарение.

**Результаты и обсуждение.** Для расчета были приняты четыре марки лотков (ЛР-4, ЛР-6, ЛР-8 и ЛР-10), для трех условий уклона дна: 0,001, 0,002 и 0,003 (предельный уклон). В расчетах использовались следующие нормативные данные: коэффициент шероховатости - 0,012, параметры для ЛР-4, ЛР-6 и ЛР-8 – 0,20 и 0,21 соответственно, для ЛР-10 - 0,35. При расчете коэффициента Шези по формуле Н.Павловского – использовали показатель степени 0,1643. Поливные нормы-брутто (поле) -  $800 \text{ м}^3/\text{га}$ ,  $900 \text{ м}^3/\text{га}$  и  $1000 \text{ м}^3/\text{га}$ . Продолжительность полива (поливной период) на расчётной площади, подвешенной к участковому распределителю - не более 12 суток [1]. Расчетный расход участкового распределителя был рассчитан, исходя из условий завершения поливов подвешенной площади за 12 суток, соблюдая режим круглосуточного водопользования по графику.

Как видно из результатов расчета гидравлических параметров различных марок лотковых каналов, восстановление водообеспеченности неиспользуемых (неполиваемых) орошаемых земель, в составе проектной площади, достигается на основе восстановления и увеличения пропускной способности каналов за счет повышения проектных КПД с 0,45-0,65 до 0,85-0,95, достигнутого путем реконструкции и модернизации оросительной сети с увеличением доли инженерных каналов (облицовки или лоткового канала) с 30% до 50-70%, с модернизации конструкции экранирования.

**Таблица - Гидравлические показатели различных марок лоткового канала для различных условий уклона трассы оросительной сети**

Марка лотка	Гидравлические показатели различных марок лоткового канала, при разных уклонах их дна									
	укло н дна	В, м	Нгн, м	S, м <sup>2</sup>	Кш	Рсп, м	R, м	C, б/р	V, м/с	Q, л/с
ЛР-4	0,001	0,75	0,3	0,15	0,012	0,96	0,16	61,47	0,77	115
	0,002	0,75	0,3	0,15	0,012	0,96	0,16	61,47	1,09	163
	0,003	0,75	0,3	0,15	0,012	0,96	0,16	61,47	1,33	200
ЛР-6	0,001	0,85	0,5	0,28	0,012	1,40	0,20	64,06	0,91	258
	0,002	0,85	0,5	0,28	0,012	1,40	0,20	64,06	1,29	365
	0,003	0,85	0,5	0,28	0,012	1,40	0,20	64,06	1,58	447
ЛР-8	0,001	0,95	0,7	0,44	0,012	2,07	0,21	64,69	0,95	420
	0,002	0,95	0,7	0,44	0,012	2,07	0,21	64,69	1,34	593
	0,003	0,95	0,7	0,44	0,012	2,07	0,21	64,69	1,64	727
ЛР-10	0,001	1,45	0,9	0,87	0,012	2,51	0,35	70,01	1,30	1133
	0,002	1,45	0,9	0,87	0,012	2,51	0,35	70,01	1,84	1603
	0,003	1,45	0,9	0,87	0,012	2,51	0,35	70,01	2,26	1963

Из таблицы видно, что с увеличением уклона дна канала и численного показателя марки лотка возрастают скорости течения и расходы воды. Пропускная способность лотков одной и той же марки при увеличении уклона дна канала возрастает в 1,74 раза. При одном и том же уклоне скорость воды возрастает по мере увеличения марки лотка. Например, скорость воды в лотке ЛР-4 при уклоне 0,002 – 1,09 м/с, а в лотке ЛР-10 при таком же уклоне – 1,84 м/с. Это объясняется тем, что по мере возрастания конструктивных параметров лотков, также возрастают гидравлический радиус и скоростной коэффициент.

**Заключение.** Снижение потерь воды на фильтрацию из оросительных каналов можно достигнуть за счет повышения проектных КПД с 0,45-0,65 до 0,85-0,95.

Лотковые каналы, согласно СНиП, проектируют с уклоном дна не более 0,003. т.к. скорость воды при уклоне выше 0,002-0,003, резко возрастает. При таком «скоростном режиме» усложняется распределение воды каналам младшего порядка, особенно на уровне участковых распределителей (УР). Также при нормальной эксплуатации и соблюдении режима зимней эксплуатации в лотковых каналах потери воды на 10-20% меньше, чем потери из каналов, облицованных железобетонными плитами.

#### **Список цитированных источников**

1. Абдураманов Г.А., Кальбекова Г.К. Материалы Республиканской научно-теоретической конференции «Сейфуллинские чтения - 11: Молодежь и наука». – 2015. – Т.1, ч.2. – С.199-200 Рисовые оросительные системы в Кызылординской области.
2. Ольгаренко Г.В., Цекоева Ф.К. - Нормирование орошения с использованием комплексной агрометеорологической информации – 2012.

## ЗАДАЧИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРИ ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

*Алферчик В. В.<sup>1</sup>, Семикашева Э. Э.<sup>2</sup>, Ануфриев В. Н.<sup>3</sup>, Волкова Г. А.<sup>4</sup>*

<sup>1</sup> Студентка 3 курса, ФЭС, БНТУ, Минск, Беларусь, viktorija-alferchik@mail.ru

<sup>2</sup> Студентка 3 курса, ФЭС, БНТУ, Минск, Беларусь, eleanafolvar@gmail.com

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

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

### **Аннотация**

В статье рассмотрено применение биоинженерных сооружений, основанных на использовании процессов биоценозов влаголюбивых растений. Предлагаются очистные сооружения – грунтово-растительные площадки, применяемые для очистки сточных вод и обработки осадка, как альтернатива полям фильтрации и сооружениям с активным илом. Показана возможность строительства очистных сооружений без электрификации. При замене полей фильтрации используются биоинженерные сооружения, предназначенные как для очистки сточных вод, так и для обработки осадка. Особенность функционирования таких систем связана с вертикальной планировкой отдельных сооружений, которая позволяет использовать только энергию потока воды.

**Ключевые слова:** сточные воды, биологическая очистка, грунтово-растительные площадки, обработка осадка, септик, фильтр, грунт.

## CHALLENGES AND TECHNICAL SOLUTIONS FOR WASTEWATER TREATMENT IN RURAL SETTLEMENTS

*Alferchik V. V.<sup>1</sup>, Siamikashava E. E.<sup>2</sup>, Anoufriev V. N.<sup>3</sup>, Volkova H. A.<sup>4</sup>*

### **Abstract**

The article discusses the use of bioengineering structures based on the use of processes in biocenoses of macrophytes. Sewage treatment facilities and constructed wetlands for wastewater treatment and sludge treatment are proposed as an alternative to filtration fields and structures with activated sludge. The possibility of constructing treatment facilities without electrification has been shown. When replacing filtration fields, bioengineered structures are used for both wastewater treatment and sludge treatment. The peculiarity of the functioning of such systems is associated with the vertical layout of individual structures, which allows using only the energy of water flow.

**Keywords:** wastewater, biological treatment, constructed wetlands, sludge treatment, septic tank, filter, soil.

**Введение.** Для Республики Беларусь поля фильтрации являются традиционными очистными сооружениями, которые до конца 60-х годов прошлого столетия использовались повсеместно и были единственным и универсальным видом сооружений, применяемым для очистки сточных вод как промышленных предприятий, так и населенных пунктов.

Строительство сооружений биологической очистки в искусственно созданных условиях в крупных городах значительно сократило объем сточных вод, которые направлялись на поля фильтрации.

Строительными нормами строительство полей фильтрации ограничено по производительности до 200 м<sup>3</sup>/сут при дальности транспортирования очищенных сточных вод до водотока-приемника, превышающей 1 км. Это сократило область применения таких сооружений, вместе с тем до настоящего времени поля фильтрации продолжают оставаться самым распространенным видом очистных сооружений [1].

**Материалы и методы.** В национальной стратегии управления водными ресурсами в условиях изменения климата на период до 2030 года указано, что для очистки сточных вод используются 2741 очистных сооружений, из них на 319 проводится искусственная биологическая очистка с выпуском в поверхностные водные объекты [2].

В структуре сточных вод преимущественно занимают место нормативно очищенные сточные воды – 692,5 млн. м<sup>3</sup>/год, или 66,9%, составляющих от сброса сточных вод, отводится в поверхностные водные объекты. Очистка в естественных условиях в 2020 г осуществлялась с применением 1752 полей фильтрации суммарной площадью 3677 га с фактическим сбросом сточных вод, равным 48,3 млн. м<sup>3</sup>/год.

При этом эффективность эксплуатации полей фильтрации считается низкой, а также результаты исследований, подтверждающие загрязнение подземных вод в местах размещения таких очистных сооружений и их неудовлетворительное техническое состояние, требуют принятия радикальных мер по переходу на более современные методы очистки сточных вод с выводом полей фильтрации из эксплуатации. Всего рекомендуется вывести из эксплуатации 901,42 га полей фильтрации, что составляет 24 % от общей их площади.

Поля фильтрации включают сооружения для механической очистки (септики, гидроциклоны, двухрусные отстойники), а также сооружения в виде земляных карт, предназначенных для биологической очистки сточных вод в естественных условиях. Преимущественно земляные карты не оснащены дренажом, и после фильтрации осветленные сточные воды через слой грунта просачиваются в нижележащие слои грунта.

Как известно, строительство сооружений биологической очистки с активным илом требует значительных инвестиций, а их эксплуатация связана со значительным энергопотреблением и необходимостью привлечения квалифицированного персонала.

**Результаты и обсуждение.** Альтернативный вариант с применением биоинженерных сооружений позволяет организовать очистку сточных вод без использования электрооборудования. Основным объектом является грунтово-растительная площадка, которая представляет собой заглубленное сооружение, объем которого заполнен песком, гравием, галькой, другим крупнодисперсным инертным материалом с посадками тростника, камыша либо другой влаголюбивой растительности [3].

В зависимости от производительности станции состав сооружений может быть различным.

Вариант А. Септик для механической очистки и грунтово-растительная площадка для биологической очистки. В данном варианте производительность станции ограничена  $25 \text{ м}^3/\text{сут}$ , что вытекает из максимальной пропускной способности септиков. Удаление осадка из септиков предусматривают вывозом специальным автотранспортом.

Вариант Б. Фильтр с крупнозернистой загрузкой для предварительной очистки и грунтово-растительная площадка для биологической очистки. В этом случае сооружение механической очистки заменено фильтром для предварительной очистки. Его конструкция подобна устройству грунтово-растительной площадки. Вывоз осадка с фильтра не требуется. Удаление крупноразмерных примесей сточных вод из фильтра производится во время сезонного обслуживания станции. Вместе с тем, использование фильтра для предварительной очистки требует дополнительной площади исходя из среднесуточной удельной гидравлической нагрузки, принимаемой  $0,75 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{сут})$ .

Вариант В. Для механической очистки применяются двухъярусные отстойники и грунтово-растительная площадка, предусмотренная для биологической очистки. Предварительная очистка получается в данном случае более компактная. Производительность двухъярусных отстойников выше, чем у септиков, что позволяет увеличить пропускную способность всей станции. При удалении осадка под гидростатическим давлением из отстойника требуется дополнительное сооружение для подсушивания осадка. Для обработки осадка традиционно используют иловые площадки. Для снижения негативного воздействия на окружающую среду предлагается замена иловых площадок традиционных конструкций на грунтово-растительные площадки, предназначенные для обработки осадков. При уменьшении выбросов в атмосферный воздух в слое загрузки с растениями происходит обезвоживание осадка за счет транспирации, испарения и его частичная минерализация. Часть иловой воды возвращается на ступень биологической очистки, для чего предусмотрено размещение площадок на разных отметках. Отметка для грунтово-растительной площадки для осадков принимается на  $2,5\text{-}3,0 \text{ м}$  выше в сравнении с уровнем грунтово-растительной площадки для сточных вод.

**Заключение.** Рассматриваемые предложения могут позволить получить техническое решение, обеспечивающее очистку сточных вод и утилизацию осадка с низкими затратами при отсутствии энергопотребляющих устройств на площадке станции очистки сточных вод.

### **Список цитированных источников**

1. СН 4.01.02-2019 «Канализация. Наружные сети и сооружения» Строительные Нормы Республики Беларусь, Минск, 2020, 80 с.
2. Национальная стратегия управления водными ресурсами в условиях изменения климата на период до 2030 года. Утверждено постановление Совета Министров Республики Беларусь 22.02.2022 № 91
3. Рекомендации по проектированию, устройству и эксплуатации песчано-гравийных фильтров очистных сооружений сточных вод. Р 4.01.188-2022, МБОО «ЭкоСтроитель», 2022, Минск, 80 с.

УДК 631.675

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ОРОСИТЕЛЬНЫХ НОРМ НА ПРИМЕРЕ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР**

*Асаулов Р. В.<sup>1</sup>*

*Научный руководитель: Мешик О. П.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Ассистент кафедры природообустройства, БрГТУ, Брест, Беларусь, гoтa\_valerievich\_00@mail.ru

<sup>2</sup>Декан факультета инженерных систем и экологии, БрГТУ, Брест, Беларусь

### **Аннотация**

Потребность в орошении земель на территории Республики Беларусь с каждым годом возрастает. Это определяется потеплением климата и как следствие увеличением температуры воздуха, атмосферных осадков и ростом суммарного испарения, а также повышением повторяемости засушливых периодов. При проведении оросительных мероприятий, особое внимание стоит уделять обоснованию оросительной нормы, которая напрямую зависит от климата и особенностей сельскохозяйственной культуры. Результаты проведенного исследования показывают оросительные нормы, полученные для зерновых культур по отдельным районам Беларуси.

**Ключевые слова:** орошение, климат, моделирование, зерновые культуры, почва.

# MODELING OF IRRIGATION NORMS ON THE EXAMPLE GRAIN CROPS

*Asaulau R. V.<sup>1</sup>*

## **Abstract**

The need for land irrigation in the territory of the Republic of Belarus is increasing every year. This is determined by climate warming and, as a consequence, by the increase in air temperature, precipitation and evapotranspiration, as well as by the increase in the frequency of dry periods. When carrying out irrigation measures, special attention should be paid to justification of irrigation norm, which directly depends on climate and crop peculiarities. The results of the study show the irrigation rates obtained for grain crops in some districts of Belarus.

**Keywords:** irrigation, climate, modeling, grain crops, soil.

**Введение.** Современное сельское хозяйство Республики Беларусь в большей мере специализируется на растениеводстве, где ведущими культурами являются зерновые. В результате потепления климата и, как следствие, увеличения засух, на сельскохозяйственных землях требуется проведение оросительных мероприятий. Отрицательное влияние засух на растениеводческую отрасль, в том числе, обосновано преобладанием в структуре сельскохозяйственных земель республики дерново-подзолистых песчаных и супесчаных почв, которые наиболее чувствительны к погодным условиям и климатическим изменениям. Адекватное орошение способно поддерживать оптимальную влажность почвы, что будет сохранять её высокое плодородие.

**Материалы и методы.** В работе использованы данные метеорологических наблюдений и водно-физических свойств дерново-подзолистых супесчаных почв территории Республики Беларусь. Основные методы исследования – воднобалансовый, моделирование динамики почвенных влагозапасов в условиях орошения.

**Результаты и обсуждение.** Для того, чтобы определить величину оросительной нормы, обратимся к гидролого-климатическому районированию, которое производится на основании расчета показателей тепло- и влагообеспеченности по метеостанциям Республики Беларусь. В работе [1] выделено три основные гидролого-климатические зоны: северная, центральная и южная. Однако в южной зоне выделяется две подзоны. В связи с прогрессирующим потеплением климата, возможно, что эти подзоны станут основой для выделения на территории Республики Беларусь четвертой гидролого-климатической зоны. Однако в целом они имеют больше сходства, чем различия, поэтому более удобно характеризовать всю зону.

В ТКП 45-3.04-178-2009 (02250) «Оросительные системы. Правила проектирования» [2], указываются оросительные нормы основных сельскохозяйственных

культур. Данное исследование ограничивается зерновыми, так как именно они являются преобладающей культурой в сельском хозяйстве Республики Беларусь. В таблице 1 приведены оросительные нормы яровых зерновых культур на дерново-подзолистой супесчаной почве.

**Таблица 1 – Оросительные нормы яровых зерновых культур на дерново-подзолистой супесчаной почве при расчетной обеспеченности средnezасушливого года  $P = 75\%$**

Гидролого-климатическая зона	Величина оросительной нормы, м <sup>3</sup> /га
Северная	700
Центральная	800
Южная	950

Нами выполнено моделирование динамики почвенных влагозапасов с использованием метода гидролого-климатических расчетов В.С. Мезенцева. В результате моделирования получены оросительные нормы по различным областям и районам Республики Беларусь. В качестве реперных принято по четыре района в каждой области, величины оросительных норм сведены в таблицу 2.

Данные таблицы 2 в большей степени подтверждают оросительные нормы, указанные в таблице 1. Полученные данные в большей степени характеризуют период до современного потепления климата, так как не учитывают рост температур воздуха и трансформацию атмосферных осадков в последние десятилетия. Расчёты, выполненные по современным метеорологическим данным, показали увеличение оросительных норм большинства сельскохозяйственных культур до 18,1 % [3]. Это еще раз доказывает тот факт, что с прогрессирующим потеплением климата появляется возможность образования четвертой гидролого-климатической зоны. Именно поэтому целесообразность применения оросительных мероприятий на сельскохозяйственных землях республики с годами увеличивается.

**Таблица 2 – Оросительные нормы зерновых культур на дерново-подзолистой супесчаной почве при расчетной обеспеченности средnezасушливого года  $P = 75\%$**

Район	Величина оросительной нормы, м <sup>3</sup> /га
Брестская область	
Брестский	1000
Ляховичский	800
Пинский	900
Столинский	900
Витебская область	
Глубокский	700
Докшицкий	700
Лепельский	700
Миорский	650
Гомельская область	
Жлобинский	800
Мозырский	900
Речицкий	850
Рогачевский	800

<b>Продолжение таблицы 2</b>	
Гродненская область	
Вороновский	750
Зельвенский	800
Слонимский	800
Щучинский	750
Минская область	
Вилейский	750
Копыльский	800
Крупский	700
Молодеченский	750
Могилевская область	
Белыничский	750
Кировский	800
Климовичский	750
Круглянский	700

**Заключение.** Полученные в результате исследования оросительные нормы являются ориентирующей основой для прогнозирования режимов гидромелиораций. Применение оросительных мелиораций на сельскохозяйственных землях объективно необходимо, в связи с неустойчивым режимом естественной тепло- и влагообеспеченности. Грамотное орошение позволит оптимизировать почвенные влагозапасы, а также поспособствует получению существенной прибавки урожая сельскохозяйственных культур.

### **Список цитированных источников**

1. Голченко, М. Г. Совершенствование научно-практических основ оросительных мелиораций на минеральных почвах Республики Беларусь / М. Г. Голченко // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – №. 2. – С. 123-129.
2. Оросительные системы. Правила проектирования = Арашальныя сістэмы. Правілы праектавання : ТКП 45-3.04-178-2009 (02250). – Введ. 07.01.2010. – Минск : Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь , 2010. – 70 с.
3. Асаулов, Р. В. Мелиоративные нормы сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистых супесчаных почвах белорусского полесья / Р. В. Асаулов // Инновации: от теории к практике : сборник тезисов докладов IX Международной научно-практической конференции, Брест, 19–22 октября 2023 г. / Министерство образования Республики Беларусь, Брестский областной исполнительный комитет, Брестский научно-технологический парк, Брестский государственный технический университет ; редкол.: Г. Б. Медведева [и др.]. – Брест : БрГТУ, 2023. – С. 32–34. – Библиогр.: с. 34 (3 назв.).

## **ВЛИЯНИЕ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ СРЕДНЕГО ГОРОДА НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД СОЕДИНЕНИЯМИ АЗОТА**

*Басалай Е. Н.<sup>1</sup>, Засимович Т. С.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Заместитель декана по воспитательной работе, доцент кафедры природообустройства, БрГТУ, Брест, Беларусь, basalaiekaterina@yandex.ru

<sup>2</sup> Студент группы ПД11/4 факультета инженерных систем и экологии, БрГТУ, Брест, Беларусь, tetset082@gmail.com

### **Аннотация**

В статье проанализирована внутригодовая динамика концентраций нитратов и нитритов в воде реки выше и ниже места сброса очищенных сточных вод с очистных сооружений среднего города Брестской области в течение 2020–2023 гг.

**Ключевые слова:** городские очистные сооружения, поверхностный водный объект, динамика концентраций, нитриты и нитраты

## **INFLUENCE OF URBAN TREATMENT FACILITIES OF THE MIDDLE CITY ON SURFACE WATER POLLUTION ON NITROGEN COMPOUNDS**

*Basalai K. M.<sup>1</sup>, Zasimovich T. S.<sup>2</sup>*

### **Abstract**

The article analyzes the out-of-year dynamics of nitrate and nitrite nitrogen concentrations in the river above and below the discharge point of treated wastewater from urban treatment facilities of the middle city during 2020–2023.

**Keywords:** recommended urban sewage treatment facilities, surface water body, the dynamics of the concentrations of nitrite nitrogen and nitrate nitrogen

**Введение.** Актуальной экологической проблемой Беларуси является поступление в водные объекты избыточных биогенных веществ. Результаты мониторинга поверхностных вод свидетельствуют об устойчивом характере их загрязнения в бассейнах рек Брестской области соединениями азота и фосфора [1, 2].

**Материалы и методы.** С целью изучения воздействия городских очистных сооружений на загрязнение поверхностных вод соединениями азота проанализировано влияние очищенных сточных вод (ОСВ) городских очистных сооружений (ОС) среднего города Брестской области на состояние поверхностных вод реки-водоприемника очищенных сточных вод. Авторами выполнен сбор информации

о качестве проб воды из р. Струга выше и ниже ОС (500 м) среднего города Брестской области – г. Иваново за 2020–2023 гг.

**Результаты и обсуждение.** Нитраты являются наиболее устойчивыми формами азота в реках, аэрированных в условиях Беларуси в достаточной степени. Азот нитратный является продуктом нитрификации азота аммонийного в аэробных условиях в незагрязненных водоемах. Основными антропогенными его источниками являются сточные воды от городских ОС и производственных предприятий, поверхностный сток с территории населенных пунктов и с сельскохозяйственных угодий, сточные воды животноводческих ферм [3, 4]. В Республике Беларусь установлена величина предельно допустимой концентрации для нитратов –  $9,03 \text{ мгN/дм}^3$ . В литературных источниках упоминается экологически приемлемая с точки зрения защиты водных объектов от эвтрофирования величина (ЭПВ), которая для нитратов составляет  $0,39 \text{ мгN/дм}^3$  [5, 6].

Годовая динамика азота нитратов в водоемах представлена двумя процессами, оказывающими противоположное действие, вследствие чего можно отметить следующие особенности годовой динамики концентраций нитратов:

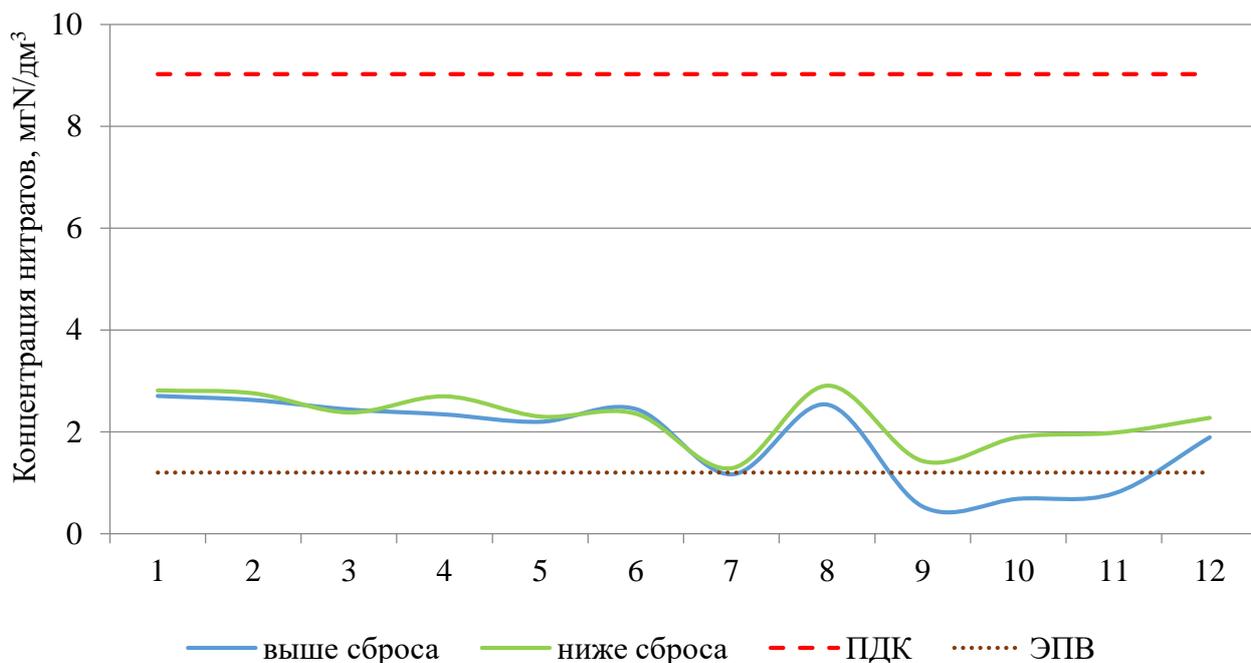
1) минимальные концентрации характерны для весенне-летнего периода и зависят от деятельности денитрофицирующих организмов и фитопланктона;

2) увеличение концентрации происходит осенью, что связано с отмиранием и разложением планктона и водной растительности. Максимальное содержание нитратов характерно для зимнего периода, что обусловлено отсутствием фитопланктона и высшей водной растительности, которые являются их потребителями.

Нарушение годовой динамики концентраций нитратов и амплитуда колебания их концентраций свидетельствуют об эвтрофировании водного объекта.

В течение всего анализируемого периода концентрация нитратов в реке как выше, так и ниже ОС не превышала величину ПДК (рисунок 1).

Концентрация нитратов в воде была минимальной в сентябре-ноябре и июле выше ОС (соответственно,  $0,53$ – $0,79$  и  $1,17 \text{ мгN/дм}^3$ ) и в июле и сентябре-ноябре ниже ОС (соответственно,  $1,29$  и  $1,43$ – $1,98 \text{ мгN/дм}^3$ ), что свидетельствует об использовании кислорода нитратов для окисления органических веществ в условиях недостатка кислорода.

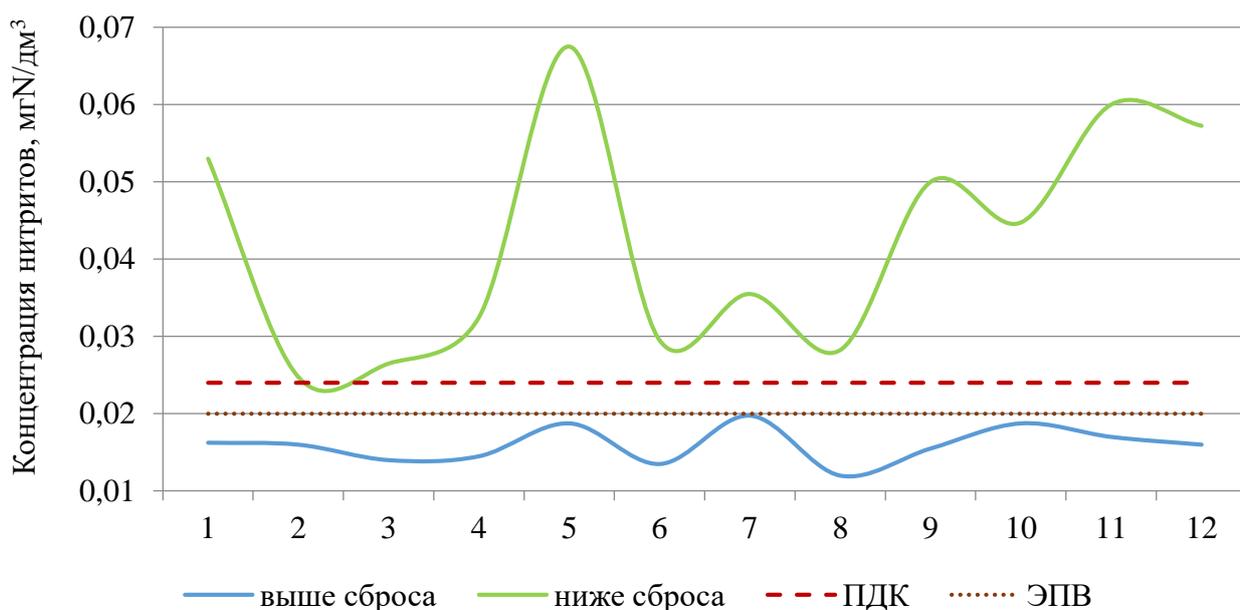


**Рисунок 1 – Динамика среднемесячных концентраций нитратов ( $\text{mgN}/\text{dm}^3$ ) в воде реки выше и ниже ОС за 2020–2023 гг.**

Максимальные концентрации нитратов в воде отмечены в январе-феврале и августе выше ОС ( $2,51\text{--}2,71 \text{ mgN}/\text{dm}^3$ ) и в августе и январе-феврале ниже ОС ( $2,76\text{--}2,91 \text{ mgN}/\text{dm}^3$ ). Высокие концентрации нитратов в августе обусловлены преобладанием процессов нитрификации над потреблением нитратов, а возрастание их концентрации с осени происходит за счет разложения планктона и высшей водной растительности. Максимальные концентрации нитратов характерны для января-февраля с последующей снижением их концентрации, что связано с отсутствием потребителей нитратов в водоемах в период зимней межени и повышением доли грунтового питания рек (в грунтовых водах нитратов больше, чем в речных). Процессы нитрификации в подлédный период затруднены вследствие ухудшения кислородного режима [3].

Нитриты являются промежуточным звеном в цепи процессов окисления аммония до нитратов в аэробных условиях в процессе нитрификации либо восстановления нитратов до азота и аммиака в анаэробных условиях в процессе денитрификации [3]. Нитриты присутствуют в воде в меньшем количестве, чем нитраты, и повышенное их содержание является важным санитарным показателем и указывает на загрязнение водного объекта [4, 7].

Особенностями годовой динамики нитритов является их отсутствие зимой и появление весной при разложении органического вещества; максимальные концентрации нитритов характерным для окончания летнего периода, что связано с активностью фитопланктона [8]. Установленной в Республике Беларусь величиной ПДК нитритов является  $0,024 \text{ mgN}/\text{dm}^3$ , ЭПВ –  $0,020 \text{ mgN}/\text{dm}^3$  [5, 6].



**Рисунок 2 – Динамика среднемесячных концентраций нитритов (мгN/дм<sup>3</sup>) в воде реки выше и ниже ОС за 2020–2023 гг.**

Анализ рисунка 2 свидетельствует о наличии четкой закономерности в годовой динамике нитритов как выше, так и ниже сброса ОСВ. Максимальными значениями ниже ОС характеризуются май и ноябрь (соответственно, 0,07 и 0,06 мгN/дм<sup>3</sup>), выше ОС – июль (0,020 мгN/дм<sup>3</sup>), май и октябрь (0,019 мгN/дм<sup>3</sup>), что связано с интенсификацией окислительных процессов.

Минимальные концентрации характерны для февраля и августа ниже ОС (соответственно, 0,025 и 0,028 мгN/дм<sup>3</sup>), августа и июня выше ОС (соответственно, 0,012 и 0,014 мгN/дм<sup>3</sup>), что свидетельствует о протекании нитрификации и увеличением количества нитритов (см. рисунок 2).

Таким образом, избыточное содержание нитритов наблюдается во все гидрологические фазы как ниже ОС, что свидетельствует о протекании окислительных процессов в результате активной деятельности микроорганизмов, указывает на усиление процессов разложения органических веществ в условиях более медленного окисления нитритов в нитраты и является критерием наличия постоянного и «свежего» загрязнения водоема за счет сброса ОСВ с городских ОС.

**Заключение.** Для участка реки близ города характерна неблагоприятная ситуация по содержанию нитратов и нитритов – в течение 2020–2023 гг. концентрация соединений азота в речной воде как выше, так и ниже места сброса ОСВ превышала ПДК (по нитритам выше ОС) и ЭПВ (по нитритам ниже ОС, по нитратам – и выше, и ниже ОС), что свидетельствует о наличии проблемы загрязнения и эвтрофирования речных вод, и существовании антропогенных источников азота ниже по течению реки, в том числе за счет деятельности городских ОС.

#### **Список цитированных источников**

1. Петин, А. Н. Анализ и оценка качества поверхностных вод / А. Н. Петин, М. Г. Лебедева, О. В. Крымская. – Белгород : Изд-во БелГУ, 2006. – 252 с.

2. Соловьева, Ю. А. Особенности сезонной динамики растворенных форм азота в малых и средних реках Центрального Черноземья / Ю. А. Соловьева, М. В. Кумани // Вода: химия и экология, 2013. – № 3 (57). – С. 17–22.

3. Главный информационно-аналитический центр Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь [Электронный ресурс]. Режим доступа <http://www.nsmos.by/content/174.html>. – Дата доступа: 11.02.2024 г.

4. Басалай, Е. Н. Влияние городских очистных сооружений на содержание азота в реке Мухавец / Е. Н. Басалай // Аграрные ландшафты, их устойчивость и особенности развития : сб. науч. тр. по материалам Междунар. науч. экол. конф. / сост. Л. С. Новопольцева; под ред. И. С. Белюченко. – Краснодар : КубГАУ, 2020 – С. 398–401.

5. Селицкая, В. В. Разработка показателя качества поверхностных вод по биогенным веществам / В. В. Селицкая, Е. В. Санец // Природопользование : сборник научных трудов / Ин-т природопользования НАН Беларуси ; редкол.: А. К. Карабанов (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2015. – Вып. 27. – С. 77–84.

6. Охрана окружающей среды в Республике Беларусь : статистический сборник [Электронный ресурс]. Режим доступа <http://www.belstat.gov.by/upload/iblock/966/96612b440315a6ba33f44632486cc959.pdf>. – Дата доступа 13.02.2024 г.

7. Оксенок, О. П. Экологические нормативы качества воды для р. Россь / О. П. Оксенок, В. Н. Жукинский // Гидробиологический журнал, 1999. – Т. 35, № 6. – С. 16–22.

8. Овчинникова, С. И. Основные тенденции изменения гидрохимических показателей водной системы Кольского залива (2000–2011 годы) / С. И. Овчинникова, Т. А. Широкая, О. И. Пашкина // Вестник Мурманского государственного технического университета, 2012. – Т. 15, № 3. – С. 544–550.

УДК 628.11, УДК 628.4

## **ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ БРЕСТА В РЕТРОСПЕКТИВЕ**

*Воробей И. А.<sup>1</sup>, Акулич Т. И.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Студент факультета инженерных систем и экологии, БрГТУ, Брест, Беларусь, [aban.silver.sword@gmail.com](mailto:aban.silver.sword@gmail.com)

<sup>2</sup> Старший преподаватель, БрГТУ, Брест, Беларусь, [tigol1976@mail.ru](mailto:tigol1976@mail.ru)

### **Аннотация**

В статье с использованием известных источников и публикаций проанализировано использование водных ресурсов Бреста XVI века, развитие инженерных сооружений города, экологические аспекты использования водных ресурсов.

**Ключевые слова:** инженерные сети, Брест, XVI век, водные ресурсы.

# ENGINEERING LIFE SUPPORT SYSTEMS OF BREST IN RETROSPECT

Vorobey I. A.<sup>1</sup>, Akulich T. I.<sup>2</sup>

## Abstract

Using well-known sources and publications, the article analyzes the use of water resources of Brest in the XVI century, the development of engineering structures of the city, and environmental aspects of the use of water resources.

**Keywords:** engineering networks, Brest, 16th century, water resources.

**Введение.** Городские условия имеют отдельное и особое значение, благодаря которым город как место проживания большого количества людей может беспрепятственно существовать. Необходимость водоснабжения и канализации и их содержание свидетельствуют о том, что город достиг определенного уровня развития, требующего дополнительных усилий по его поддержанию. Интенсификация жизненных процессов, перенаселенность и отсутствие элементарных правил поведения в городском обществе создают риски для его жителей в виде эпидемических заболеваний.

Основная цель исследования – определить состояние инженерных систем водоснабжения и канализации, а также их развитие и экологический аспект в Бресте в XVI веке.

Основной объект исследования – инженерные и гидротехнические сооружения Бреста XVI века.

Предметом исследования является использование водных ресурсов в жизни города.

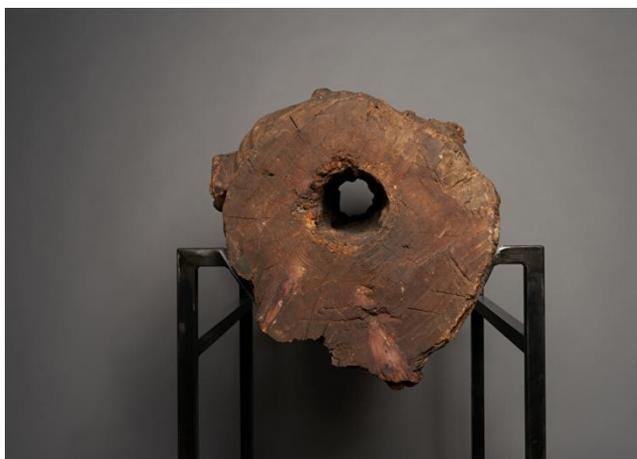
**Основная часть.** Основным и пока что единственным источником информации о гидротехнических сооружениях являются материалы ревизии Берестейского староства, выполненной в середине XVI века. Материалы опубликованы М. Довнар-Запольским в первом томе сборника документов Московского архива Министерства юстиции в 1897 году [2]. Интерес для нас представляет описание города и замка с инфраструктурой.

Пранализировав источник, к системам жизнеобеспечения города XVI века связанных с использованием водных ресурсов, можно выделить систему водоснабжения, удаления отходов, а так же инженерные гидротехнические механизмы, обеспечивающие жизнедеятельность как и самого города, так и его жителей.

Основой большинства механизмов в позднесредневековой Европе была трансформация энергии воды с помощью большого мельничного колеса.

К концу XVI века энергия воды использовалась более чем в 40 производствах [1, С. 46]. В Европе повсеместно выходят иллюстрированные издания, подробно изображающие действие таких механизмов. Одним из самых известных считается «*Theatrum machinarum novum...*» Георга Андреаса Бёклера [3].

Важнейшим аспектом жизнедеятельности средневекового города является водоснабжение. Традиционными источниками воды можно назвать водоемы и колодцы. Сведений о наличии колодцев в Берестье XVI века не обнаружено. К XV веку во многих городах Европы устраивается водопровод, который состоял из сети труб и специального сооружения (водяной мельницы), обеспечивающего подачу воды. В Королевстве Польском и Великом Княжестве Литовском это сооружение называлось рурмус (от нем. Rohr – труба, Müssen - принуждать). Рурмус фиксируется в реестре Берестейского замка: *«Рурмусъ, або млинъ, с которого вода рурами до замку идетъ, ободномъ колесе в одномъ валномъ великомъ, в которомъ суть помпи медяние, або стижние за штемплями железними и иними потребами к тому належачими, железомъ опревеними; тамъ жо ещо можетъ бити фалюшъ, або ступа на толчене пороху; тотъ домъ з вежицюю; у дверей замокъ нутрний, в немъ свердловъ великихъ до верченя руръ 2»* [2, С. 445]. Из этого фрагмента мы видим, что Берестейский рурмус использовался для обеспечения водой замка. Он представлял собой универсальное сооружение, механизмы которого могли использоваться для производства сукна и (или) толчения пороха. С помощью помп (*помпи медяния*) вода поднималась на определённую высоту (для чего скорее всего, использовалась башенка-вежица) и по деревянным трубам текла в замок. Обслуживанием рурмуса занимался *рурмистр*, получавший сдельную оплату: *«На тиден кождий погр. 30, коли до замку вода идетъ»*. Трубы в то время делались из дерева, их фрагменты, найденные при раскопках, экспонируются в музеях (рисунок 1). Отсутствие упоминания о городском водопроводе может свидетельствовать о том, что горожане брали воду напрямую из рек.



*Рисунок 1 – Фрагмент деревянной водопроводной трубы, Гданьск, XVI – XVII вв. (по материалам сайта <https://muzea.malopolska.pl>)*



*Рисунок 2 – Средневековые туалеты. Средневековая Европа (по материалам из открытых интернет-источников)*

В жизни города наряду с водоснабжением огромное значение имеет удаление отходов жизнедеятельности. В реестре замка встречаются упоминания *«комор потребних»* - туалетов: *«С тихъ обеюхъ коморокъ сут потребние коморки, ... за тою коморою на вежи есть коморокъ три, з нихъ у двухъ коморки потребние...»*

*з сали коморъ 4 у городняхъ, з них коморки потребние»* [2, С. 442]. Устройство этих туалетов мы можем гипотетически реконструировать по известным иконографическим источникам и сохранившимся образцам. Средневековый замковый туалет представлял собой консольную конструкцию, выступавшую за пределы стены. Отходы жизнедеятельности естественным путем падали в ров (рисунок 2). Сведений об удалении отходов жизнедеятельности в городе в ревизии не обнаружено.

Отдельно в ревизии города и замка указаны инженерные сооружения и объекты инфраструктуры, использовавшие водные ресурсы. Можно отметить баню (*«лазня над Мухавцомъ на паляхъ зъ белою печью ис котломъ и чонъ мосяжовий до спущеня води»*) оборудованная отдельным туалетом, *«бровары»* [2, С. 444-445]. И, конечно же, многочисленные мельницы – *«Млыны на Бугу и Мухавцы»*. Недалеко от замка реки Мухавец и Буг были перекрыты большой плотиной (*«гребля великая»*), в которой было 4 протока. На этих протоках стояли мельницы, в том числе и упомянутый *рурмус*. Отдельно стоит отметить *«Млинъ тартичний зов сими потребами...»* - пилораму.

**Заключение.** Таким образом, мы можем отметить широкое использование водных ресурсов в Берестье XVI века. Наш город был не чужд передовых на то время технологических решений в сфере гидротехнических сооружений.

#### Список цитированных источников

1. Басов, С. В. Рурмус – основной элемент системы водоснабжения Берестейского замка XVI века / С. В. Басов, А. А. Гладышук // Архитектурное наследие Прибужского региона. Сохранение и культурно-туристское использование : сборник научных трудов II Международной научно-практической конференции, Брест, Республика Беларусь 29–30 апреля 2010 года / Министерство образования Республики Беларусь, Брестский государственный технический университет, Кафедра архитектурного проектирования и рисунка; редкол.: Н. Н. Власюк [и др.]. – Брест : БрГТУ, 2010. – С. 45–50.

2. Описание староства Берестейского 1566 года //Документы Московского архива Министерства юстиции / Под. ред. М. Довнара-Запольского. – М.: Товарищество типографии А. И. Мамонтова, 1897 г. – Т. 1. – С. 205-448.

3. *Theatrum machinarum novum* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://archive.org/details/theatrummachinar00bock/page/n66/mode/thumb>. – Дата доступа: 20.02.2024.

## ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ВОДООБЕСПЕЧЕННОСТИ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ ЮГА КАЗАХСТАНА

*Дюйсенхан А. А.<sup>1</sup>, Мирдадаев М. С.<sup>2</sup>  
Научный руководитель: Алдиярова А. Е.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Докторант, Казахский национальный аграрный исследовательский университет, г. Алматы, Республика Казахстан, zhan\_zhan@list.ru

<sup>2</sup> Заведующий отделом «Мелиорация, экология и водоснабжение», Казахский научно-исследовательский институт водного хозяйства, г. Тараз, Республика Казахстан, mirdadaev@mail.ru

<sup>3</sup> Доктор PhD, доцент, факультет «Водные, земельные и лесные ресурсы», Казахский национальный аграрный исследовательский университет, г. Алматы, Республика Казахстан

### **Аннотация**

Развитие орошения на юге Казахстана лимитируется наличием водных ресурсов, так как водообеспеченность действующих гидромелиоративных систем колеблется в пределах 75-95%, а в маловодные годы опускается до 50-60%. Эта ситуация являлась основной предпосылкой для исследований, направленных на повышение водообеспеченности орошаемого земледелия Мактааральского района Туркестанской области Казахстана путем использования грунтовых вод на субиригацию.

**Ключевые слова:** повышение водообеспеченности, грунтовые воды, орошаемые земли, субиригация, минерализация воды.

## WAYS TO INCREASE THE WATER AVAILABILITY OF IRRIGATED LANDS IN THE SOUTH OF KAZAKHSTAN

*Duisenkhan A. A.<sup>1</sup>, Mirdadayev M. S.<sup>2</sup>*

### **Abstract**

The development of irrigation in the south of Kazakhstan is limited by the availability of water resources, since the water supply of existing irrigation and drainage systems ranges from 75-95%, and in dry years it drops to 50-60%. This situation was the main prerequisite for research aimed at increasing the water availability of irrigated agriculture in the Maktaaral district of the Turkestan region of Kazakhstan by using groundwater for subirrigation.

**Keywords:** increasing water availability, groundwater, irrigated lands, subirrigation, water mineralization.

**Введение.** В Республике Казахстан имеется 8 водохозяйственных бассейнов, 7 из которых являются трансграничными, т.е. зависят в той или иной степени от поступления водных ресурсов из сопредельных стран. Особенно зависим от этого Арало-Сырдарьинский водохозяйственный бассейн, в который входит Туркестанская область и именно здесь широко развито орошаемое земледелие.

Однако развитие орошения в данном регионе лимитируется наличием водных ресурсов, так как данный водохозяйственный бассейн испытывает дефицит поливной воды. Поэтому водообеспеченность действующих гидромелиоративных систем колеблется в пределах 75-95%, а в маловодные годы опускается до 50-60%. В сложившейся ситуации на орошаемых землях данного региона актуальным является нахождение путей повышения водообеспеченности орошаемых земель.

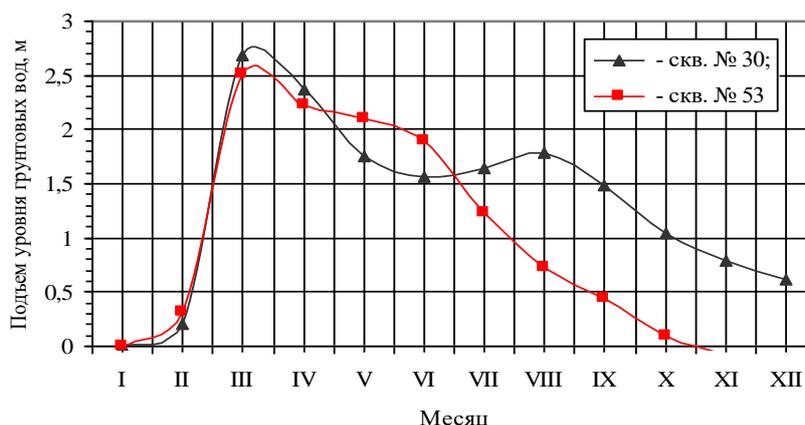
В данной статье приводятся результаты научной работы по разработке системы мероприятий по использованию грунтовых вод для повышения водообеспеченности орошаемых земель и снижению темпов загрязнения водоземельных ресурсов в Мактааральском районе Туркестанской области Казахстана.

**Материалы и методы.** Установление динамики уровня залегания грунтовых вод проводилось путем ежемесячных замеров их уровня на фоне скважин вертикального дренажа (СВД) и открытых коллекторно-дренажных сетей. Изменение минерализации грунтовых вод устанавливалось путем отбора проб воды с режимных скважин весной, летом и осенью.

Доля участия грунтовых вод в суммарном водопотреблении устанавливалась методом водно-солевого баланса [1, 2]. Установление интенсивности и объемов расходования грунтовых вод на эвапотранспирацию осуществлялось путем исследования динамики влажности почв в вегетационный период при различных уровнях залегания грунтовых вод. Объемы использованных грунтовых вод на субиригацию определялись водным балансом.

**Результаты и обсуждение.** Исследования показали, что в Мактааральском массиве около 95,6% межхозяйственных и 79,2% внутрихозяйственных каналов выполнены в земляном русле. КПД каналов низкий и составляет 0,54 – 0,66, на фильтрацию, испарение и сброс теряется от 34% до 46% объема водозабора.

При этом имеет место два подъема уровня залегания грунтовых вод. Первый подъем происходит в период проведения эксплуатационных промывок, а второй подъем – в период вегетационных поливов (рисунок).



**Рисунок – Динамика амплитуды колебания уровня грунтовых вод в Махтааральском районе**

Причиной интенсивного увеличения орошаемых земель с близким уровнем залегания грунтовых вод является снижение дренированности орошаемых земель.

Одним из главных факторов, ограничивающих использование грунтовых вод на субиригацию, является возможность протекания процессов накопления солей в корнеобитаемом слое почв. Темпы данного процесса зависят от минерализации и ионно-солевого состава грунтовых вод. Это подтверждено показателями рассчитанного солевого баланса орошаемых земель при изменении минерализации грунтовых вод (таблица).

**Таблица – Солевой баланс корнеобитаемой толщи при гидроморфном режиме почв за вегетацию, т/га**

Статьи баланса	Минерализация грунтовых вод, г/л				
	0,5-1	2-3	4-5	5-7	7-10
<b>Приход</b>					
Исходное засоление (0,65%), т/га	98,8	98,8	98,8	98,8	98,8
Поступление солей с оросительной водой, т/га	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7
Поступление солей с грунтовыми водами, т/га	3,8	11,1	19,8	26,6	37,7
<b>Итого, т/га</b>	<b>105,3</b>	<b>112,6</b>	<b>121,3</b>	<b>128,1</b>	<b>139,2</b>
<b>Расход</b>					
Вымыв солей с инфильтрационной водой, т/га	2,9	4,6	6,7	9,2	13,1
Конечные запасы солей, т/га	<u>102,4</u>	<u>108,0</u>	<u>114,6</u>	<u>118,9</u>	<u>126,1</u>
в % от исходного	104,0	109,3	116,0	120,3	127,6

Сравнительный анализ показателей солевого баланса показывает, что в грунтовых водах происходит накопление солей в корнеобитаемой толще почв.

В Махтааральском массиве ограничивающими факторами использования грунтовых вод на субиригацию являются показатели минерализации грунтовых вод, рН и Mg\*, которые при любой минерализации грунтовой воды превышают допустимые величины. Использование грунтовых вод с такими качественными показателями, приводит к засолению, осолонцеванию и ощелачиванию почв [3-5].

**Заключение.** Результаты исследований показали, что при близком залегании грунтовых вод, их доля в суммарном водопотреблении составляет 74%. Доля оросительных вод снижается до 26% от суммарного водопотребления. Однако,

одной из причин ограничивающей использование грунтовых вод на субиригацию - это накопление солей в корнеобитаемом слое, осолонцевание и ощелачивание почв. При интенсивном использовании грунтовых вод на субиригацию усиливаются процессы засоления почв. При этом в зависимости от минерализации грунтовых вод, степень засоления почв составляет от 4 до 27,6% от исходного засоления.

Поэтому, возможное сокращение норм водозабора в системе орошения за счет использования грунтовых вод на субиригацию приемлемы только для почв гидроморфного ряда, которые незасолены, а минерализация грунтовых вод ниже 3 г/л. В условиях Махтааральского района, где значительная часть водопотребления (20-45% от транспирации) возможно обеспечивать за счет субиригации, размеры водозабора в среднем могут сократиться в 1,5-1,7 раза.

### **Список цитированных источников**

1. Бехбудов А.К., Джафаров Х.Ф. Мелиорация засоленных земель. – М.: Колос, 1980. – 240 с.
2. Волобуев В.Р. Расчет промывки засоленных почв. - М.: Колос, 1975. - 71 с.
3. Вышпольский Ф.Ф., Мухамеджанов Х.В. Технология водосбережения и управления почвенно-мелиоративными процессами при орошении. – Тараз: ИЦ «Аква», 2005. - 164с.
4. Рекомендации по управлению мелиоративными процессами и качеством воды на гидромелиоративных системах Казахстана / Бекбаев Р.К., Джаманбаев Б.С., Басманов А.В., Жапаркулова Е.Д., Биримкулова Б., Салимбаев Р.Р. - Тараз: ИЦ «Аква», 2008. - 40с.
5. Рамазанов А. Проблемы борьбы с засолением орошаемых почв // Обзор по засолению и деградации земель в Центральноазиатских странах. – Ташкент, 2004. – С. 42-46.

УДК 631.67

## **УПРАВЛЕНИЕ ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЕМ НА ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИДРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ**

*Жандияр Е. Г.<sup>1</sup>, Калыбекова Е. М.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Докторант факультета водных, земельных и лесных ресурсов НАО «КазНАИУ», Алматы, Казахстан, essen.zhandiyar@gmail.com

<sup>2</sup> Профессор кафедры «Водные ресурсы и мелиорация», НАО «КазНАИУ», Алматы, Казахстан, yessenkul@yandex.ru

## **Аннотация**

В орошаемом земледелии Казахстана еще не полностью сформировались традиционные положения рыночной экономики и методологии оценки экономической эффективности результатов деятельности водохозяйственной отрасли, а также отсутствует стратегия использования воды, увязанная с наличными водными ресурсами и учитывающая требования природных комплексов. Предлагается методология водораспределения на оросительных системах с учетом формирования водных ресурсов в бассейнах рек в условиях дефицита водных ресурсов.

**Ключевые слова:** водные ресурсы, гидрологическая информация, оросительные системы, принципы водораспределения, управление.

## **WATER DISTRIBUTION MANAGEMENT ON IRRIGATION SYSTEMS USING HYDROLOGICAL INFORMATION**

**Zhandiyar E. G.<sup>1</sup>, Kalybekova Y. M.<sup>2</sup>**

### **Abstract**

In irrigation of Kazakhstan has not yet fully developed the traditional provisions of the market economy and methodologies for assessing the economic efficiency of the results of the water industry and solving water management problems, and has not developed a water use strategy linked to available water resources and taking into account the requirements of natural complexes. The methodology of water distribution in irrigation systems is proposed, taking into account the formation of water resources in river basins in conditions of water scarcity.

**Keywords:** water resources, hydrological information, irrigation systems, principles of water distribution, management.

**Введение.** Водные ресурсы являются важнейшей составной частью окружающей среды и одним из определяющих факторов развития и размещения производительных сил страны. В перспективе, на размеры формируемого стока будут влиять и глобальные климатические изменения. В настоящее время много внимания уделялось изменению температурного режима и подъему уровня воды мирового океана. Однако исследований по выяснению масштаба потенциальных воздействий предстоящих изменений климата на состояние водных ресурсов на региональном, национальном или местном уровне проводилось недостаточно.

Согласно расчётам в ближайшие 30 лет в бассейнах горных рек Казахстана годовой сток может увеличиться до 22,5% (вследствие таяния ледников), а равнинных рек - уменьшиться до 10,3% [1]. Возрастает неравномерность распределения стока в течение года.

**Материал и методы.** Для эффективного управления процессами водораспределения и водоподачи в оросительных системах необходимо обеспечить согла-

сованную работу всех звеньев оросительной системы при наличии большого количества технологических ресурсных и прочих ограничений. Современная стратегия орошения должна базироваться на совершенствовании как имеющихся, так и разработке новых методологий планирования и реализации процессов водопользования, обеспечивающих принятие оптимальных управленческих решений в едином технологическом процессе с учетом природных факторов и технических средств, созданных человеком.

**Результаты и обсуждение.** Приняв за основу схему управления технологическим процессом распределения поливной воды на оросительных системах Ольгаренко И.В. [2], предложена комплексная структура управления водораспределением на оросительной системе с учетом формирования стока в речных бассейнах. В предлагаемой структуре эффективного управления распределением поливной воды на оросительных системах были учтены и включены: глобальные климатические изменения; гидрологическая информация водоисточника (режим водного источника, качество воды); степень обеспеченности удовлетворения потребности в воде оросительной системы; сочетание режимов стока реки и водопотребления сельскохозяйственных культур; параметры водохозяйственных установок и режимы их работы; потребности в воде приоритетных водопотребителей и природных комплексов.

Таким образом, разработанная структура позволит решить проблему по совершенствованию принципов и методов сбалансированного управления водораспределением на оросительных системах с учетом гидрологической информации, режимов работы водохозяйственных установок и возможных вариантов развития отраслей экономики, как на сопредельных территориях, так и в Республике Казахстан, при условии сохранения экологического равновесия в окружающей среде.

**Заключение.** Разработаны научно-методологические принципы рационального использования и охраны водных ресурсов бассейна реки на основе критерия обоснования экономической эффективности водохозяйственных мероприятий и достижения оптимальных параметров водохозяйственных установок; составлена комплексная структура использования водных ресурсов, позволяющая усовершенствовать методы сбалансированного управления водораспределением на оросительных системах с учетом гидрологической информации, при условии сохранения экологического равновесия в окружающей среде.

#### **Список цитированных источников**

1. Ежегодный бюллетень мониторинга изменения и состояния климата Казахстана: 2015 год. // Научно-исследовательский центр. РГП «Казгидромет». – Астана, 2016. – 55 с.
2. Ольгаренко И. В. Информационные технологии планирования водопользования и оперативного управления водораспределением на оросительных системах: автореф. д-р техн. наук: 06.01.02. – Саратов, 2013. – 44 с.

## ПОДГОТОВКА БУТИЛИРОВАННОЙ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ МЕТОДОМ ОЗОНИРОВАНИЯ

*Заяц Е. Д.<sup>1</sup>, Шляжко О. В.<sup>2</sup>, Белов С. Г.<sup>3</sup>, Наумчик Г. О.<sup>4</sup>*

<sup>1</sup> Студентка факультета инженерных систем и экологии, БрГТУ, Брест, РБ, elizavetazaas7@gmail.com

<sup>2</sup> Студент факультета инженерных систем и экологии, БрГТУ, Брест, РБ, v0011224@g.bstu.by

<sup>3</sup> Доцент кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов, БрГТУ, Брест, РБ, vvit@bstu.by

<sup>4</sup> Старший преподаватель кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов, БрГТУ, Брест, РБ, gonaumchik@g.bstu.by

### **Аннотация**

В статье рассмотрена возможность совершенствования технологии водоподготовки бутилированной воды, выпускаемой предприятием СП «Фрост и К» ООО и «Веда» с использованием метода озонирования. Показана возможность исключения обработки бутилированной воды СП «Фрост и К» ООО активированным углём при использовании метода озонирования. Доказано улучшение органолептический показателей воды «Веда» после озонирования.

**Ключевые слова:** озонирование, спектры поглощения, цветность, привкус, доза озона.

## PREPARATION OF BOTTLED DRINKING WATER BY OZONATION

*Zayats E. D.<sup>1</sup>, Shlyazhko O. V.<sup>2</sup>, Belov S. G.<sup>3</sup>, Naumchik G. O.<sup>4</sup>*

### **Abstract**

The article discusses the possibility of improving the technology of water treatment of bottled water produced by the joint venture Frost and K LLC and Veda using the ozonation method. The possibility of eliminating the treatment of bottled water by JV Frost and Co. LLC with activated carbon when using the ozonation method has been shown. It has been proven that the organoleptic characteristics of Veda water improve after ozonation.

**Keywords:** ozonation, absorption spectra, chromaticity, flavor, ozone dose.

**Введение.** Часто природная вода содержит вещества, придающие ей цветность. В большинстве случаев это гуминовые вещества и фульвокислоты [1, 2]. В некоторых случаях даже артезианская вода имеет заметную цветность,

которая видна невооруженным глазом в бутылках. Очистка воды от органических загрязнений, обуславливающих цветность воды, является актуальной задачей. Озон – природный окислитель, который широко используется для очистки воды. Благодаря высокой активности озона, загрязнения в воде быстро и эффективно окисляются. Обычно в результате окисления веществ, обуславливающих цветность воды, получаются бесцветные химические соединения [2–7]. Необходимо исследовать эффективность применения метода озонирования для обесцвечивания артезианской воды.

Озон является более эффективным решением, чем многие другие методы очистки воды. Например, при использовании хлора для дезинфекции воды могут образовываться токсичные соединения, которые оказывают вредное воздействие на здоровье. Однако озон полностью обеззараживает воду, уничтожая бактерии и вирусы [5–7].

Очистка воды озонированием – это не только эффективное, но и экономичное решение. Оборудование для очистки воды озоном требует небольших затрат на обслуживание и не нуждается в замене фильтров и других расходных материалов. Кроме того, озонирование не приводит к образованию токсичных соединений в воде, что позволяет снизить вредное воздействие на окружающую среду [5–7].

**Материалы и методы.** В данном разделе описывается выбранный метод исследования. Метод должен быть описан таким образом, чтобы другой исследователь был способен его воспроизвести.

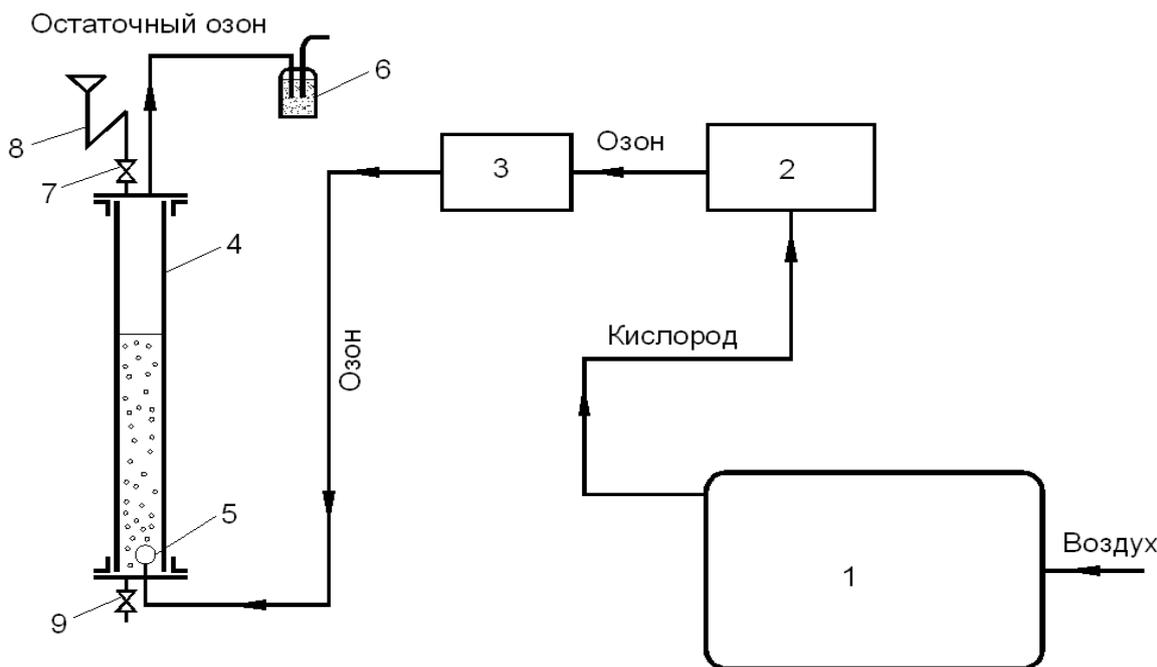
Цветность воды определялась по хромово-кобальтовой шкале по ГОСТ 31868-2012.

Озонирование воды в лабораторных условиях осуществлялось методом введения озона в виде ее водного раствора в дистиллированной воде [8].

Схема установки для получения озонированной воды показана на рисунке 1.

Кислород, вырабатываемый концентратором кислорода 1, поступает в озонатор 2, где вырабатывается озон. Озоно-кислородная смесь подается в контактную колонку 4 через пористый диспергатор 5, при этом дистиллированная вода насыщается озоном. Далее обедненная озоном озоно-кислородная смесь поступает в деструктор 6. Озонированная дистиллированная вода из контактной колонки 4 отбирается с помощью крана 9. Новые порции дистиллированной воды в контактную колонку 4 вводятся через гидравлический затвор 8 при помощи крана 7.

Реакция озона с обрабатываемой водой происходила в конической колбе. В озонированной воде с помощью озономера «Медозон 245/8 (Ж-30)» определялась концентрация растворенного озона. Далее рассчитывали объем озонированной воды, который необходимо влить в обрабатываемую пробу исследуемой воды, чтобы обеспечить заданную дозу озона. После этого отмеряли рассчитанный объем озонированной воды и добавляли к обрабатываемой пробе воды, находящейся в колбе и перемешивали в течение получаса. Разбавление обрабатываемой пробы воды при введении озона в виде водного раствора было незначительным, поскольку объемом озонированной воды, вливаемой в обрабатываемую пробу, был в 10 раз меньше объема обрабатываемой воды.



1 – концентратор кислорода *Atmung oxy 6000*; 2 – озонатор *PLATON 10/2*;  
 3 – озонометр *МЕДОЗОН 254/5*; 4 – контактная колонка; 5 – диспергатор;  
 6 – деструктор остаточного озона; 7 – вентиль для заливки воды;  
 8 – гидравлический затвор; 9 – вентиль для отбора озонированной воды.

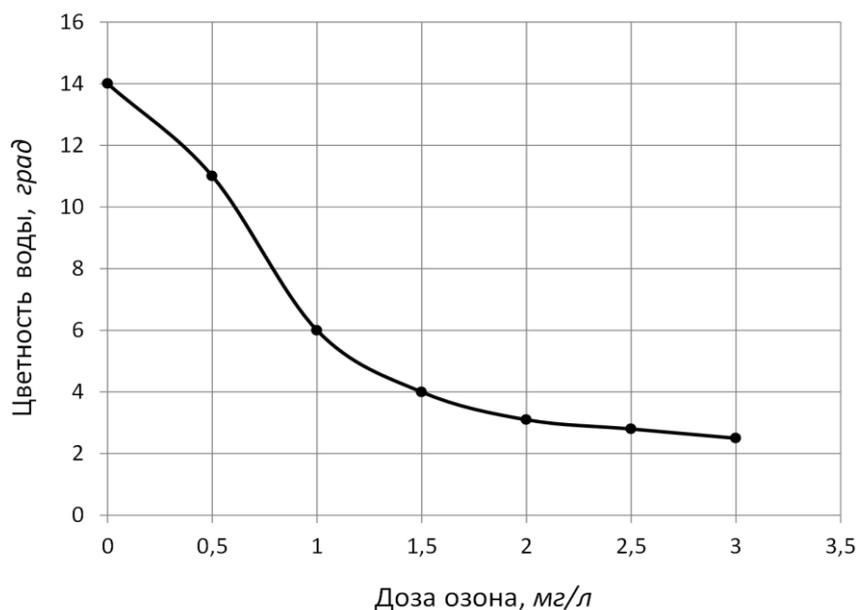
*Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки*

**Результаты и обсуждение.** Очистка артезианской воды на СП «Фрост и К» ООО происходит следующим образом. Артезианская вода в линию водоподготовки бутилированной воды поступает из артезианских скважин. Сначала она подвергается двухстадийному обезжелезиванию с помощью напорных фильтров, которое позволяет удалить основное количество железа и марганца, а также достичь значительного снижения цветности воды. Далее воду в три ступени фильтруют через угольные фильтры, что обеспечивает очень низкое значение цветности воды, которое требуется для бутилированной воды. Затем вода поступает в цех розлива, где фильтруется через картриджные мелкопористые полипропиленовые фильтры, а затем обрабатывается ультрафиолетовыми лучами, чтобы обеспечить гарантированное обеззараживание воды и после этого поступает на полностью автоматизированные линии розлива. После этого вся продукция цеха розлива поступает на склад. В данном исследовании проверялась возможность достижения низких значений цветности при применении озона для обработки воды, прошедшей двухступенчатого обезжелезивания. Это позволит вместо обработки на фильтрах, загруженных активированным углем, применять озонирование.

Для определения дозы озона для доочистки артезианской воды на СП «Фрост и К» ООО по показателю «цветность» была выполнена серия опытов.

На рисунке 2 показана графическая зависимость снижения цветности от дозы озона для воды, прошедшей обезжелезивание в две ступени, полученной

с СП «Фрост и К» ООО. На нем наглядно прослеживается влияние дозы озона на величину цветности.



*Рисунок 2 – Цветность воды после обработки различными дозами озона*

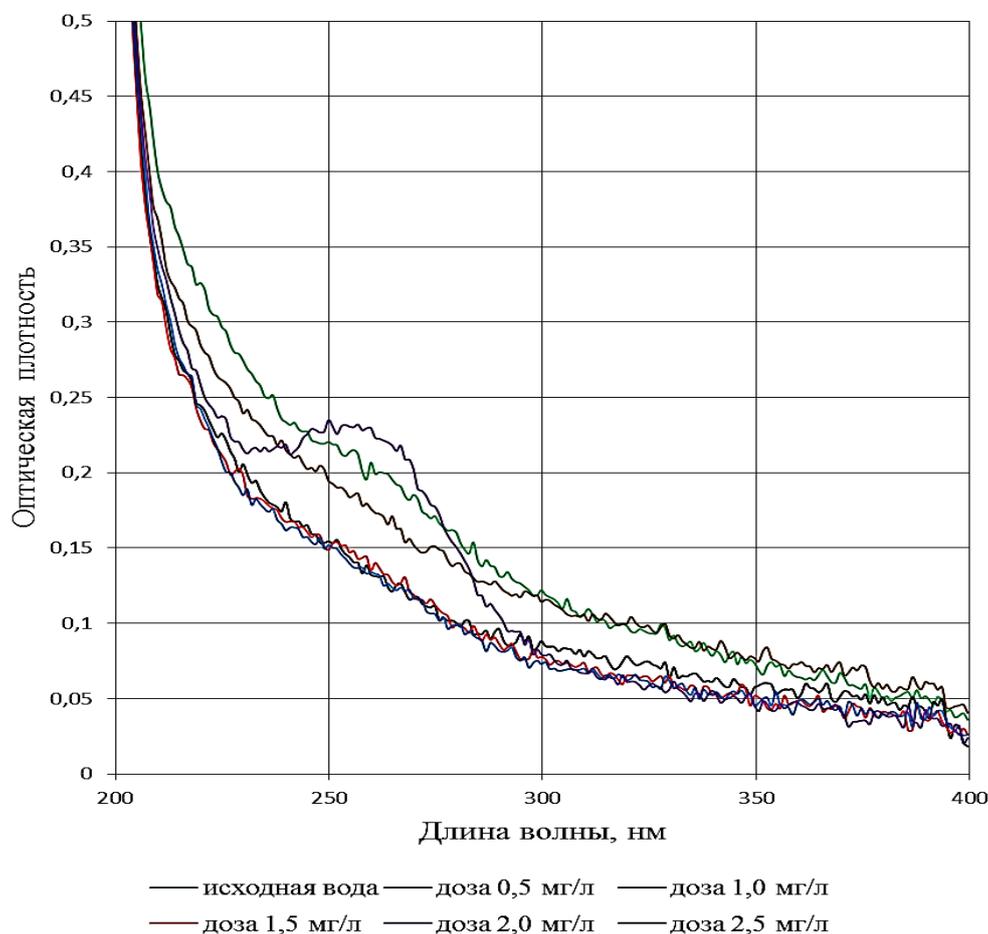
График, представленный на рисунке 2, показывает, что с помощью озона можно снизить цветность обезжелезенной артезианской воды с СП «Фрост и К» ООО до 3-х градусов.

Очистка артезианской воды «Веда» происходит по следующей технологии. Вода в линию водоподготовки бутилированной воды поступает из артезианских скважин. Сначала с помощью напорных фильтров обезжелезивания из воды удаляют лишнее железо, далее воду фильтруют через угольные фильтры, затем с помощью озона корректируют органолептические показатели воды (уменьшают цветность, улучшают вкус и устраняют запах). После этого её подают в металлические емкости, примерно на пятую часть заполненные кремнезёмом. В ёмкостях с кремнезёмом вода находится несколько суток, в результате этого вода обогащается ионами кремниевой кислоты. Затем вода поступает в цех розлива, где еще раз фильтруется через угольные фильтры, а затем обрабатывается ультрафиолетовыми лучами, чтобы обеспечить гарантированное обеззараживание воды и после этого поступает на полностью автоматизированные линии розлива. Затем вся продукция цеха розлива поступает на склад.

Для установления дозы озона, необходимой для обработки воды «Веда» была выполнена серия опытов. Доза озона варьировалась в диапазоне от 1 до 2,5 мг/л воды с шагом 0,5 мг/л. Результаты воздействия озона на обрабатываемую воду оценивались спектрофотометрическим методом в УФ-диапазоне (от 200 до 400 нм). На рисунке 3 представлены спектры поглощения исходной и обработанной различными дозами озона воды «Веда», снятые через 0,5 часа после обработки.

Исходная вода «Веда» имеет заметное поглощение в УФ-области, которое обусловлено наличием в ней органических веществ. При дозе озона 0,5 мг/л спектр поглощения стал заметно ниже в диапазоне длин волн от 200 до 300 нм, на оставшейся части рассматриваемого диапазона заметных изменений

не произошло. При введении дозы озона 1,0 мг/л наблюдалось значительное уменьшение поглощаемости по сравнению с исходной водой. При дозе озона 2,5 мг/л через 0,5 часа после озонирования наблюдался пик поглощения озона, т.е. при данной дозе озон за установленное время не успевал вступать в реакцию с веществами, растворенными в артезианской воде.



**Рисунок 3 – Спектры поглощения исходной и обработанной озоном воды**

В процессе выполнения озонирования воды «Веда» сравнивали вкус исходной воды со вкусом воды, обработанной различными дозами озона, а также определяли наличие запаха остаточного озона через 0,5 часа после введения заданной дозы озона. Результаты данных определений приведены в таблице 1.

**Таблица 1 – Данные по привкусу воды «Веда» в зависимости от дозы озона**

№ опыта	Доза озона, мг/л	Привкус по отношению к исходной неозонированной воде	Запах озона
1	0,5	слабое улучшение	отсутствует
2	1,0	заметное улучшение	отсутствует
3	1,5	как в опыте №2	отсутствует
4	2	как в опыте №2	отсутствует

Данные, представленные в таблице 1, показывают, что основное количество органических веществ, обуславливающих вкус воды окисляется при абсолютной дозе озона 1 мг/л в течении 0,5 часа.

**Заключение.** В результате выполненных исследований было установлено, что озонирование позволяет эффективно снижать цветность воды. Метод озонирования может быть использован на третьей ступени водоподготовки СП «Фрост и К» ООО для глубокой очистки воды вместо метода адсорбции активированным углем. Оптимальная доза озона, полученная в результате лабораторных исследований, получилась равной 2,5 м/л. Требуемое время контакта с обработанной водой составило 10 минут.

В результате выполненных лабораторных исследований озонирования природной артезианской воды «Веда» были получены спектры поглощения данной воды в УФ-диапазоне, которые показывают изменение количества и состава органических веществ, характеризующих вкус и запах данной воды. На основе анализа данных спектров была определена оптимальная доза озона для обработки воды «Веда», которая составила 1 мг/л.

Рассмотренные факты указывают на эффективность озонирования при решении задачи снижения цветности воды без необходимости ее фильтрации.

#### **Список цитированных источников**

1. Николадзе Г.И. Обезжелезивание природных и оборотных вод / Г.И. Николадзе. М.: Стройиздат, 1978 – 163 с.
2. Кожин В.Ф. Очистка питьевой и технической воды / В.Ф. Кожин. М.: Стройиздат, 1971 – 303 с.
3. Мамонтов К.А. Обезжелезивание воды в напорных установках / К.А. Мамонтов. М.: Стройиздат, 1964 – 95 с.
4. Кульский Л.А., Строкач П.П. Технология очистки природных вод / / Л.А. Кульский, П.П. Строкач. К.: Вища школа, 1986. – 352 с.
5. Мосин О.В. Использование озона в водоподготовке // Сантехника, 2011, ; 4, с. 47–49.
6. Обеззараживание воды озоном. Влияние неорганических примесей на кинетику обеззараживания воды. Гончарук ВВ., Потапченко Н.Г. и др. Химия и технология воды. – 2001. - т.23. – №2. – С. 198–208.
7. Исследование эффективности процесса озонирования при подготовке питьевой воды. Драгинский В.Л., Алексеева Л.П. и др. Водоснабжение и сантехника. – 1996 – №2.
8. Белов С.Г. Разработка метода точного дозирования высоких удельных доз озона при обработке воды / С.Г.Белов, Г.О. Наумчик // Вестник БрГТУ. – 2011. – №2 (68): Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – С.73 – 81.

## AFGHANISTAN'S SHARE FROM AMU DARYA RIVER WATER ALLOCATION AGREEMENTS OVER THE YEARS

*Zhaparkulova E. D., Mohseni Z., Esabekova A.*

*Kazakh National Agrarian Research University*

### **Abstract**

Afghanistan is a key Amu Darya riparian country which accounts for 27.5% <sup>1</sup> of the total generated annual water flow of Amu Darya and uses only 7% of the total. Although over the years, number of agreements and protocols were signed between Afghanistan and the former USSR, between Afghanistan and Tajikistan regarding the regulation and management of water resources of Amu Darya, but none of them specified any water allocation to any of the riparian states sharing the river basin in general, and Afghanistan in particular. In the last 20 years the new Afghanistan government also showed interest to settle the issues of its trans boundary rivers with its neighboring countries specially the issues of Amu Darya with the other four riparian, but due to political instabilities, economic challenges, lack of interest of the other riparian countries, and most importantly lack of enough trained specialists in this regard, the Afghan government couldn't reach into agreements with any of its neighboring countries sharing the same trans boundary rivers to address the water issues once and forever.

**Key words:** Transboundary, riparian countries, stakeholders, agreement, data collection, water allocation

## ДОЛЯ АФГАНИСТАНА В СОГЛАШЕНИЯХ ПО РАСПРЕДЕЛЕНИЮ ВОДЫ РЕКИ АМУДАРЬЯ НА ПРОТЯЖЕНИИ ЛЕТ

*Жапаркулова Е. Д., Мохсени З., Исабекова А.*

*Казахский национальный аграрный исследовательский университет*

### **Аннотация**

Афганистан является ключевой страной-приречной Амударьи, которая составляет 27,5% <sup>1</sup> от общего годового объема воды Амударьи и использует только 7% от общего объема. Хотя на протяжении много лет было подписано ряд соглашений и протоколов между Афганистаном и бывшим СССР, между Афганистаном и Таджикистаном относительно регулирования и управления водными ресурсами Амударьи, но ни одно из них не указывало на распределение воды между странами-приречными государствами в целом и Афганистаном в частности. За последние 20 лет новое правительство Афганистана также проявило интерес к урегулированию вопросов трансграничных рек с соседними странами,

особенно вопросов Амударьи с другими четырьмя странами-приречными, но из-за политической нестабильности, экономических проблем, отсутствия интереса со стороны других стран-приречных государств и, что самое важное, недостатка достаточно подготовленных специалистов в этой области, афганское правительство не смогло достичь соглашений с какой-либо из своих соседних стран чтобы решить вопросы воды однажды и навсегда.

**Ключевые слова:** трансграничные, прибрежные страны, заинтересованные стороны, соглашение, сбор данных, распределение воды

## **Introduction**

Amu Darya is shared by four Central Asian countries and Afghanistan. In spite of the existing of agreements between the former USSR and Afghanistan which was signed in 1958, and the agreement among the other four Central Asian Countries which was signed in 1992 in Almaty meeting to regulate water allocation in the region in which Afghanistan was excluded, still the countries have not been able to specify the fair share, responsibilities and obligations of each state equally according to the international law of transboundary rivers. To be more specific, Afghanistan and Tajikistan account for 27.5 % and 62.5% of the total annual flow of the Amu Darya and use only 7% and 11% of the total flow, while Turkmenistan and Uzbekistan produces only 1.9% of the average annual flow each and use 33% and 47% of the total flow annually<sup>2</sup>. Afghanistan has been in war and conflicts for decades and has had little opportunity to lay claim about its fair share from this river. The other riparian states also didn't show interest to resolve the issue, that's why it has remained unresolved for years and decades. Therefore, the purpose of this article is to explore the history of water allocation agreements of the Amu Darya river basin, and highlight some reasons of why Afghanistan has been either ignored or excluded from the water allocation agreements for years, while the country is one of the main riparian of the river and produces the second most annual flow of the river. Furthermore, this research also takes a look at the consequences of this exclusion for the future river, Afghanistan and the region.

The Amu Darya River is the longest international river (2540 km) shared by a part of five landlocked CA counties of Afghanistan, Tajikistan, Kyrgyzstan, Turkmenistan and Uzbekistan. Rising from the north of Hindu Kush and Whakhan in Afghanistan, and the headwaters in the snowfields of the high mountains of Tajikistan and Kyrgyzstan. The total length of the river is 2540 km from which 1250 km are within Afghanistan territory of along its border.<sup>3</sup>

The water of the Amu Darya is mostly used for agricultural purposes, and its allocation is a legacy of the policies of the former Soviet Union which was allocated among the four Central Asian Republics (CARs) namely, Tajikistan, Uzbekistan, Turkmenistan, and the Kyrgyz Republic through Protocol 566 adopted by the former USSR<sup>4</sup>. The downstream countries of Uzbekistan and Turkmenistan were supposed to produce cotton while Tajikistan which is an upstream country were using water for energy production. Afghanistan and Kyrgyzstan were simply considered the producers of water resources without having a real claim to it<sup>5</sup>.

Afghanistan is an upstream riparian of the river and has been at war and conflict for a couple of the last few decades, and as a result, the country has had little opportunity to lay claim to its legitimate share of Amu Darya water while based on some estimates and researches conducted by the MEW of Afghanistan, 14% of the water of the river basin is originated out of Afghanistan Mountains <sup>6</sup>. Although since 2001 the new Afghan government has been tried to settle the issue of water sharing conflicts and reach into agreements with its neighboring countries in general, and with the riparian states of the Amu Darya in particular, but for any reason it somehow failed and today we have no signed agreements with any of our neighbors sharing the same river.

Since 1958 there has been only one signed agreements between the Ex-USSR and the Afghan ruler of that time regarding their mutual border along Amu Darya which also includes the regulation and governing the use of boundary water resources between Afghanistan and the CARs. In that agreement there are some articles concerning the use and share of water resources in the area of border line where there is no evidence of water allocation agreements among the riparian states, and I would like to briefly paraphrase here some of the articles for the better understanding of the issue <sup>7</sup>.

In the seventh article of this agreement the definition of frontier(boundary) water has been clarified which refers to the water in the frontier line in accordance with the Soviet Afghan demarcation and re-demarcation of documents of 1957-1948. Moreover, it also articulates that both contracting parties should take the measures and steps to ensure that in the use of boundary water, and those waters that reach boundary water, the agreement is observed and the mutual rights and interest of both sides are respected <sup>8</sup>.

In the next three articles it has been declared that both sides should be allowed to utilize the water of border line up to the border unconditionally and without any restriction, and if there is any question concerning the use of boundary waters it should be managed by both contracting sides. In addition, it states that authorities from both sides shall exchange information such the level and volume of water, the precipitation level in the interior territory of two parties, the danger of damage from flooding as regularly as possible, and agree on agree on a creating a mutual system of signals during the period of high water <sup>9</sup>.

Furthermore, two other agreements were signed between the same parties in the years 1961 and 1964 regarding building hydraulic structures and using hydropower in Amu Darya river basin. Again this agreement between the two sides has since then neither be modified nor cancelled, and is hence still valid according to international laws of transboundary rivers. It is worth mentioning that this agreement as the previous one does not specify any water allocation to any of the riparian countries sharing water resources in the Amu Darya Basin.

In August 08, 2021 an article was published in the Chinese Journal of Environmental law by Ikramuddin Kamil and stated multiple reasons of why Afghanistan has been either excluded or ignored from the regional water-sharing agreements and organizations over the years.

In this article Afghanistan's practical situation has been said as the first reason of why it has been excluded from any treaties over the years. According to Mr. Kamel, Afghanistan's neighbors do not feel a sense of competition to incentivize the reaching of a water-sharing agreement with Afghanistan. And the need for Afghanistan

to be part of the existing agreements and organizations managing the water of Amu Darya water is not a priority for them.

The second reason of Afghanistan exclusion from any water-sharing agreements with the other four riparians has been believed Afghanistan's domestic situation, which has profoundly affected Afghanistan's relations with its neighbors. Afghanistan has been facing a war for the last 4 decades; its governments have been unstable and weak and either unable or uninterested in cooperating with the country's neighbors.

The issue of upstream and downstream differences has been considered another reason of why Afghanistan has not been able yet to solve the water-related issues with its neighbors. It is because Upstream Afghanistan and Tajikistan are planning to expand HEP production, and therefore, their plans may lead to disputes with downstream Turkmenistan and Uzbekistan <sup>10</sup>.

In addition, Over the past 20 years, the Islamic Republic of Afghanistan and the government of Tajikistan have shown interest to settle the issues, specialists from both sides conducted consultation and cooperation meetings and signed a few protocols regarding the issue of integrated water resources management in general, and the installation of hydrological stations and bank protection measures in both sides of the border. Unfortunately, despite the good spirit prevailing from both sides during the meetings little concrete action has been taken in practice.

The protocols signed on August 3, 2007 and July 14, 2010 respectively. In these protocols both sides agreed to work cooperatively covering the following points: (i) formation of a joint working group, (ii) establishment of protocols to promote hydrological and related studies, (iii) exchange of information, (iv) creating a mechanism of data sharing and facilitation of data collection, (v) facilitation of know-how transfer and experience between the two countries, (vi) and most importantly training of specialists in water resources and energy management which is one of the main reasons why Afghanistan has not been able yet to reach into agreements with none of its neighboring countries over its Transboundary rivers <sup>11</sup>.

The current water distribution of Amu Darya is based on an agreement which was signed in 1987 to regulate the share of water use in Aral Sea and Amu Darya without considering any water allocation to Afghanistan while around 14% of the flow of Amu Darya annually originates in the territory of Afghanistan from the heart of Hindu Kush mountains in the northern part of Afghanistan. The following two tables show respectively the generated average annual flow of Amu Darya in million m<sup>3</sup> and Share of total average water use in % in the territory of each riparian countries sharing Amu Darya.

**Table 1 – Generated average annual flow, million m<sup>3</sup>, and share of total average annual flow %.**

Riparian country	Generated average annual flow, million m <sup>3</sup>	Share of Total Average Annual Flow, %
Tajikistan	50,000	62.5%
Afghanistan	22,000	27.5%
Uzbekistan	5,000	6.3%
Kyrgyzstan	1,500	1.9%
Turkmenistan	1,500	1.9%
<b>Total</b>	<b>80,000</b>	<b>100%</b>

**Table 2 – Average annual water use in million m<sup>3</sup>, Share of the total average annual water use in %**

Riparian country	Average annual water use in million m <sup>3</sup>	Share of the total average annual water use in %
Tajikistan	7,500	11%
Afghanistan	5,000	7%
Uzbekistan	33,000	47%
Kyrgyzstan	1,500	2%
Turkmenistan	23,000	33%
<b>Total</b>	<b>70,000</b>	<b>100%</b>

As it is demonstrated in the tables, 22,000 million m<sup>3</sup> water is generated out of Afghanistan Mountain annually, out of which only 5,000 million m<sup>3</sup> is used inside Afghanistan for irrigation purpose which makes 7% of the total of 70,000 million m<sup>3</sup> in a year. If we put Afghanistan aside for a minute and look at the first table, it is clearly visible that the modus of water distribution of Amu Darya among the other four riparians of this river is completely uneven. 50,000 million m<sup>3</sup> water is generated in the territory of Tajikistan while this country only benefits 11% of the total, on the other hand Uzbekistan and Kyrgyzstan each respectively use 47% and 33% of the total generated water while only 6.3% and 1.9% of the water is originated in the territory of these two countries.

### **Conclusion:**

Since 1873 onwards two kinds of agreements were signed concerning the regulation of the water of Amu Darya river basin. The first one was between the former USSR and Afghanistan mainly focused on the Amu Darya as an international boundary, which also includes the regulation and governing the use of boundary water resources between Afghanistan and the CARs. While the second one was signed between the CARs themselves, and due to the abovementioned reasons Afghanistan was excluded from that Agreement. But none of them specified any water allocation to any of the riparian countries sharing water resources in the Amu Darya Basin. Afghanistan's exclusion from regional water-sharing and management treaties and organizations makes it quite challenging for CARs to achieve sustainable management of transboundary water resources in the region, as effective transboundary management is dependent on the participation of all riparian states in the management of a basin.

Therefore, it can be concluded that the entire regional water management regime in Central Asia is incomplete without Afghanistan's inclusion.

### Reference

1. The Afghan Part of Amu Darya river basin, impact of irrigation in Northern Afghanistan on water use in Amu Darya, by Walter Klemm and Sayed Sharif Shobair, 2nd table.
2. Assessment of Water Resources Availability in Amu Darya River Basin, by Obaidullah Salehi and Tarmizi bin Ismail, <https://www.mdpi.com/2073-4441/14/4/533>.
3. Afghanistan, the Amu Darya Basin and Regional Treaties, by Ikramuddin Kamil, 08 Jul 2021, [https://brill.com/view/journals/cjel/5/1/article-p37\\_3.xml?language=en](https://brill.com/view/journals/cjel/5/1/article-p37_3.xml?language=en).
4. Kai Wegerich | Amu Darya Basin Network, <https://doi.org/10.2166/wp.2008.208>.
5. Water, Climate, and Development Issues in the Amu Darya Basin, published in January 2005 by Michael H. Glantz.
6. Impact of Irrigation in Northern Afghanistan on Water Use in the Amu Darya Basin, by Walter Klemm and Sayed Sharif Shobair, [file:///C:/Users/Mohseni/Desktop/FAO\\_report\\_e.pdf](file:///C:/Users/Mohseni/Desktop/FAO_report_e.pdf).
7. Amu Darya Water Use in the 1958 Afghan/ Ex-USSR Agreement by Walter Klemm Sr Land & Water Development Engineer Investment Centre Division / FAO Rome
8. Reasons for Afghanistan's Exclusion from the Current Legal Regime 89.
9. Afghan/Tajikistan Consultation and Cooperation, protocol signed on August 3, 2007.

УДК 631.674

## ВЫБОР ГИБРИДНЫХ ВИДОВ ТОПОЛЕЙ ДЛЯ ПОЛИВА СТОЧНОЙ ВОДОЙ В АЛМАТИНСКОМ РЕГИОНЕ

*Женис М.<sup>1</sup>, Набиоллина М. С.<sup>2</sup>, Ваганова А. Р.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Магистрант, Казахский национальный аграрный исследовательский университет, Алматы, Казахстан, [muhadesijingsesi@gmail.com](mailto:muhadesijingsesi@gmail.com)

<sup>2</sup> Ассоциированный профессор, Казахский национальный аграрный исследовательский университет, Алматы, Казахстан, [nabiollina73@mail.ru](mailto:nabiollina73@mail.ru)

<sup>3</sup> Старший преподаватель, Казахский национальный аграрный исследовательский университет, Алматы, Казахстан, [vaganova-alina@rambler.ru](mailto:vaganova-alina@rambler.ru)

### Аннотация

В статье рассматривается использование сбросных вод из города Алматы для орошения насаждений и определение влияния этих вод на различные виды гибридных деревьев.

**Ключевые слова:** сточная вода, речная вода, гибридные тополя, норма полива, поля, почва.

## SELECTION OF HYBRID SPECIES OF POPLARS FOR DISCHARGE IRRIGATION IN ALMATY REGION

*Zhengis M.<sup>1</sup>, Nabiollina M.<sup>2</sup>, Vagapova A.<sup>3</sup>*

### **Abstract**

The article describes the use of waste water from the city of Almaty for irrigation of plantings and the impact of these waters on various types of hybridized trees.

**Key words:** wastewater, river water, hybrid poplars, irrigation rate, fields, soil.

**Введение.** При выращивании гибридных деревьев главная задача – уделять внимание его биологически устойчивым и продуктивным видам. Под биологической устойчивостью понимается устойчивость к сложившимся погодным условиям, болезням, вредителям. Именно в этом случае выбор породы дерева, его классификация становится очень важным вопросом. Об этом свидетельствует возрастающее развитие различных пород деревьев в одинаковых условиях.

В засоленных полупустынных краях Казахстана под руководством профессора П. П. Бессчетнова ведется работа по созданию промышленных плантаций с 1962 года.

Благодаря такой гибридизации было создано несколько гибридных видов привитых деревьев. Они быстро растут, очень устойчивы к засухе и соли. Гибридным тополям дали названия: «Казахстан», «Кызыл Тан», «Кайрат». Такие гибридные виды привитых деревьев очень быстро растут и созревают, к 15-20 годам свойства древесины становятся технически готовыми. Их высота составляет 20-25 метров, а диаметр – 62 см. С 1 гектара получается 600-800 м<sup>3</sup> пригодной древесины. В таком возрасте ни одно дерево не может дать такой урожай [1].

**Материалы и методы.** Методы отбора проб, подготовка их к анализам и определения тяжелых металлов в сточной воде выполнялись в соответствии с Законом РК [2].

### **Результаты и обсуждение.**

Учитывая природные климатические условия, выбираем три гибридных вида насаждений («Казахстан», «Кызыл Тан», «Кайрат»), подходящих для Алматинского региона.

Во всех случаях порядок полива тополей был одинаковым. В первый год тополя часто поливали и давали 4600-4800 м<sup>3</sup> воды на гектар. При этом норма второго полива выше-5-6 поливов, на гектар в год подавалось 5000-6500 м<sup>3</sup> воды.

Сохранение гибридных видов тополей при поливе были разными (таблица 1).

**Таблица 1 – Рост тополей, посаженных черенками, в зависимости от вида воды (тополя, посаженные 10 апреля 2022 года)**

Виды поливной воды	Выживаемость черенков, %	Высота, см	Площадь листьев одного дерева, см <sup>2</sup>
Период наблюдения 5 июня 2022 год			
Сточная вода	98	40,3+0,06	368
Речная вода	90	23,5+0,01	306

Самый высокий рост тополей наблюдался при поливе сточной водой, а самый медленный-при поливе речной водой. Для подтверждения этих результатов в 2023 году продолжили исследования этих гибридных тополей, посаженных черенками (таблица 2).

Данные таблицы показывают, что самый медленный рост тополей происходит при поливе речными водами. Первые 4 месяца тополя имеют высоту от 48 до 68 см. В нашем наблюдении было установлено, что в первый год тополя вырастают до высоты 1,8 метра, вплоть до зимних заморозков.

**Таблица 2 – Выживаемость тополей в зависимости от вида воды (деревья, привитые в 2022 году)**

Виды поливной воды	Казахстан		Кызыл Тан		Кайрат	
	Количество посаженных деревьев, шт	Выживаемость, шт	Количество посаженных деревьев, шт	Выживаемость, шт	Количество посаженных деревьев, шт	Выживаемость, шт а
Алматинский регион						
Речная вода	250	198	250	200	250	196
Сточная вода	250	240	250	190	250	170

Выживаемость тополей не опускалась ниже 80%. Это хороший показатель. Было замечено, что тополя устойчивы к условиям Алматинского региона.

Эти тополя имеют характерные особенности роста. В первоначальной стадии (в течение 3-4 месяцев после посадки) их рост был очень медленным. В 2022 году за первые 3 месяца их рост не превышал 40,3 см (таблица 3).

**Таблица 3 – Выращивание гибридных тополей на ранних стадиях 2023 года (18.04.2023 г.)**

Период наблюдения	Виды поливной воды	Высота, см	Площадь листьев одного дерева, см <sup>2</sup>	Толщина дерева, см	Площадь одного листа, см <sup>2</sup>
«Казахстан»					
10.08	Речная вода	58	326,5	0,6	31,90
	Сточная вода	68	396,4	0,7	49,20
«Кызыл Тан»					
10.08	Речная вода	56	278,6	0,6	32,60
	Сточная вода	63	326,0	0,5	42,60
10.08	Речная вода	52,0	327,6	0,5	30,2
	Сточная вода	58,0	329,0	0,6	33,5
«Кайрат»					
10.08	Речная вода	52	327,6	0,5	30,2
	Сточная вода	58	329,0	0,6	33,5

За все годы наблюдений самый быстрый рост тополей наблюдался при поливе сточной водой. Единственной причиной этого является большое количество минеральных элементов, содержащихся в сточной воде. Минеральные элементы находятся в виде раствора, который также быстро впитывается в древесину [3,4].

**Заключение.** Среди гибридных видов тополей лучший рост - у тополя «Казахстан». Их листья стали крупнее и зеленее. В первые 4 месяца площадь одного листа составляла 28-49 см<sup>2</sup>, а во второй год площадь листа была больше, чем в первый год.

В целом, в Алматинском регионе экономически выгодным занятием является посадка гибридных тополей и полив их сточной водой.

#### **Список цитированных источников**

1. Nabiollina M.C., Zhaparkulova Y. 1st International potable water and waste water symposium. Afyonkarahisar, Turkey. 06-07 December, 2018. pp. 193-198.
2. Водный кодекс Республики Казахстана (с изменениями и дополнениями по состоянию на 17.01.2014 г.).
3. Зубаиров О.З. Сточные воды и использование их в сельском хозяйстве. Алматы, 2011.
4. Shimbaeva N.O., Nabiollina M.S., Tazhenova A.S. Irrigation of hybridized poplars with drainage in kyzylorda region. Materials of the International scientific and practical conference «Priorities of the agroindustrial complex: scientific discussion». Петропавл, 18.03.2022. pp. 5-8.

## **ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДИЧЕСКИХ ОСНОВ И РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЕТА НЕОБХОДИМЫХ ТИПОРАЗМЕРОВ ПАКЕРНЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ С ЭЖЕКТОРОМ К ПОГРУЖНЫМ ЭЛЕКТРОНАСОСАМ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИИ БЕСТРУБНОГО ВОДОПОДЪЕМА ИЗ СКВАЖИН**

*Ильясова Н. Х.<sup>1</sup>, Жакупова Ж. З.<sup>2</sup>, Саркынов Е. С.<sup>3</sup>, Мешик О. П.<sup>4</sup>*

<sup>1</sup> докторант кафедры «Водные ресурсы и мелиорация», *НАО «Казахский национальный аграрный исследовательский университет»*, Алматы, Казахстан, [ilyasova.narkyz@kaznaru.edu.kz](mailto:ilyasova.narkyz@kaznaru.edu.kz)

<sup>2</sup> PhD, ассоциированный профессор кафедры «Водные ресурсы и мелиорация», *НАО «Казахский национальный аграрный исследовательский университет»*, Алматы, Казахстан, [zhakupova.zhanar@kaznaru.edu.kz](mailto:zhakupova.zhanar@kaznaru.edu.kz)

<sup>3</sup> к.т.н., профессор кафедры «Аграрная техника и механическая инженерия», *НАО «Казахский национальный аграрный исследовательский университет»*, Алматы, Казахстан, [yerbol.sarkynov@kaznaru.edu.kz](mailto:yerbol.sarkynov@kaznaru.edu.kz)

<sup>4</sup> к.т.н., доцент, декан факультета инженерных систем и экологии, БрГТУ, Брест, Беларусь, [omeshik@mail.ru](mailto:omeshik@mail.ru)

### **Аннотация**

Приведены исследования по обоснованию методики расчёта необходимых типоразмеров пакерных гидравлических устройств к погружным электронасосам для технологии беструбного водоподъема из скважин, основным критерием которых для расчёта приняты исходные параметры для насосных установок: подача, напор (высота водоподъема), диаметральный габарит пакерного гидравлического устройства и потребляемая мощность насосной установки (мощность на валу погружного электронасоса).

Предложены для ресурсосберегающей технологии беструбного водоподъема из скважин обоснованные типоразмерные ряды необходимых типоразмеров пакерных гидравлических устройств к погружным электронасосам: по подаче насосной установки - 10; 25 и 40 м<sup>3</sup>/ч; по напору (высоте водоподъема) – 55;80;110 и 150 м (50;75;100 и 130 м); по диаметальному габариту пакерного гидравлического устройства (условному диаметру скважин) - 116; 145 и 195 мм (140; 168 и 219 мм); по потребляемой мощности насосных установок – 2; 4; 5; 6;7;11; 12,5;15,5; 21; 27 кВт, которые позволят повысить их эффективность использования в системе водоснабжения и мелиорации Казахстана.

**Ключевые слова:** методика расчёта, типоразмер, параметр, пакерное гидравлическое устройство, эжектор, погружной электронасос, технология беструбного водоподъема, обоснование, насосная установка, подземная вода, скважина, водоснабжение, мелиорация.

# **SUBSTANTIATION OF THE METHODOLOGICAL FOUNDATIONS AND DEVELOPMENT OF A METHODOLOGY FOR CALCULATING THE REQUIRED STANDARD SIZES OF PACKER HYDRAULIC DEVICES WITH AN EJECTOR TO SUBMERSIBLE ELECTRIC PUMPS FOR THE TECHNOLOGY OF TUBELESS WATER LIFTING FROM WELLS**

*Ilyassova N.<sup>1</sup>, Zhakupova Zh.<sup>2</sup>, Sarkynov Ye.<sup>3</sup>, Meshyk O.<sup>4</sup>*

## **Abstract**

Studies are presented to substantiate the methodology for calculating the required standard sizes of packer hydraulic devices for submersible electric pumps for the technology of tubeless water lifting from wells, the main criteria for which are the initial parameters for pumping units: supply, head (height of the water lift), diametrical dimension of the packer hydraulic device and the power consumption of the pumping unit (power on the shaft of the submersible electric pump).

Reasonable standard-size ranges of the required standard sizes of packer hydraulic devices for submersible electric pumps are proposed for the resource-saving technology of tubeless water lifting from wells: by pumping unit supply - 10; 25 and 40 m<sup>3</sup>/h; by pressure (height of water lifting) - 55; 80; 110 and 150 m (50; 75; 100 and 130 m); by the diametrical dimension of the packer hydraulic device (nominal diameter of wells) is 116; 145 and 195 mm (140; 168 and 219 mm); according to the power consumption of pumping units – 2; 4; 5; 6; 7; 11; 12,5; 15,5; 21; 27 kW, which will increase their efficiency in the water supply and land reclamation system of Kazakhstan.

**Keywords:** calculation method, standard size, parameter, packer hydraulic device, ejector, submersible electric pump, tubeless water intake technology, justification, pumping unit. groundwater, borehole, water supply, land reclamation.

**Введение.** В настоящее время в Казахстане в системе общего водоснабжения и мелиорации с использованием подземных вод из сооружаемых скважин с применением для водозабора погружных электронасосов идёт тенденция применения прогрессивных технологий водоподъёма, в том числе технологии беструбного водоподъёма (по обсадным трубам скважин) с использованием пакерных устройств различных конструкций, устанавливаемых на нагнетательном патрубке насоса, разделяя в скважине всасывающую часть насоса от нагнетательной, позволяющих снизить металлоёмкость в 2...3 раза и улучшить энергетические показатели насосных установок, уменьшить значительно эксплуатационные затраты на монтажно-демонтажные работы, повысить срок службы обсадных труб, исключить загрязнение воды и засорение скважин [1,2].

Однако внедрение технологии беструбного водоподъёма в водоснабжении и мелиорации сдерживается из-за отсутствия на рынке сбыта необходимых типоразмеров пакерных устройств к погружным электронасосам, в связи с недостаточностью проведённых методических исследований по данному направлению. Поэтому разработка методики расчёта необходимых типоразмеров пакерных гидравлических устройств к погружным

электронасосам для технологии беструбного водоподъема в водоснабжении и мелиорации, является актуальной проблемой.

Однако исследования по данному направлению, для системы водоснабжения и мелиорации, не проводились.

**Материалы и методы.** В работе использованы теоретические, методические и расчётные методы исследования.

Авторами обоснована и разработана методика расчёта по определению необходимых типоразмеров пакерных гидравлических устройств к погружным электронасосам для технологии беструбного водоподъема из скважин в системе водоснабжения и мелиорации.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Методическим основанием обоснования необходимых типоразмеров пакерных гидравлических устройств с эжектором к погружным электронасосам для технологии беструбного водоподъема из скважин являются исходные параметры для насосных установок: подача  $Q_{\text{ну}}$ , напор  $H_p$  (высота водоподъема  $H$ ), диаметральный габарит пакерного гидравлического устройства  $D_{\text{п}}$  и потребляемая мощность насосной установки  $N_{\text{ну}}$  (мощность на валу погружного электронасоса) [1-5].

Типоразмеры пакерных гидравлических устройств к погружным электронасосам по подаче  $Q_{\text{ну}}$  определяются по приведённой формуле, где основными критериями обоснования приняты - суточный расход воды  $q_{\text{сут}}$  и дебит существующих скважин  $Q_{\text{ск}}$ :

$$Q_{\text{ну}} = Q_{\text{н}} \cdot K = \frac{q_{\text{сут}}}{t_{\text{см}} \cdot \eta_{\text{см}} \cdot i_{\text{н}}} \leq Q_{\text{ск}}, \quad (1)$$

где  $Q_{\text{ну}}$  – подача насосной установки,  $\text{м}^3/\text{ч}$ :

$$Q_{\text{ну}} = Q_{\text{н}} \cdot K, \quad (2)$$

где  $Q_{\text{н}}$  – подача электропогружного насоса,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$K$  – увеличение подачи насосной установки при использовании пакера с эжектором (за счет эжектирования по расчету и опытным данным  $K=1,2-1,3$ );

$q_{\text{сут}}$  – суточное водопотребление на объекте,  $\text{м}^3$ :

- в системе пастбищного и общего водоснабжения определяется по формуле

$$q_{\text{сут}} = \sum_{i=1}^n q_{\text{н}} \cdot Z \cdot \alpha, \quad (3)$$

- в системе мелиорации определяется по формуле

$$q_{\text{сут}} = \frac{q_{\text{н}} \cdot F}{D_{\text{ну}} \cdot i_{\text{п}}}, \quad (4)$$

где  $q_{\text{н}}$  – единичные нормы водопотребления в сутки (для животных, полива  $1\text{м}^2$  площади открытых парниковых, 1 га орошаемых земельных участков и т.д.),  $\text{м}^3$ ;

$Z$  – количество нормируемых величин (число животных,  $\text{м}^2$  поливных участков, га орошаемых земельных площадей и т.д.);

$\alpha = 1,09 \dots 1,15$  – коэффициент, учитывающий водопотребление на собственные нужды обслуживающего персонала [6];

$F$  – площадь орошаемых земельных участков подземными водами, га;

$D_{\text{НУ}}$  - число дней работы насосной установки между поливами, дн;  
 $i_{\text{п}}$  - число поливов сельскохозяйственных культур за сезон;  
 $t_{\text{см}}$  - рабочее время смены, ч;  
 $\eta_{\text{см}}$  - коэффициент использования рабочего времени смены для разрабатываемой насосной установки:

$$\eta_{\text{см}} = \frac{t_{\text{чр}}}{t_{\text{чр}} + t_{\text{то}}}, \quad (5)$$

где  $t_{\text{чр}}$  - чистое время работы насосной установки в смену, ч;  
 $t_{\text{то}}$  - время на техобслуживание насосной установки, ч;  
 $Q_{\text{ск}}$  - дебит существующих скважин, м<sup>3</sup>/ч.

Типоразмеры пакерных гидравлических устройств к погружным электронасосам по напору  $H_{\text{р}}$  (высоте водоподъёма  $H$ ) определяются по приведённой формуле, где основными критериями обоснования приняты высота водоподъёма  $H$  (динамический уровень воды в скважине  $H_{\text{д}}$ ) и потери напора в водоподающей системе  $\sum_{i=1}^n h_{\omega\text{п}}$ :

$$H_{\text{р}} = H + \sum_{i=1}^n h_{\omega\text{п}}, \quad (6)$$

или

$$H_{\text{р}} = H_{\text{д}} + h_{\text{р}} + \sum_{i=1}^n h_{\omega\text{п}}, \quad (7)$$

где  $H$  - высота водоподъёма, м:

$$H = H_{\text{д}} + h_{\text{р}}, \quad (8)$$

где  $H_{\text{д}}$  - динамический уровень воды в скважине, м;

$h_{\text{р}}$  - высота от оголовка скважины до излива в приёмную емкость потребителя, м (эта величина постоянная и равна 1,5м);

$\sum_{i=1}^n h_{\omega\text{п}}$  - потери напора в водоподающей системе: в пакерном устройстве, в обсадных трубах скважины и в отводном трубопроводе от оголовка скважины до потребителя определяются по формуле, м:

$$\sum_{i=1}^n h_{\omega\text{п}} = \lambda_{\text{ск}} \cdot \frac{H}{D_{\text{ск}}} \cdot \frac{v_{\text{ск}}^2}{2g} + \zeta_{\text{п}} \cdot \frac{v_{\text{п}}^2}{2g} + (\lambda_{\text{тр}} \cdot \frac{l_{\text{тр}}}{d_{\text{тр}}} + \sum \zeta) \cdot \frac{v_{\text{тр}}^2}{2g}, \quad (9)$$

где  $\lambda_{\text{ск}}, \lambda_{\text{тр}}$  - коэффициенты трения воды в обсадных трубах скважины и в отводном трубопроводе;

$\zeta_{\text{п}}$  - коэффициент местных сопротивлений в пакере;

$\sum \zeta$  - сумма коэффициентов местных сопротивлений в отводном трубопроводе;

$D_{\text{ск}}, d_{\text{тр}}$  - внутренние диаметры обсадных труб скважины, отводного (водоподъемного) трубопровода и нагнетательного патрубка насоса, м;

$l_{\text{тр}}$  - длина отводного трубопровода, м.

Динамический уровень обосновывается на основании научных проработок [5,7].

Типоразмеры пакерных гидравлических устройств к погружным электронасосам по диаметральному габариту пакерного гидравлического устройства  $D_{\text{п}}$  определяются по упрощённой формуле (5), где основными критериями обоснования приняты: внутренний диаметр скважины  $D_{\text{ск}}$  и зазор на диаметр  $\delta$ , удовлетворяющий требованиям техники безопасности проведения спуско-подъемных операций насоса с пакером во внутрь скважины:

$$Dn = D_{СК} - \delta, \quad (10)$$

где  $D_{СК}$  – внутренний диаметр скважины, мм;

$\delta$  - зазор на диаметр, удовлетворяющий требованиям техники безопасности проведения спуско-подъемных операций насоса с пакером во внутрь скважины, мм.

Типоразмеры пакерных гидравлических устройств к погружным электронасосам по потребляемой мощности насосной установки  $N_{ну}$  определяются по упрощённой приведённой формуле, где основными критериями обоснования приняты: подача  $Q_{ну}$ , напор  $H_p$  и КПД  $\eta_{ну}$  насосной установки (пакерного гидравлического устройства при совместной работе с погружным электронасосом):

$$N_{ну} = \frac{9,81 \cdot Q_{ну} \cdot H_p}{\eta_{ну} \cdot \eta_o}, \quad (11)$$

где  $N_{ну}$  – потребляемой мощности насосной установки, кВт;

9,81 – переводной коэффициент мощности из размерности Вт в размерность кВт;

$Q_{ну}$  – подача насосной установки, м<sup>3</sup>/с;

$H_p$  – напор насосной установки по определяемому типоразмеру, м;

$\eta_{ну}$ ,  $\eta_o$  – КПД насосной установки и объёмный КПД.

**Определение типоразмеров пакерных гидравлических устройств по подаче насосной установки.** В начале определяли пределы подач насосной установки для беструбного водоподъема по формуле (1) с учётом использования формул (2), (3), (4) и (5), где основным критерием обоснования являлось суточное водопотребление, которое с учетом природно-хозяйственных факторов, норм полива земельных участков, норм потребности воды по виду потребителя было принято в пределах 240...960 м<sup>3</sup>/сут, в результате пределы подач насосной установки составили 10...40 м<sup>3</sup>/ч.

Принятые пределы подача насосной установки согласовывались по дебиту скважин  $Q_{СК}$  в соответствии с условием (2), которые удовлетворяют на 30...15% их применения [5].

В результате которых приняты три типоразмера пакерных гидравлических устройств по подаче насосной установки, из них два по минимальному и максимальному значению предела подач и один типоразмер по среднему значению: 10; 25 и 40 м<sup>3</sup>/ч.

**Определение типоразмеров пакерных гидравлических устройств по напору (высоте водоподъёма) насосной установки.** Необходимые типоразмеры пакерных гидравлических устройств по напору определяли по формуле (6) с учётом формул (7), (8) и (9), критериями обоснования приняты высота водоподъёма  $H$  (динамический уровень воды в скважине  $H_d$ ) и потери напора в водоподающей системе  $\sum_{i=1}^n h_{\omega_{п}}$ .

По научным проработкам [1,3,7] рекомендованы ряды динамических уровней для скважин  $H_d=25; 50,75,100; 130$  м. По технико-экономическим показателям применение беструбной технологии водоподъема рекомендуется для динамических

уровней свыше 30-50 м, на этом основании возможные высоты водоподъема приняты до  $H=100-130$  м с типоразмерным рядом  $H=50,75,100$  и 130 м при вероятности применения 38; 14; 6; 2%.

В результате которых по напору (высоте водоподъема) приняты четыре типоразмера пакерных гидравлических устройств к погружным электронасосам для беструбной технологии водоподъема:  $H_p = 55;80;110$  и 150 м ( $H = 50;75;100$  и 130 м) при вероятности применения 38; 14; 6; 2%.

**Определение типоразмеров пакерных гидравлических устройств по диаметральному габариту.** Необходимые типоразмеры пакерных гидравлических устройств к погружным электронасосам по диаметральному габариту  $D_{\Pi}$  определяли по формуле (10), основными критериями обоснования приняты: внутренний диаметр скважины  $D_{СК}$  и зазор на диаметр  $b = 4-6$  мм, удовлетворяющий требованиям техники безопасности проведения спуско-подъемных операций насоса с пакером во внутрь скважины. По научным проработкам [5,7] рекомендованы три ряда внутренних диаметров скважин: 125 мм, 150 мм и 200 мм или условного диаметра обсадных труб скважин в соответствии с ГОСТ 362-80: 140; 168 и 219 мм.

В результате которых по диаметральному габариту  $D_{\Pi}$  приняты три типоразмера пакерных гидравлических устройств: 116; 145 и 195 мм.

По диаметральному габариту пакерных гидравлических устройств вероятность их применения может составить на 47,5...28,7% скважин.

**Определение типоразмеров пакерных гидравлических устройств по потребляемой мощности насосной установки  $N_{НУ}$  (мощности на валу погружного электронасоса).** Необходимые типоразмеры пакерных гидравлических устройств к погружным электронасосам по потребляемой мощности насосной установки  $N_{НУ}$  определяли по формуле (11), основными критериями обоснования приняты: подача  $Q_{НУ} = 10; 25$  и 40 м<sup>3</sup>/ч, напор  $H_p = 55; 80; 110$  и 150 м и КПД насосной установки  $\eta_{НУ} = 0,45...0,48$ .

В результате по потребляемой мощности принято 10 типоразмеров насосных установок:  $N_{НУ} = 2; 4; 5; 6;7;11; 12,5;15,5; 21; 27$  кВт.

На основании которых выбрано 15 типоразмеров электропогружных насосов для беструбной технологии водоподъема из скважин, соответствующих принятым типоразмерам пакерных гидравлических устройств с эжектором [8]:

- ЭЦВ 6 -10 -50, ЭЦВ 6 -10 -80, ЭЦВ 6 -10 -120, ЭЦВ 6 -10 -140  $N_{НУ}=2,2; 4; 5,5;6,3$  кВт;
- ЭЦВ 6- 25-60, ЭЦВ 6-25-80, ЭЦВ 6-25-120  $N_{НУ} = 6;7;11$  кВт;
- ЭЦВ 8-25-55, ЭЦВ 8-25-100, ЭЦВ 8-25-125, ЭЦВ 8-25-150  $N_{НУ}=5;11;12,5;15,5$  кВт;
- ЭЦВ 8-40-60, ЭЦВ 8-40-90, ЭЦВ 8-40-120, ЭЦВ 8-40-150  $N_{НУ}=11;15,5;21;27$  кВт.

### **Выводы.**

На основании проведенных исследований впервые обоснована и разработана методика расчёта необходимых типоразмеров пакерных гидравлических устройств к погружным электронасосам для технологии беструбного водоподъема из скважин, которая позволила определить для системы водоснабжения

и мелиорации три типоразмера пакерных устройств по подаче - 10; 25 и 40 м<sup>3</sup>/ч, пять - по напору (высоте водоподъема) –55;80;110 и 150 м (50;75;100 и 130 м), три - по диаметральному габариту пакерного гидравлического устройства (условному диаметру скважин) - 116; 145 и 195 мм (140; 168 и 219 мм) и десять - по потребляемой мощности насосных установок – 2; 4; 5; 6;7;11; 12,5;15,5; 21; 27 кВт, решая проблему их эффективного использования в системе водоснабжения и мелиорации Казахстана.

### Список цитированных источников

1. Zhakupova Z., Yakovlev A., Yespolov T., Ghinassi G., Sarkynov Y. Experimental Study into the ProcessessRuning in Hydraulic Paker upon Pipeless Water Lifting from Wells by Means of Electrical Submersible Pump. Vol. 13 (3). 1499-1513. September 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.13005/bbra/2293>.

2. Ilyasova N, Zhakupova Zh., Meshik O., Yakovlev A., Sarkynov Y. New trend in the improvement of technology of pipeless water lifting from wells with submersible motor pump in the water supply and irrigation in Kazakhstan // Current scientific, technical and environmental problems of habitat conservation. ICEP – 2022 : proceedings of the V International Scientific and Practical Conference dedicated to the 50th anniversary of the Department of Environmental Management, Brest, October 26-28, 2022: in 2 parts / Ministry of Education of the Republic of Belarus, Brest State Technical University; Brest : BrGTU, 2022. – Part 2. – P. 113–117.

3. Жакупова Ж.З., Яковлев А.А., Саркынов Е. Теоретические предпосылки к обоснованию технологической схемы беструбного водоподъема подземных вод//Исследования, результаты: Приложение № 2.- Алматы, 2012, - С.69-75.

4. Жакупова Ж.З. Совершенствование технологии беструбного водоподъема для повышения эффективности использования подземных вод в мелиорации: Дис.магистра с-х. наук.-Алматы, 2013.-105 с.

5. Яковлев А.А. Пневмокамерные водоподъёмники для пастбищного водоснабжения: Монография/ А.А. Яковлев. – Алматы: Изд. «Айтумар», 2015. – 245 с.

6. Тажибаев Л.Е. Основы водоснабжения и обводнения сельскохозяйственных районов Казахстана. -Алма-ата: Кайнар, 1969.-304 с.

7. Abdreshov, S.A., Seitassanov, I.S., Yakovlev, A.A., Zulpykharov, B.A., Zhakupova, Z.Z. Technology of water lifting from wells using an improved water jet pump installation // International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development, 2019, 9(6), страницы 1155–1166, IJMPERDDEC201995.

8. Nietalieva A.A., Espolov T.I., Yakovlev A.A., Sarkynov E.S., Zhakupova Zh.Z. Water lifting from wells using submersible electric pump and suction devices // International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE). ISSN: 2277-3878. Vol. 8, Issue 1, May 2019. <https://doi.org/10.35940/ijrte.2277-3878>.

УДК 681.12

# ЦИФРОВИЗАЦИЯ УЧЕТА ВОДЫ НА ОРОСИТЕЛЬНЫХ КАНАЛАХ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ

*Калыгулов А.<sup>1</sup>, Жандияр Е.<sup>2</sup>  
Научный руководитель: Калыбекова Е. М.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Магистрант факультета водных, земельных и лесных ресурсов НАО «КазНАИУ», Алматы, Казахстан, kalygulov@gmail.com

<sup>2</sup>Докторант факультета водных, земельных и лесных ресурсов НАО «КазНАИУ», Алматы, Казахстан, essen.zhandiyar@gmail.com

<sup>3</sup> Д.т.н., профессор факультета Водные, земельные и лесные ресурсы, КазНАИУ, Алматы, Республика Казахстан, yessenkul.kalybekova@kaznaru.edu.kz

## **Аннотация**

Текущее состояние учета воды в оросительных каналах Казахстана характеризуется отсутствием оперативного водоучета, нерегулярными замерами, применением устаревших способов измерения расхода воды, что в итоге приводит к нерациональному и малоэффективному учету и распределению поливной воды.

Системный подход к управлению процессом водораспределения на каналах мелиоративных систем позволит повысить качество работы всех ее звеньев. Поэтому важным становится разработка и внедрение высокоэффективных технологий учета и контроля воды в точках водозабра.

Исследования нацелены на цифровизацию водохозяйственной инфраструктуры, обеспечивающей эффективное использование водных ресурсов на оросительных системах. Достоинствами разработанного прибора по учету являются: простота конструкции, дешевизна и использование на магистральных и межхозяйственных каналах в климатических условиях регионов Казахстана.

**Ключевые слова:** оросительные системы, водоучет, потери воды, цифровизация, водосбережение, приборы.

## **DIGITALIZATION OF WATER METERING IN IRRIGATION CHANNELS OF RECLAMATION SYSTEMS**

**Kalygulov A., Zhandyar Yes.**

## **Abstract**

The current state of water metering in irrigation canals in Kazakhstan is characterized by the lack of operational water accounting, irregular measurements, and the use of outdated methods of measuring water flow, which ultimately leads to irrational and inefficient accounting and distribution of irrigation water. A systematic approach to managing the process of water distribution in the channels of reclamation systems will improve the quality of work of all its links. Therefore, it is important to develop and implement highly efficient technologies for water metering and control at water intake points. The research is aimed at digitalizing the water management infrastructure

that ensures the efficient use of water resources in irrigation systems. The advantages of the developed accounting device are: simplicity of design, low cost and use on main and inter-farm channels in the climatic conditions of the regions of Kazakhstan.

**Keywords:** irrigation systems, water accounting, water losses, digitalization, water conservation, devices.

**Введение.** В условиях надвигающегося дефицита водных ресурсов в сфере АПК требуется масштабная цифровизация водохозяйственной отрасли, а именно, автоматизированная система мониторинга воды – от точки забора воды до конечного потребителя. Это позволит стимулировать внедрение водосберегающих технологий, эффективно регулировать водопотребление. В проекте пятилетнего Плана автоматизации оросительной сети Казахстана на 2021-2025 годы, включающего основные и экономически значимые магистральные и межхозяйственные оросительные каналы, планируется создать информационную систему «Единая база данных по учету воды», которая предполагает внедрение цифрового учета воды и оптимизацию связанных с ним бизнес-процессов. В системе у каждого потребителя воды будет личный кабинет, в котором в режиме онлайн можно отслеживать потребляемый объем воды и на основе этих данных делать оплату, так же через личный кабинет [1].

**Материалы и методы.** Основными предметами водоучета являются сток и расход воды [2]. На открытых водотоках и каналах применяются прямые, косвенные и парциальные методы измерения расхода и количества (стока) воды. Прямые измерения осуществляют методами: объемным, при котором используют градуированные резервуар или образцовые жидкостные мерники; массовым, при котором используют емкость, установленную на образцовых весах, в которой измеряется масса жидкости за заданный интервал времени; объемно-гидравлическим. Прямые методы измерения обычно применяют для получения высокоточных данных при исследованиях и опытно-конструкторских разработках расходомеров, а также в эталонных расходомерных установках и при учете жидкостей в коммерческих целях. В зависимости от стационарного оборудования косвенные измерения осуществляют с использованием: закрепленных гидропостов в естественных устойчивых или искусственных необлицованных руслах и облицованных участках русел; гидрометрических сооружений и устройств [3], включающих водосливы, пороги, гидрометрические лотки и специальные гидрометрические устройства (насадки, приставки); градуированных гидротехнических сооружений. В зависимости от измеряемых параметров косвенные измерения с использованием закрепленных гидропостов в устойчивых необлицованных или облицованных участках русел осуществляются методами: скорость-площадь; уклон-площадь; смешения. Косвенные методы измерений используют как основные для рабочих средств определения расхода и объема воды. Для открытых оросительных систем существуют два основных метода учета воды: русловый и гидравлический. Особенности взаимоотношений между участниками процесса

водопользования выдвигают на современном этапе ряд строгих требований к средствам водоучета в условиях платного (коммерческого) водопользования.

В 2012-2014 годах в Казахстане был разработан измерительный передающее - регистрирующий комплекс (ИПРК), предназначенный для автоматического автономного контроля уровня воды на гидротехнических сооружениях с пересчетом его в количественный расход по заложенным в него формулам. Испытания ИПРК в производственных условиях показали, что он обладает рядом существенных недостатков.

**Результаты и обсуждение.** Принципиальным отличием идеи предлагаемого прибора является то, что управление водными ресурсами на оросительных каналах мелиоративных систем производится дистанционно с регистрацией и передачей измеренных уровней воды (расходов воды) в реках, каналах, на рисовых оросительных системах. При этом можно установить любое время замера с помощью таймера, без участия человека. Информация передается с помощью IT технологии, сотовой связи в диспетчерский пункт. Это позволит получать оперативную информацию в режиме времени, осуществлять контроль над водозабором, производить оперативное управление водными ресурсами на оросительных каналах мелиоративных систем.

Устройство, включающее аналого-цифровой преобразователь, датчики, блок памяти, отличается от существующих приборов и средств автоматизированного водоучета тем, что оно оснащено механическим оборудованием для сбора оперативных данных при помощи аналого-измерительного датчика уровня воды, блоком сбора и обработки информации, который выполнен с функциями возможностью передачи информации через сим-карту, либо через мобильную сеть в виде SMS сообщения, преобразователем сигналов, датчиков и аналоговых подключений, цифровых шин, соединяющих их, таймером для производства измерения через заданный промежуток времени, который выполнен с возможностью включения дистанционно и динамично, в любой удобный отрезок времени.

**Заключение.** Существующие устройства измерения расхода воды отечественных и зарубежных производителей имеют ограниченное применение на каналах младшего порядка по причинам высокой стоимости и отсутствия постоянного электроснабжения на сети, сложности в эксплуатации и метрологической поверке.

Цифровые технологии в орошаемом земледелии способствуют снижению экологической нагрузки, повышают эффективность использования природных ресурсов, формируя основы ESG-стратегии (экологическое, социальное и корпоративное управление, которая актуальна и стоит на повестке развития аграрной отрасли нашей страны.

Технологии и методы повышения точности сложны, дорогостоящие, трудоемки и требуют длительного времени на реализацию. Поэтому уровень точности, к которому следует стремиться, должен определяться показателями технологической целесообразности, зависящими от конкретных условий и цели измерения.

### Список цитированных источников

1. Цифровые технологии и интеллектуальные системы управления оросительным комплексом с учетом фактических влагозапасов [https://el.kz/ru/nachalas-tsfrovizatsiya-orositelnyh-kanalov-v-kazahstane\\_53468/?utm\\_source=target&utm\\_medium=post&utm\\_campaign=sps](https://el.kz/ru/nachalas-tsfrovizatsiya-orositelnyh-kanalov-v-kazahstane_53468/?utm_source=target&utm_medium=post&utm_campaign=sps).

2. Ивахненко, А.Е. Разработка способа и приборного обеспечения измерения расхода воды по методу «уклон-площадь» в открытых каналах оросительных систем.: автореф. дис. канд. тех. наук: 06.01.02/Ивахненко Александр Евгеньевич. - Новочеркасск, 2007. – 23 с.

3. ГОСТ Р 51657.1-2000 Водоучет на гидромелиоративных и водохозяйственных системах. Термины и определения. – 11 с.

УДК 628.12

## О ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯХ ЧАСТОТЫ ДЛЯ ПОГРУЖНЫХ НАСОСОВ СКВАЖИННЫХ ВОДОЗАБОРОВ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

*Коваленко В. Н.<sup>1</sup>, Житенёв Б. Н.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Аспирант кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов, БрГТУ, Брест, Беларусь, kovalbyu@gmail.com

<sup>2</sup>Профессор кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов, БрГТУ, Брест, Беларусь, gitenev@tut.by

### Аннотация

В статье рассмотрены аспекты применения преобразователей частот для погружных насосов скважинных водозаборов хозяйственно-питьевых систем водоснабжения. Сосредоточено внимание на особенностях их функционирования, достоинствах и недостатках, влиянии на режимы работы отдельной скважины и групп скважин. На основании проведённого исследования сформированы рекомендации и заключение.

**Ключевые слова:** вода, водозаборная скважина, погружной насос, преобразователь частот, энергосбережение, ресурсосбережение.

# ABOUT FREQUENCY CONVERTERS FOR SUBMERSIBLE PUMPS BOREHOLE WATER INTAKES OF WATER SUPPLY SYSTEMS

*Kovalenko V. N.<sup>1</sup> Zhitenev B. N.<sup>2</sup>*

## **Abstract**

The article discusses the aspects of the use of frequency converters for submersible pumps of borehole water intakes of household and drinking water supply systems. Attention is focused on the features of their functioning, advantages and disadvantages, and the impact on the operating modes of an individual well and groups of wells. Based on the conducted research, recommendations and conclusion were formed.

**Keywords:** water, water intake well, submersible pump, frequency converter, energy saving, resource saving.

**Введение.** В современном мире постоянное и надёжное водоснабжения является одним из ключевых аспектов обеспечения комфортных условий жизни и экономического развития стран. В Республике Беларусь, для хозяйственно-питьевых систем водоснабжения, забор воды осуществляется преимущественно из подземных источников с использованием специальных сооружений – водозаборных скважин.

Водозаборные скважины характеризуются различными глубинами, эксплуатируются в различных климатических, геологических и гидрогеологических условиях. Однако, вне зависимости от месторасположения все скважинные водозаборы объединяет наличие водоносного горизонта, из которого осуществляется забор воды, и погружных (скважинных) насосов.

В целях повышения эффективности работы погружных насосов, снижения потребления электрической энергии и продления жизненного цикла осуществляют их автоматизацию и цифровизацию посредством установки устройств плавного пуска, преобразователей частот (далее – ПЧ) и иного оборудования.

В свою очередь ПЧ, для эксплуатации электродвигателей с ограниченным доступом, начинает восприниматься специалистами как средство «от всех болезней», в связи с чем устанавливаются на большинство существующих и новых скважинных водозаборов. По результатам установке ПЧ желаемый эффект не достигается редко, периодически приводит к выходу из строя насосного оборудования, повреждению строительных конструкций скважин и избыточным экономическим затратам на устранение последствий.

**Основная часть.** ПЧ представляет собой устройство, которое преобразует поступающее переменное напряжение с сети переменного тока в переменное напряжение и переменный ток определённой частоты, устанавливаемой автоматикой и (или) пользователем. За счёт изменения частоты питающего напряжения осуществляет регулирование скорости вращения асинхронного электродвигателя, а также вала рабочих колёс погружного насоса.

Изменение напряжения осуществляется на основании данных о расходах и давлении в водопроводной сети, при необходимости устройство может поддерживать необходимое давление с минимальными колебаниями.

Помимо изменения частоты питающего напряжения ПЧ осуществляет:

- управление скоростью пуска и остановки насоса;
- контроль скорости вращения рабочих колёс насоса;
- защиту электродвигателя от перегрузок и коротких замыканий;
- дистанционный мониторинг, управление и диагностику работы насоса.

ПЧ устанавливается в павильоне скважины, подключается к электрической сети.

Как показывает практика применения ПЧ, существуют и последствия от их использования. Основным и наиболее критическим эффектом от использования ПЧ являются гармонические искажения на участке электрической сети между ПЧ и электродвигателем погружного насоса. Искажения возникают в связи со значительной протяжённостью участка электрической сети и расположением этого кабеля в обсадной трубе (как правило металлической), что приводит к формированию «распределённой» ёмкости. В свою очередь, данные явления постепенно накапливаются и способствуют:

- износу изоляции питающего кабеля (приводит к утечке токов);
- износу изоляции асинхронного электродвигателя (приводит к пробоям обмотки и выходу из строя);
- возникновению ложных аварийных отключений;
- повышают количества сообщений о токовой перегрузке;
- коррозии обсадных труб и иных металлических конструкций под действием переменного тока (преимущественно протекает незначительно и в случаях, когда анодный полупериод делает возможным такие процессы) [1].

Производители погружных насосных агрегатов, как правило, учитывают возможность применения пользователями ПЧ и поэтому указывают соответствующие требования: *«При подсоединении насоса к электрической распределительной системе, особенно при использовании электроприборов, таких как устройство управления плавным пуском или частотный преобразователь, для соблюдения требований по электромагнитной совместимости необходимо принимать во внимание предписания изготовителей приборов управления. Для кабелей подачи питания и управляющих кабелей, возможно, потребуются особые меры по экранированию (например, экранированные кабели, фильтры и т. д.). Изменения длины кабеля или его положения могут сильно повлиять на масштаб нарушения электромагнитной совместимости. В случае, если неисправности возникают в других устройствах, рекомендуется применять противополевоый фильтр!»* [2]. Производителями ЧП отмечается, что длина присоединения напрямую зависит от мощности электродвигателя и, например, при мощности в 30 кВт допустимая длина присоединения эл. двигателя без фильтра 150 м, с  $dU/dt$  фильтром 300 м [3].

Не менее важным аспектом влияния ЧП на работу подземного водозабора является «передавливание» скважин. При одновременной работе нескольких погружных насосов с ПЧ на общую водосборную сеть и отсутствии балансировки

ЧП, могут возникать риски возникновения «передавливаний» наиболее удалённых скважин более близко расположенными скважинами к магистральному водосборному коллектору. В связи с чем возникает увеличение нагрузки на диктующие погружные насосы, нарушения балансов водоотбора по скважинам и превышения лимитов отбора из утверждённых запасов подземных вод.

Наличие «передавливаний» скважин может быть определена по результатам моделирования режимов работы водозаборов [4], а также отрицательным показаниям приборов учёта расхода воды.

**Заключение.** Таким образом, ПЧ для погружных насосов скважинных водозаборов систем водоснабжения использовать целесообразно, однако для их надёжной работы необходимо строго соблюдать требования изготовителей насосного оборудования и ПЧ. Использовать синус-фильтры или фильтры  $dU/dt$ , или резистивно-ёмкостные фильтры для снижения крутизны фронтов импульсного напряжения, а также в настройках ПЧ снизить частоту переключений.

В случаях, когда на сборный водовод работают два и более скважинных насоса с ПЧ, то требуется осуществить их балансировку для исключения «передавливаний» и нежелательных перетоков.

#### Список цитированных источников

1. Химия и химическая технология – Справочник химика 21 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://chem21.info/page/11908821321917024204006703819200004108314205717>. – Дата доступа 20.02.2024.
2. Мировой производитель насосного оборудования WiloSE – Инструкции по монтажу насосного оборудования [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://wilo.com/ru/ru/Решения/Библиотека/Инструкции/>. – Дата доступа 20.02.2024.
3. Производитель преобразователей частот Aicon – Руководство по эксплуатации [Электронный ресурс]. Режим доступа: 5. <https://www.c-ok.ru/library/instructions/cnp/chastotnye-preobrazovateli-filtry/34291/123028.pdf>. – Дата доступа 20.02.2024.
4. В. Н. Коваленко, Р. Н. Вострова, Ю. В. Муравьёва, О моделировании работы сетей водоснабжения в географической информационной системе ZuluGIS // Междунар науч.-практ. конф. (Гомель, 6-7 октября 2022 г.). – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2022. – с. 282-285.

## ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ АЭРАТОРОВ

*Кузьмич Д. А.<sup>1</sup>, Ильеня Е. С.<sup>2</sup>  
Научный руководитель: Акулич Т. И.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Студент факультета инженерных систем и экологии, БрГТУ, Брест, Беларусь, dima.kuzmich2016@gmail.com,

<sup>2</sup>Студент факультета инженерных систем и экологии, БрГТУ, Брест, Беларусь, Z.ilna@mail.ru

<sup>3</sup>Старший преподаватель, БрГТУ, Брест, Беларусь, tigol1976@mail.ru

### **Аннотация**

В статье приведены основные характеристики и классификация пневматических систем аэрации, рассмотрены основные критерии выбора аэраторов. Приведены примеры реконструкций очистных сооружений с внедрением энергоэффективной аэрационной системы.

**Ключевые слова:** энергопотребление, энергоэффективность, реконструкция, системы аэрации, аэротенк.

## REVIEW OF MODERN PNEUMATIC AERATORS

*Kuzmich D. A.<sup>1</sup>, Ilyenia Y. S.<sup>2</sup>*

### **Abstract**

The article presents the main characteristics and classification of pneumatic aeration systems, discusses the main criteria for choosing aerators. Examples of the reconstruction of wastewater treatment plants with the introduction of an energy-efficient aeration system are given.

**Keywords:** energy consumption, energy efficiency, reconstruction, aeration systems, aeration tank.

**Введение.** Очистка сточных вод является одним из крупных потребителей электроэнергии в сфере ВКХ. Основным энергоемким процессом является биологическая очистка сточных вод в аэротенках. Согласно литературным данным и опыту эксплуатации очистных сооружений потребление электроэнергии, которое связано с аэрацией сточной воды в аэротенках может достигать 80% от общего потребления электроэнергии [1]. Поэтому внедрение на канализационных очистных сооружениях оборудования аэрационной системы, приводящее к снижению потреблению энергии и экономии энергоресурсов, является в настоящее время приоритетной задачей.

**Основная часть.** В настоящее время для аэрации сточных вод в аэротенках в основном применяется пневматическая система аэрации. Пневматическая система аэрации - это насыщение сточных вод кислородом воздуха, забираемого из атмосферы и под давлением подаваемого в аэрационный бассейн по магистральным и распределительным трубопроводам к аэраторам.

Пневматическая аэрационная система состоит из следующих основных элементов:

- источник подачи сжатого воздуха;
- подводящий трубопровод;
- распределительный трубопровод (аэрационная решётка);
- аэраторы.

Анализ различных типов аэраторов [2-6] показал, что в аэрационных системах могут использоваться следующие материалы:

- несущие элементы (полипропилен, нержавеющей сталь);
- трубопроводы (полипропилен, нержавеющей сталь, конструкционная сталь);
- аэраторы (керамические композиции, пористые и тканевые материалы, полимерные синтетические материалы, мембраны из полимерных материалов);
- элементы крепления (нержавеющая сталь).

Проанализировав ряд работ [2-6], была составлена классификация пневматических аэрационных систем по следующим характеристикам:

- размер пузырьков (мелкопузырчатые (1-4 мм), среднепузырчатые (5-10 мм), крупнопузырчатые (более 10 мм));
- давление (низкого (до 10 кПа), среднего (10-50 кПа), высокого (более 50 кПа));
- материал мембраны (EPDM (этилен-пропиленовый каучук), полиуретан, силикон, PTFE (политетрафторэтилен));
- конструкция аэратора (трубчатый, дисковый, торообразный, тарельчатый, пластинчатый);
- схема раскладки аэрационных элементов по днищу аэротенка (пристенный монтаж, промежуточная схема, 100% покрытие днища аэротенка).

При выборе типа аэратора и сравнении различных типов аэрационных систем обычно учитывают следующие критерии: стандартная эффективность переноса кислорода, расход воздуха на аэратор, гидравлическое сопротивление, конструктивные размеры, в том числе площадь активной поверхности мембраны, плотность раскладки, удобство и скорость монтажа, затраты на замену и обслуживание, надёжность и долговечность, цена.

Из имеющихся типов мелкопузырчатых аэраторов наиболее перспективными являются мембранные элементы. Данные аэраторы практически не подвержены биообрастанию, в меньшей степени кольматируются, аэрационные системы на базе мембранных аэраторов обладают наилучшей способностью к управлению. Поэтому при проведении реконструкции аэротенков предпочтение отдается этому типу аэраторов.

Обзор работ [7-9] показывает, что проводимые мероприятия по реконструкции аэрационных систем помогают существенно сократить расходы электроэнергии и увеличить качество очистки. Приведём примеры таких реконструкций.

В рамках реконструкции очистных сооружений канализации г. Бреста (Беларусь) была произведена реконструкция аэротенков с внедрением технологии глубокого удаления биогенных элементов, установлена система аэрации с современными дисковыми мембранными аэраторами, установлены одноступенчатые управляемые редукторные турбокомпрессоры. Внедрение данных мероприятий позволило как сэкономить энергоресурсы, так и повысить качество очистки сточных вод [7].



*Рисунок 1- Аэраторы АКВА-ТОР в аэротенках на Люберецких очистных сооружениях АО «Мосводоканал» [9]*

В городе Владимир (Россия) на очистных сооружениях в ходе реконструкции на блоке удаления биогенных элементов были заменены устаревшие трубчатые аэраторы «Экотон» мембранными дисковыми аэраторами АКВА-ТОР производства «Экополимер», что позволило повысить на 30% эффективность использования кислорода и увеличить надежность работы данного блока очистных сооружений канализации. Технологическая схема с заменой аэраторов показала более высокое качество удаления биогенных элементов. Очистные сооружения после реконструкции имеют более высокую эффективность биологической очистки [8].

На Люберецких очистных сооружениях г. Москвы (Россия) была проведена замена не зарекомендовавших себя в работе аэраторов AQUASTRIP австрийского производства аэраторами АКВА-ТОР (рисунок 1), ранее проявившими себя с положительной стороны на других блоках московских очистных сооружений, позволила повысить на 30% эффективность использования кислорода, увеличить надежность работы блока, очищающего около 500 тыс. м<sup>3</sup>/сут сточных вод [9].

**Заключение.** В настоящее время существует множество различных типов аэраторов, каждый из которых имеет свои достоинства и недостатки. При выборе типа аэратора необходимо учитывать большое множество факторов, так как от правильного выбора зависит снижение энергопотребления и экологическая эффективность процесса. На основании проведенного анализа можно сделать

вывод о высокой эффективности системы аэрации очистных сооружений на основе пневматических мембранных аэраторов и о ее способности обеспечивать качественную очистку сточных вод.

### Список цитированных источников

1. Lawrence J. Pakenas, P. E. Energy efficiency in municipal wastewater treatment plants. Technology assessment. New York state, Energy research and development authority. (2012) – 24 pp.

2. Системы аэрации: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.fortex.by>. Дата доступа: 25.02.2024.

3. Аэрационные системы «Экополимер»: [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.ecopolymer.com/assets/documents/3/aeratory\\_ekopolimer.pdf](http://www.ecopolymer.com/assets/documents/3/aeratory_ekopolimer.pdf). Дата доступа: 25.02.2024.

4. Инновационная система аэрации. Wilo-Sevio AIR: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cms.media.wilo.com/cdndoc/wilo110745/811665/wilo110745.pdf>

5. Аэрационное оборудование для энергоэффективной биологической очистки: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://industpump.ru/upload/iblock/bc1/bc1e6f02a2fa5ac523a671dcc8d68214.pdf>. Дата доступа: 25.02.2024.

6. Баженов, В. И. Современные пневматические мембранные аэраторы: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://watermagazine.ru/analitika/obzori/24701-sovremennye-pnevmaticheskie-membrannye-aeratory>. Дата доступа: 25.02.2024.

7. Лукьянович, Д. Ю. Мероприятия по энергосбережению при очистке сточных вод населенных мест / Д. Ю. Лукьянович, А. А. Бурдина // Сборник тезисов научной студенческой конференции "Неделя науки – 2018" / Министерство образования Республики Беларусь, Брестский государственный технический университет ; редкол.: Н. Н. Шалобыта [и др.]. – Брест : БрГТУ, 2018. – С. 11–12.

8. Журавлев, Р. Г. Опыт модернизации системы аэрации на очистных сооружениях канализации г. Владимира: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/opyt-modernizatsii-sistemy-aeratsii-na-ochistnyh-sooruzheniyah-kanalizatsii-g-vladimira>. Дата доступа: 25.02.2024.

9. Данилович, Д. А. Опыт совершенствования и оценки эффективности аэрационных систем / Д. А. Данилович. // Водоснабжение и санитарная техника. - 2015. - № 1. - С. 38-50.

## СТЕПЕНЬ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД РАЗЛИЧНЫМИ СЛОЯМИ СЕРОЗЕМНЫХ ПОЧВ

*Мусахан А.<sup>1</sup>, Набиоллина М. С.<sup>2</sup>, Вагапова А. Р.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Магистрант, Казахский национальный аграрный исследовательский университет, Алматы, Казахстан, musakhan.ayan@gmail.com

<sup>2</sup> Ассоциированный профессор, Казахский национальный аграрный исследовательский университет, Алматы, Казахстан, nabiollina73@mail.ru

<sup>3</sup> Старший преподаватель, Казахский национальный аграрный исследовательский университет, Алматы, Казахстан, vagapova-alina@rambler.ru

### **Аннотация**

В статье рассматриваются вопросы пригодности сточных вод для орошения. В условиях сероземных почв сточные воды проникая в почву сверху вниз происходит почвенная очистка. При этом степени очистки сточных вод слоем почвы зависит, в первую очередь, от нормы нагрузки для орошения кормовых культур. Проанализированы материалы многолетних исследований использования сточных вод.

**Ключевые слова:** сточная вода, экологическая норма, оросительная норма, норма нагрузки, почва.

## THE DEGREE OF WASTEWATER TREATMENT BY DIFFERENT LAYERS OF GRAY-EARTH SOILS

*Musakhan A.<sup>1</sup>, Nabiollina M.<sup>2</sup>, Vagapova A.<sup>3</sup>*

### **Abstract**

The article discusses the suitability of wastewater for irrigation. In conditions of gray-earth soils, wastewater penetrates into the soil from top to bottom and soil purification takes place. At the same time the degree of wastewater treatment by the soil layer depends, first of all, on the load rate for irrigation of forage crops. The materials of long-term studies on the use of wastewater are analyzed.

**Keywords:** wastewater, ecological norm, irrigation norm, load norm, soil.

**Введение.** Развитие жилищно – коммунального строительства, а также развитие агропромышленного сектора, рост городов и благоустроенных населенных пунктов в Казахстане привели, к образованию огромных количеств сточных вод, создавая угрозу загрязнения окружающей природной среде. Накопление сточных вод в прудах, на полях фильтрации вблизи городов и населенной местности с частичным сбросом в открытые водоемы не решают проблему их утилизации [1].

На современном этапе, как в нашей стране, так и за рубежом, для утилизации возрастающего объема сточных вод все чаще стали использовать естественный метод очистки их на полях орошения, где максимально используются питательные элементы, содержащиеся в сточных водах для получения высоких устойчивых урожаев кормовых культур. В этом случае орошаемые поля можно рассматривать как завершающееся звено естественной очистки и обеззараживания сточных вод, что имеет социально – экологические и экономические аспекты.

**Материалы и методы.** Экологическая норма нагрузки изучается путем залива лизиметра сточными водами в различных нормах: 600 -1500 м куб. В начале отбирались сточные воды, затем отбирали анализы воды фильтрационных вод путем сравнения. Химический состав воды и фильтрата определяли степень доочистки сточных вод при различных нормах нагрузки. В опытах определяли объемную массу почвы, её водопроницаемость и наименьшую влагоемкость. Объемную массу определяли методом бурения режущего кольца, водопроницаемость – методом заливаемых площадок. Почвенные образцы отбирались ежегодно перед закладкой опыта и в конце вегетационного периода на каждом варианте и сдавались в лабораторию для химического анализа. Химический состав стоков исследовали путем отбора среднесуточных проб из карантинной емкости, и после смешивания перед каждым поливом. Анализы стоков на рН, сухой остаток, щелочность, окисляемость бихроматную, азот общий нитратный и нитритный, хлориды, сульфаты проводились по методам Ю.Ю. Лурье, и А.И. Рыбниковой [2]. Калий и натрий определяли методом пламенной фотометрии, кальция и магний – объемным комплекс метрическим методом [3].

**Результаты и обсуждение.** Наши опыты в условиях сероземных почв показали, что сточные воды проникая в почву сверху вниз оставляют в ней различные вещества, содержащиеся в себе, т.е. происходит почвенная очистка. При этом степени очистки сточных вод тем иным слоем почвы носит разный характер и зависит, в первую очередь, от нормы нагрузки. Основная очистка сточных вод происходит в горизонте почвы 0-30 см. Здесь степень очистки водорастворимых солей доходит до 79%, а азота и фосфора до 91%, по мере увеличения нормы нагрузки проявляется в меньшей степени. Высокая степень очистки отмечается в слое 0-90 см при нагрузке 1000 м<sup>3</sup>/га. Доведение нормы нагрузки до 1500 м<sup>3</sup>/га несколько снижает степень очистки в каждом рассматриваемом слое почвы. Миграция кальция и магния в нижележащие слои не желательное явление. Значительная их миграция установлена при одноразовой норме полива 1500 м<sup>3</sup>/га. Следовательно, такая величина одноразовой нормы нагрузки полей орошения в условиях темно каштановой почвы не приемлемо (таблица 1).

Тем не менее в целях охраны подземных вод от загрязнения рекомендуются поля орошения устраивать там, где грунтовые воды залегают на глубине 3-х метров [4].

**Таблица 1 - Степени почвенной доочистки сточных вод при различных нормах нагрузки (первоначальная водоподача)**

Показатели	Содержание ингредиентов, мг/л								
	НСО <sub>3</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	Ca	Mg	Na+ K	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	N	K <sub>2</sub> O
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
При норме нагрузки 600м <sup>3</sup> /га									
Исходная вода	480	160	320	80	40	306	11	30	19
В слое 0-30 см									
Фильтрат	270	106	118	50	21	160	5	12	3,8
Поглощено в %	42	34	63	34	47	48	54	60	80
В слое 0-60 см									
Фильтрат	114	60	80	35	10	85	2	4	-
Поглощено в %	76	62	75	56	75	72	81	87	100
При норме нагрузки 1000м <sup>3</sup> /га									
В слое 0-30 см									
Фильтрат	240	111	145	60	24	150	6	16	4,8
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Поглощено в %	50	31	55	25	40	51	46	47	75
В слое 0-60 см									
Фильтрат	126	80	90	42	12	80	1	6	1
Поглощено в %	74	50	72	47	70	74	91	80	95
В слое 0-90 см									
Фильтрат	91	51	45	29	9	43	-	1	-
Поглощено в %	81	68	86	64	78	86	100	98	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
При норме нагрузки 1500м <sup>3</sup> /га									
В слое 0-30 см									
Фильтрат	280	115	160	30	35	149	6	18	7,2
Поглощено в %	42	29	50	12	12	51	45	40	62
В слое 0-60 см									
Фильтрат	166	96	95	58	16	92	2	6	5,1
Поглощено в %	75	40	70	28	60	70	82	80	76
В слое 0-90 см									
Фильтрат	108	67	90	54	22	86	2	6	0,4
Поглощено в %	78	58	72	33	45	72	83	81	98

Таким образом, с увеличением мощности почвенного слоя возрастает степень очистки, а с увеличением нормы нагрузки наблюдается некоторое увеличение содержания основных компонентов в лизиметрических водах.

С целью недопущения вымывания ингредиентов сточных вод за пределы корнеобитаемого слоя (это влечет не только безвозмездную потерю питательных веществ, но и опасность загрязнения подземных вод) необходимо избегать подачи больших норм.

### Список цитированных источников

1. Зубаиров О.З. Сточные воды и использование их в сельском хозяйстве. – Алматы, 2011. – 290 с.
2. Лурье Ю.Ю., Рыбникова А.И. Химический анализ производственных сточных вод. Изд. 4-е, перераб. и доп. – М.: Химия, 1974. – 335 с.
3. Инструментальные методы исследований почв и растений. электронный учебно-методический комплекс/  
[http://www.kgau.ru/distance/2013/a2/011/02\\_02.html](http://www.kgau.ru/distance/2013/a2/011/02_02.html)
4. Зубаиров О.З., Набиоллина М.С., Кулумбетова Х. Очистительная способность сероземных почв // Гидрометеорология и экология. – Алматы, 2018. – № 4. – С. 126–131.

УДК 628.134, УДК 624.9

## ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДОНАПОРНЫХ БАШЕН

*Назарян Е. М.<sup>1</sup>, Акулич Т. И.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Студент факультета инженерных систем и экологии, БрГТУ, Брест, Беларусь, [kaktutiz@gmail.com](mailto:kaktutiz@gmail.com)

<sup>2</sup> Старший преподаватель, БрГТУ, Брест, Беларусь, [tigol1976@mail.ru](mailto:tigol1976@mail.ru)

### Аннотация

Водонапорные башни играют важную роль в обеспечении населения водой и поддержании водного баланса в системах водоснабжения. В Беларуси есть множество исторических и современных водонапорных башен, каждая из которых имеет свою историю и важность. Ведь, водонапорные башни - это не только важный элемент инфраструктуры, обеспечивающий поставку воды, но и исторические памятники, которые отражают уникальность каждого города. В статье рассмотрены истории создания водонапорных башен, которые получили новую жизнь.

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

## THE HISTORY OF CREATION AND CURRENT STATE OF WATER TOWERS

*Nazarian E. M.<sup>1</sup>, Akulich T. I.<sup>2</sup>*

## Abstract

Water towers play an important role in providing water to the population and maintaining water balance in water supply systems. There are many historical and modern water towers in Belarus, each of which has its own history and importance. After all, water towers are not only an important element of infrastructure that ensures the supply of water, but also historical monuments that reflect the uniqueness of each city. The article discusses the history of the creation of water towers that have received a new lease of life.

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

**Введение.** Водонапорные башни предназначены для регулирования напора и расхода воды в водопроводной сети, создания её запаса и выравнивания графика работы насосных станций. В период эксплуатации водонапорные башни являлись символом технического прогресса и развития, играли важную роль в жизни общества. В некоторых городах башни до сих пор используются в своих первоначальных целях, но большинство из них из-за изменения технологий водоснабжения стали ненужными. В настоящее время такие башни находятся в заброшенном состоянии и ожидают своего восстановления. Основной причиной их упадка является отсутствие финансирования для их содержания и ремонта. Во многих случаях башни были построены из дерева и кирпича, которые со временем подверглись воздействию погодных условий и разрушились. Также есть башни, которые сносили для освобождения территории для дальнейших проектных построек города. В статье рассмотрены водонапорные башни, которые на данный момент используются в инфраструктуре городов Беларуси.



*Рисунок 1 – Водонапорные башни (Гродно, Беларусь)*

**Основная часть.** В Гродно (Беларусь) расположены одни из самых известных и старых водонапорных башен в Беларуси (рисунок 1). Водонапорные башни «Кася» и «Бася», расположенные на окраине исторического центра, представляют собой две восьмигранные башни, высотой 22 м. По одной из версий, своими именами башни обязаны работницам водоканала: бухгалтеру Басе и завхозу Касе.

Строительство башен связано с началом деятельности гродненского водопровода, который начал сооружаться в 1877 году при участии «Всероссийского акционерного водного общества» [1]. Северная башня (иначе называемая западной) была возведена в 1890 году. Здание, окрашенное в розовый цвет, поделено по высоте на 6 ярусов. Башню можно отнести к неороманскому стилю. Ее фасады богато декорированы, стены украшают аркатурный пояс, тяги, полуколонны, пилястры, дентикулы и флорентийские окна. Внутри в центре башни возвышается каркас с трубами для подачи воды в резервуар, который находится на самом верхнем ярусе. Южная (иначе восточная) башня была возведена не ранее 1915 года. Башня выглядит значительно упрощённой копией первой и выполнена в духе так называемого кирпичного стиля. Здание поделено по высоте на 4 яруса. Фасад башни декорирован массивными карнизами и пилястрами, арочными и лучковыми окнами и нишами [2, 3].

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



*Рисунок 2 – Водонапорная башня (Бобруйск, Беларусь)*

В Бобруйске (Беларусь) в 1927 г. была построена краснокирпичная водонапорная башня, которая обеспечивала водой весь город (рисунок 2). Высота башни составляет 42 метра, а её вместимость – 500 кубических метров воды. Во время Великой Отечественной войны башня сильно пострадала, ее пришлось восстанавливать. В 1960 г. водонапорная башня перестала выполнять свою функцию, в ней разместилась производственная лаборатория, контролирующая качество воды. В начале 2000-х годов башню использовать перестали. Сейчас объект числится

за филиалом «Бобруйскводоканал» УПКП ВКХ «Могилевоблводоканал». Организация провела в нем реставрацию и превратила в шикарный ресторан под названием «Чырвоная вежа», который работает с 2003 года. На верхнем ярусе башне был построен витражный купол-пирамида, на котором расположена смотровая площадка. Подняться на обзорную площадку можно на стеклянном панорамном лифте, пристроенном к башне. Внутри вежи сохранили старый водонапорный механизм – стальной бак, который отлично вписался в интерьер [4, 5].



*Рисунок 3 – Водонапорная башня (Гомель, Беларусь)*

Водонапорная башня в Гомеле (Беларусь) была построена в 50-60-х годах XX века (рисунок 3). Она была построена в стиле псевдоготики, высотой 22 метра. Сооружение возведено из красного кирпича, не оштукатурено, кроме цокольного рустованного яруса. Под резервуарным помещением расположены арочные щелевидные окна. Лучше всего декорировано помещение для резервуара с водой. С внешней стороны оно отделено межэтажным карнизом, выше находятся молдинги, едва заметные неглубокие ниши или глухие оконные проемы. Резервуарное помещение также разделено на 2 яруса. Верхний ярус украшен едва заметными сейчас пилястрами. Низкий конус, укрывающий башню, завершается шпилем. В конце XX века башня перестала эксплуатироваться по назначению. Была продана частным владельцам. В 2014 году у башни появилась пристройка, стилизованная под мини-замок, в которой расположился развлекательный центр «Башня» [5, 6].



*Рисунок 4 – Водонапорная башня (Полоцк, Беларусь)*

Водонапорная башня в Полоцке была построена в 1953 году. Высота сооружения чуть больше 32 метров, диаметр - 8 метров. Вход в башню выполнен в виде двухколонного портика дорического ордера. Резервуарный объем снаружи опоясывает подкровельный карниз, а также ниже пояс кронштейнов. По окружности просматриваются щелевидные окна с арочным завершением. Декор башни дополнен лопатками, розетками, молдингами и прочими элементами декора [7].

По своему техническому назначению башня эксплуатировалась до середины 1980-х годов. В начале 1990-х годов начали проводиться работы по реставрации и приспособлению здания под музей. С северной стороны был пристроен металлический спуск с остеклённым фасадом, верхняя площадка которого используется в качестве смотровой. В 2005 году в здании бывшей водонапорной башни открылся Природно-экологический музей, который является филиалом Национального Полоцкого историко-культурного музея-заповедника [8].

В настоящее время здание бывшей водонапорной башни в Полоцке является памятником архитектуры XX века, включённым в Список историко-культурных ценностей Республики Беларусь [9].

**Заключение.** В крупных городах Беларуси использование современных насосных систем привело к исключению водонапорных башен из системы водоснабжения города. В настоящее время многие из этих башен уже длительное время не используются по прямому назначению. Однако, как показывает приведенный обзор, данные объекты после проведения реконструкции могут занять свое достойное место в инфраструктуре города, в качестве объектов общественного питания, туристических объектов, художественных мастерских и т.п. Таким образом, подобные объекты сохраняются как памятники промышленной архитектуры прошлого, подчеркнут уникальность города, что придаст городам большую туристическую привлекательность.

### Список цитированных источников

1. Водонапорные башни «Кася» и «Бася» в Гродно: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://planetabelarus.by/sights/vodonapornye-bashni-kasya-i-basya-v-grodno>. Дата доступа: 20.02.2024.
2. «Кася» и «Бася». История создания водонапорных башен в Гродно: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ctv.by/novosti-grodno-i-grodnenskoj-oblasti/kasya-i-basya-vy-znaete-pochemu-tak-nazvali-grodnenskie>. Дата доступа: 20.02.2024.
3. Водонапорные башни в городе Гродно: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://a-taurus.by/vodonapornye-bashni-grodno/?ysclid=lt2kka7iu7863052730>. Дата доступа: 20.02.2024.
4. Водонапорная башня в Бобруйске: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.holiday.by/by/skarb/1404-vodonapornaja-bashnja-v-bobrujske>. Дата доступа: 20.02.2024.
5. Старинные башни Беларуси: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://marshruting.com/2023/04/20/старинные-водонапорные-башни-беларуси/>. Дата доступа: 20.02.2024.
6. История модернизации старой водонапорной башни: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://realt.onliner.by/2018/05/17/tower-6>. Дата доступа: 20.02.2024.
7. Природно-экологический музей Полоцка в бывшей водонапорной башне: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://marshruting.com/2022/02/05/природно-экологический-музей-полоцк>. Дата доступа: 20.02.2024.
8. Природно-экологический музей: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ecology.polotsk.museum.by/>. Дата доступа: 20.02.2024.
9. Дзяржаўны спіс гісторыка-культурных каштоўнасцей Рэспублікі Беларусь: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://gosspisok.gov.by/?size=50&page=28>. Дата доступа: 20.02.2024.

УДК 001.891.57, 004.942, 696.121

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД С УЧЕТОМ ВЕРОЯТНОСТИ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ

*Никулин О. Н.<sup>1</sup>, Шиккульская О. М.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Студент, Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, г. Астрахань, Россия

<sup>2</sup>Заведующий кафедрой «Пожарная безопасность и водопользование», профессор, Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, г. Астрахань, Россия

## **Аннотация**

В статье вскрыта проблема отсутствия учета вероятности возникновения чрезвычайной ситуации и ее влияния на состояние сточных вод в реализуемых технологиях их очистки. Обоснована необходимость применения системного анализа для решения выявленной проблемы ввиду высокой степени неопределенности качественного и количественного состава вредных примесей. Разработана модель технологии очистки сточных вод с автоматизированным контролем, которая является базой для проектирования системы очистки сточных вод с учетом современных реалий.

**Ключевые слова:** очистка сточных вод, автоматизация, модель, процесс, диаграмма.

## **MODELING OF WASTEWATER TREATMENT PROCESSES CONSIDERING THE PROBABILITY OF AN EMERGENCY SITUATION**

*Nikulin O. N.<sup>1</sup>, Shikulskaya O. M.<sup>2</sup>*

### **Abstract**

The paper revealed the problem of the lack of accounting for the likelihood of an emergency and its impact on the wastewater state in the implemented technologies for their treatment. The need to use a systematic analysis to solve the identified problem is justified due to the high degree of uncertainty of the qualitative and quantitative composition of harmful impurities. A model of waste water treatment technology with automated control has been developed, which is the basis for designing a waste water treatment system taking into account modern realities.

**Keywords:** wastewater treatment, automation, model, process, diagram.

В реализуемых в настоящее время технологических схемах очистки сточных вод не предусмотрено решение проблемы дополнительного вредоносного воздействия на экологическую систему чрезвычайных ситуаций. Поэтому задача их модернизации является актуальной. Сложность задачи вследствие многообразия и разнородности факторов неопределенности по загрязнителям, обусловленная выше приведенными обстоятельствами и ограниченностью материальных и финансовых ресурсов, диктует необходимость применения системного анализа. Решению данной проблемы посвящены работы [1-3].

Кроме того, анализ разработанных ранее моделей показал, что наименее эффективными процессами такой технологии являются процессы контроля на разных стадиях очистки вследствие применения ручной технологии. В настоящее время идут по пути автоматизации контроля процессов очистки и вторичного использования очищенных сточных вод [4-7]. Для повышения эффективности процессов очистки промышленных и сточных вод целесообразно моделировать эти процессы. Такой подход позволяет повысить эффективность процессов и снизить затраты, чем обоснована актуальность данной работы.

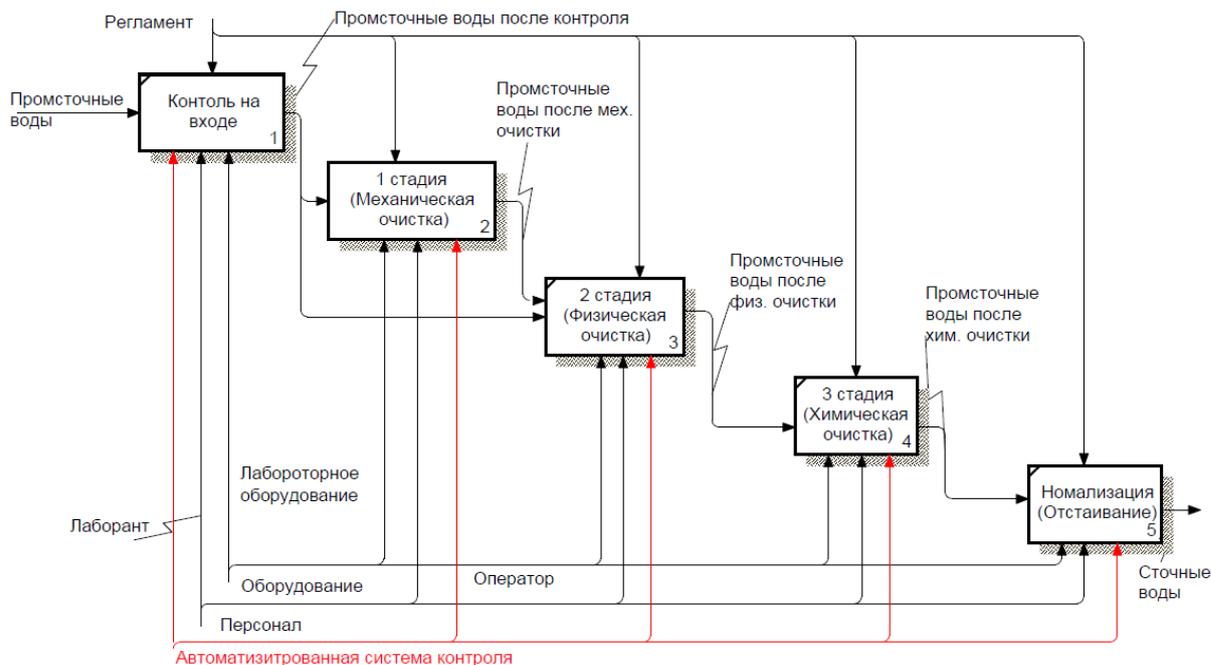
С учетом результатов анализа предметной области, разработанных моделей и современных разработок в данной области авторами спроектирована модель ТО-ВЕ технологической схемы очистки сточных вод для обеспечения безопасности жизнедеятельности в условиях ЧС, представленная в данной работе совокупностью диаграмм (рисунки 1-4).



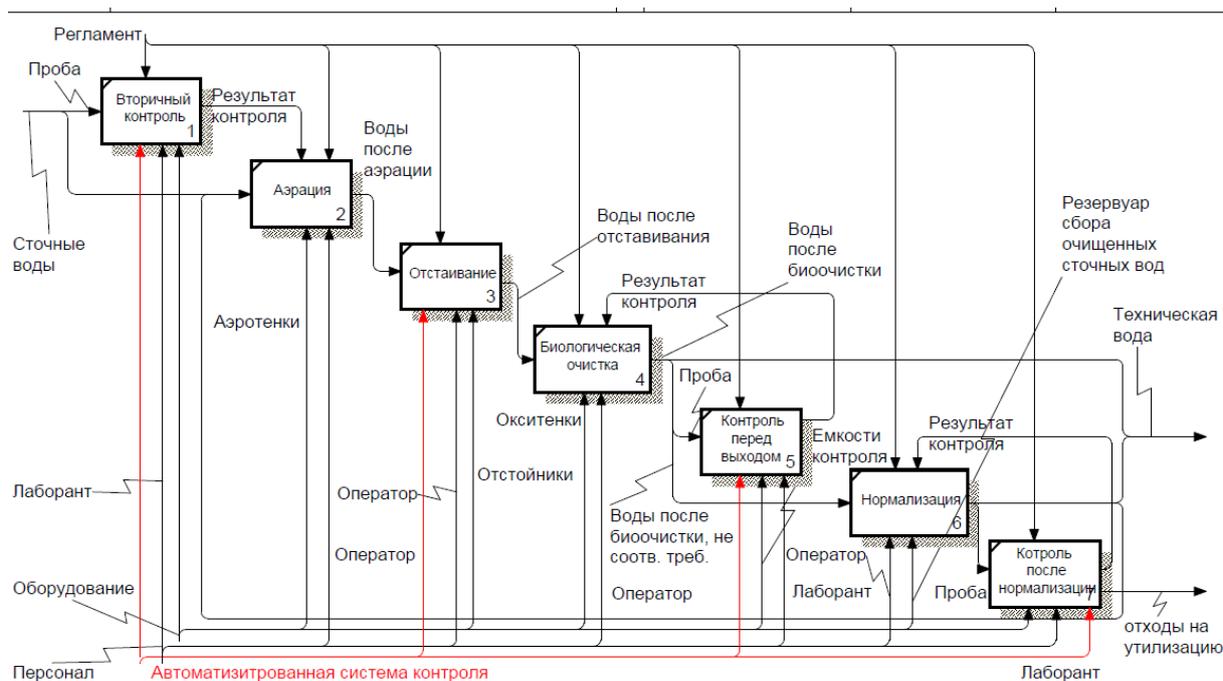
*Рисунок 1 – Диаграмма дерева узлов модели очистки сточных вод с автоматизированным контролем*



*Рисунок 2 – Контекстная диаграмма модели. Диаграмма дерева узлов модели очистки сточных вод с автоматизированным контролем*



**Рисунок 3 – Диаграмма декомпозиции процесса очистки промстоочных вод**



**Рисунок 4 – Диаграмма декомпозиции процесса очистки бытовых и поверхностных сточных вод**

Внедрение автоматизированной системы контроля с датчиками позволит скорректировать степень очистки стоков делая процесс сбалансированным и эффективным.

Реализация разработанной модели ТО-ВЕ позволит значительно повысить эффективность очистки сточных вод в городе в современных условиях.

### Список цитированных источников

1. Нань Фэн, Агаларов З. А., Шиккульская О. М. Системный анализ организации и проведения ремонта трубопроводных систем в рамках цифровизации ЖКХ // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2022. № 4 (42). С. 104–108.
2. Пазухин, С. А. Системный анализ одноступенчатой схемы очистки воды на основе функционального моделирования процессов / С. А. Пазухин, О. М. Шиккульская // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2022. – № 3(155). – С. 59-65.
3. Никулин, О.Н. Функциональное моделирование процессов очистки Смешанных сточных вод в современных условиях ДНР / Никулин О.Н., Шиккульская О.М. // Перспективы развития строительного комплекса и жилищно-коммунального хозяйства Донецкой Народной Республики: сборник тезисов докладов IV Республиканского научно-практического круглого стола (с международным участием), 24 марта 2023 г., г. Макеевка / ФГБОУ ВО «ДОННАСА». – Макеевка: ДОННАСА, 2023. – 132 с.
4. Никулин, О. Н. / Никулин О. Н. Функциональное моделирование процессов очистки смешанных сточных вод // Эффективные технологии в области водоподготовки и очистки в системах водоснабжения и водоотведения [Электронный ресурс] : материалы III Всероссийской студенческой науч.-практич. конф., Волгоград, 16—17 марта 2023 г. / под общ. ред. Е. А. Поляковой, А. А. Геращенко ; М-во науки и высшего образования Рос. Федерации, Волгогр. гос. техн. ун-т. — Электронные текстовые и графические данные (1,9 Мбайт). — Волгоград: ВолгГТУ, 2023. — 1 электрон.-опт. диск (DVD-R)., с. 52-55.
5. Shikulskaya, O. M. Information and analytical providing for research of reservoirs' state in conditions of anthropogenic pollution / O. M. Shikulskaya, M. A. Urechko, A. E. Usynina. – Текст : непосредственный // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 451. – 2018. – P. 1–6. – DOI: 10.1088/1757899X/451/1/012195.
6. Electronic classifier of natural water treatment technologies / O. M. Shikulskaya, L. V. Boronina, G. B. Abuova, A. E. Usynina. – Текст : непосредственный // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 775. – 2020. – P. 1–6. – DOI: 10.1088/1757899X/775/1/012098.
7. Оптимальная реконструкция систем водоотведения / В. Р. Чупин, И. В. Майзель, Р. В. Чупин, Т. А. Нгуен. – Текст : непосредственный // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2014. – № 5(10). – С. 86–102.

## ПРИМЕНЕНИЕ ИЗМЕЛЬЧЕННОГО БРИКЕТИРОВАННОГО ТОРФА ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ИОНОВ КАДМИЯ

*Сенчук Д. Д.<sup>1</sup>, Житенёв Б. Н.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Ассистент кафедры ВВиОВР, БрГТУ, Брест, Беларусь, senchuk.d.d@mail.ru

<sup>2</sup> Профессор кафедры ВВиОВР, БрГТУ, Брест, Беларусь, gitenev@tut.by

### **Аннотация**

В настоящее время остро стоит проблема очистки производственных сточных вод от таких токсичных металлов как кадмий, свинец, медь и др. В статье приведены результаты исследования кинетики сорбции брикетированным торфом ионов кадмия  $Cd^{+2}$ ; Установлена возможность использования брикетированного торфа в качестве эффективного сорбента для очистки сточных вод от ионов кадмия  $Cd^{+2}$ .

**Ключевые слова.** Брикетированный торф, ионы кадмия  $Cd^{+2}$ , сточные воды, диффузионная и химическая кинетика.

## APPLICATION OF GRINDED BRIQUETTED PEAT FOR WASTEWATER PURIFICATION FROM HEAVY METAL IONS

*Senchuk D. D.<sup>1</sup>, Zhitenev B. N.<sup>2</sup>*

### **Abstract**

At present, the problem of industrial wastewater treatment from such toxic metals as cadmium, lead, copper, etc. is acute. The possibility of using briquetted peat as an effective sorbent for wastewater treatment from cadmium ions  $Cd + 2$ , has been established.

**Keywords:** briquetted peat, cadmium ions  $Cd + 2$ , waste water, diffusion and chemical kinetics.

**Введение.** Одними из опаснейших стойких загрязнений водных объектов являются ионы тяжелых металлов: кадмий, свинец, медь, железо, марганец, никель и цинк. Наиболее токсичными являются кадмий и свинец. Большая часть промышленного использования кадмия приходится на защитные покрытия, которые предохраняют металлы от коррозии. Такое покрытие имеет большое преимущество перед цинковыми, никелевыми или оловянными, потому что при деформации оно не отслаивается. Сплавы кадмия с незначительными добавками меди, никеля и серебра применяют для изготовления подшипников автомобильных, авиационных и судовых двигателей. Никель-кадмиевые аккумуляторы применяются в мобильных телефонах и прочих электронных устройствах. Используется этот металл также в производстве пластика, красок, металлических покрытий.

Многие почвы, которые регулярно удобряют, также могут содержать такой токсичный металл в большом количестве. Кадмий, а также его соединения характеризуются как канцерогенные вещества [1]. Ряд исследований подтверждает загрязнение водных объектов кадмием. [2-9].

**Материалы и методы исследований.** В процессе исследований использовались физико-химические, технологические, математические методы. Эксперименты производились с использованием торфобрикетов производства торфобрикетного завода "Гатча-Осовское", расположенного в Жабинковском районе Брестской области. Брикет механическим способом гранулировали, затем рассевали через набор сит калибром 1,00 – 2,00 – 3,25 – 3,75 – 4,50 – 5,50 мм. В результате были получены образцы крупностью < 1 мм, 1,00 – 2,00 мм, 2,00 – 3,25 мм, 3,25 – 3,75 мм, 3,75 – 4,50 мм, 4,50 – 5,50 мм. Исследовалась сорбция ионов кадмия  $Cd^{+2}$ .

Эффект очистки воды от ионов кадмия  $Cd^{+2}$ , рассчитывался по формуле:

$$\mathcal{E} = ((C_1 - C_2)/C_1) \cdot 100, \%, \quad (1)$$

где  $C_1, C_2$  – соответственно массовая концентрация ионов до и после опыта.



**Рисунок 1 – Зависимость эффекта сорбции ионов  $Cd^{+2}$  от продолжительности контакта, мин.**

Кинетическая кривая сорбции представлена на рисунке 2. Адсорбционная емкость брикетированного торфа рассчитывалась по уравнению:

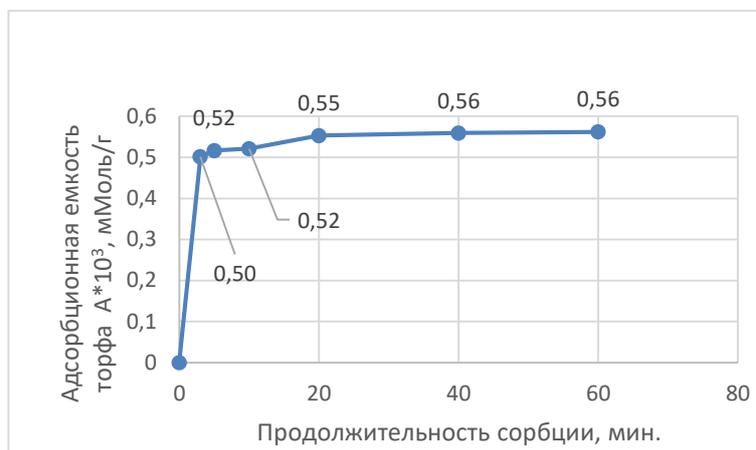
$$A = (C_1 - C_{\text{равн}}) \cdot \left(\frac{V}{m}\right) \quad (2)$$

$V$  – Объем раствора,  $дм^3$ ;

$m$  – масса навески брикетированного торфа, г;

$C_1$  – исходная концентрация ионов кадмия  $Cd^{+2}$  в растворе,  $мМоль/дм^3$ ;

$C_{\text{равн}}$  – равновесная концентрация ионов кадмия  $Cd^{+2}$  в растворе после сорбции,  $мМоль/дм^3$ .



**Рисунок 2 – Кинетическая кривая сорбции ионов кадмия брикетированным торфом**

### **Заключение.**

1. Выполнены исследования кинетики сорбции брикетированным торфом ионов кадмия  $Cd^{+2}$ ;
2. Исследовано влияние крупности зерен брикетированного торфа на эффективность сорбции, с увеличением размеров эффективность процесса несколько снижается;
3. Процесс сорбции протекает интенсивно. В течении первых 5 минут из раствора извлекается ионов кадмия  $Cd^{+2}$  91,11 %;
4. С помощью уравнений диффузионной и химической кинетики установлено, что процесс сорбции идет в диффузионном режиме, при этом вклад в общую скорость процесса вносит стадия химического взаимодействия ионов металла с функциональными группами торфа;
5. Установлена возможность использования брикетированного торфа в качестве эффективного сорбента для очистки сточных вод от ионов кадмия  $Cd^{+2}$ ;

### **Список цитированных источников**

1. <https://fb.ru/article/272329/kadmiy-vliyanie-na-organizm-cheloveka-otравlenie-tyajelyimi-metallami>, дата доступа 16.04.2020.
2. Ramirez Marco, Massolo Serena, Frache Roberto, Correa Juan A. Содержание металлов в прибрежных акваториях в местах добычи медной руды. Metal speciation and environmental impact on sandy beaches due to El Salvador copper mine, Chile. *Mar. Pollut. Bull.* 2005. 50, N 1, с. 62-72. Англ.
3. Ellwood Michael J. Цинк и кадмий в субантарктических водах к восток от Новой Зеландии. Zinc and cadmium speciation in subantarctic waters east of New Zealand. *Mar. Chem.* 2004. 87, N 1-2, с. 37-58. Англ.
4. Garcia-Hernandez Jaqueline, Garcia-Rico Leticia, Jara-Marini Martin E., Baraza-Guardado Ramon, Weaver Amy Hudson. Содержание тяжелых металлов донных отложениях и организмах в период эвтрофикации. Concentrations of heavy metals in sediment and organisms during a harmful algal bloom (HAB) at Ku Kaak Bay, Sonora, Mexico. *Mar. Pollut. Bull.* 2005. 50, N 7, с. 733-739. Англ.

5. Buck Nathaniel J., Gobler Christopher J., Sanudo-Wilhelmy Sergio A. Загрязненность речной системы. Dissolved trace element concentrations in the East River-Long Island Sound system: relative importance of autochthonous versus allochthonous sources. *Environ. Sci. and Technol.* 2005. 39, N 10, с. 3528-3537. Библ. 39. Англ.

6. Видинеева Е. М., Толкачева Г. А., Верещагина Н. Г. О тенденциях загрязнения тяжелыми металлами речных вод Чирчик-Ахангаранского бассейна. *Тр. Н.-и. гидрометеорол. ин-та Узгидромета.* 2006, N 1, с. 102-109, 168, 171-182. Рус.; рез. узб., англ.

7. Adami Gianpiero, Capriglia Lorenzo, Barbieri Pierluigi, Cozzi Federico, L Cocco Filippo, Acquavita Alessandro, Reisenhofer Edoardo. Загрязненность металлами речных донных отложений. Sediment metal contamination in a Creek flowing from a pristine to an industrial area of Trieste Province (Italy). *Ann. chim.* 2006, N 9-10, с. 601-612. Библ. 16. Англ.

8. Croisetiere Louis, Hare Landis, Tessier Andre, Duchesne Sophie. Аккумуляция кадмия моховой растительностью. Modeling cadmium exchange by an aquatic moss (*Fontinalis dalecarlica*). *Environ. Sci. and Technol.* 2005. 39, N 9, с. 3056-3060. Библ. 29. Англ.

9. Kola Heliana, Wilkinson Kevin J. Оценка поглощения кадмия зеленым водорослями. Cadmium uptake by a green alga can be predicted by equilibrium modelling. *Environ. Sci. and Technol.* 2005. 39, N 9, с. 3040-3047. Библ. 45. Англ.

УДК 628.16

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ КОАГУЛЯЦИИ С ЦЕЛЬЮ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ВОДОПОДГОТОВКИ ПРИРОДНЫХ ВОД

*Сергиевич А. С.<sup>1</sup>, Мацкович О. А.<sup>2</sup>*

*Научные руководители: Андреюк С. В.<sup>3</sup>, Волкова Г. А.<sup>4</sup>*

<sup>1</sup> Студент факультета инженерных систем и экологии, БрГТУ, Брест, Беларусь, v0011324@g.bstu.by

<sup>2</sup> Студент факультета инженерных систем и экологии, БрГТУ, Брест, Беларусь, olya.mtskvch@mail.ru

<sup>3</sup> Заведующий кафедрой водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов, БрГТУ, Брест, Беларусь, svandreuyuk@g.bstu.by

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

### **Аннотация**

В статье рассмотрен процесс коагуляции примесей воды, а также факторы, влияющие на процесс искусственного осветления и обесцвечивания природных

вод. Рассмотрены показатели качества воды из поверхностного источника с добавленными алюминийсодержащими коагулянтами дозой от 3,0 до 5,5 мг/дм<sup>3</sup>, осветленной воды после горизонтальных отстойников и после скорых фильтров.

Наибольшие трудности с проведением коагуляции наблюдаются в паводковый период, когда вода имеет низкую температуру, и когда резко возрастает количество загрязнений, при этом, соответственно, увеличивается нагрузка на водоочистные сооружения.

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

## STUDY OF COAGULATION PROCESSES WITH THE GOAL INTENSIFICATION OF WATER TREATMENT OF NATURAL WATER

*Sergievich A. S.<sup>1</sup>, Matskovich O. A.<sup>2</sup>*

### **Abstract**

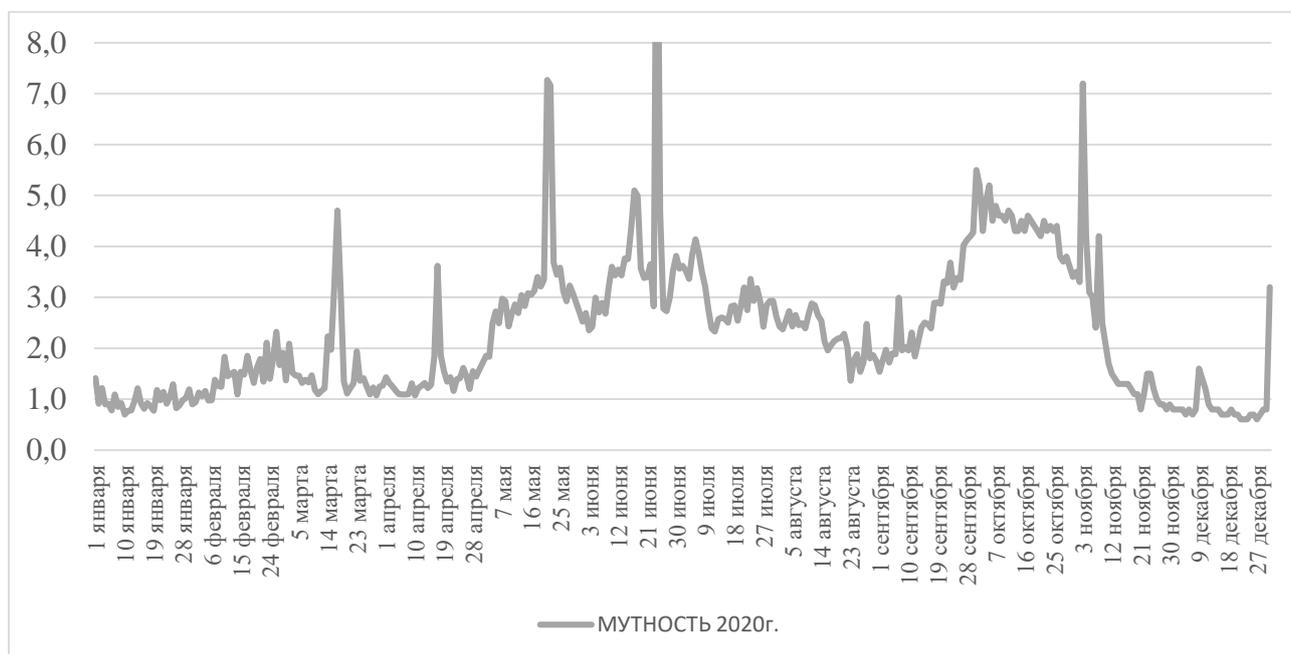
The article discusses the process of coagulation of water impurities, as well as factors influencing the process of artificial clarification and discoloration of natural waters. The quality indicators of water from a surface source with added aluminum-containing coagulants at a dose of 3.0 to 5.5 mg/dm<sup>3</sup>, clarified water after horizontal settling tanks and after rapid filters are considered. The greatest difficulties with coagulation are observed during the flood period, when the water has a low temperature, and when the amount of pollution sharply increases, and, accordingly, the load on water treatment facilities increases.

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

**Введение.** Состав поверхностных вод, в том числе водохранилищ, зависит от условий формирования (подготовка ложа, образование наносов, влекомых потоком по дну и т.д.) и источников питания. Как правило, вода водохранилищ характеризуется значительным содержанием органических веществ, наличием планктона и повышенной минерализацией в придонных слоях. Массовое развитие, отмирание клеток фитопланктона в поверхностных источниках водоснабжения ухудшает качество воды, приводит к появлению интенсивного запаха, повышению мутности и цветности воды, увеличению концентрации органических веществ, способствует выносу водорослей с водой на водопроводные очистные сооружения и увеличению «грязевой» нагрузки на сооружения.

Качество очищенной воды, подаваемой в систему питьевого водоснабжения, должно соответствовать показателям безопасности воды централизованных систем питьевого водоснабжения, установленным гигиеническим нормативом [1].

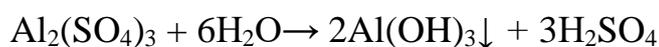
**Материалы и методы.** Коагулирование применяется для ускорения выпадения взвеси, осуществляемое путём добавления в обрабатываемую воду химических реагентов (коагулянтов), образующих хлопья, которые, оседая, увлекают за собой взвесь, содержащуюся в воде поверхностного источника водоснабжения. Показатели качества (мутность, цветность, перманганатная окисляемость, рН, запах, привкус, общая минерализация, щелочность, солевой состав, биомасса фитопланктона и др.) поверхностной воды, поступающей на станцию водоподготовки, изменяются в зависимости от сезонов года. В связи с этим, расчетные дозы реагентов устанавливают на основании инженерных изысканий для различных периодов года и корректируют в период наладки и эксплуатации сооружений, согласно п.9.3.1[2]. На рисунке 1 показано, как изменяется в поверхностной воде содержание взвешенных веществ (мутность) в течении года.



*Рисунок 1 – Изменение мутности воды, мг/дм<sup>3</sup>, по сезонам года*

Коагулянты, применяемые в технологии водоподготовки, являются солями слабых оснований и сильных кислот (Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>, FeCl<sub>3</sub>, полиоксихлорид алюминия марки «АКВА-АУРАТ™, гидроксихлорид алюминия марки «Pro-AQUA SB» и др.).

Процесс искусственного осветления и обесцвечивания воды протекает следующим образом: при добавлении к очищаемой поверхностной воде раствора коагулянта в течение первых 30–180 секунд происходит гидролиз добавленных солей алюминия или железа, и образуются коллоидные гидроксиды алюминия и железа, имеющие огромные активные поверхности:



В воде накапливаются ионы Н<sup>+</sup> и раствор приобретает кислую реакцию. Степень гидролиза повышается с разбавлением раствора, с увеличением температуры и рН.[3]

Коллоидные примеси, содержащиеся в воде, адсорбируются на поверхности частичек гидроксидов. При адсорбции следует различать два процесса: собственно адсорбцию и фиксацию (закрепление) адсорбированных коллоидов на поверхности. В первом процессе главную роль играют силы межмолекулярного взаимодействия. Адсорбция коллоидных частичек зависит от их дисперсности: она тем больше, чем выше дисперсность и чем меньше устойчивость частичек. Причины фиксации могут быть различными. Чаще всего необходимость процесса адсорбции гуминов и других коллоидных загрязнений воды на поверхности гидроксидов вызывается образованием особого рода поверхностных соединений – лаков. Большое значение в процессе фиксации адсорбированных коллоидов имеет их коагуляция вследствие разноимённости зарядов адсорбированных частичек и поверхности адсорбента. Наличие заряда у адсорбирующихся коллоидных частичек влияет на их адсорбируемость. Коагуляция частичек  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  и  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , а также связанное с этим выделение их из воды совместно с адсорбированными на их поверхности коллоидными примесями происходит под действием растворенных в воде электролитов. В связи с этим, очистка цветных вод с повышенной степенью минерализации протекает обычно лучше, чем мягких, бедных солями вод. Из описанного процесса обесцвечивания следует, что коагуляции подвергаются не коллоидные примеси воды, а образующиеся при гидролизе коагулянтов гидроксиды. Вода очищается не в результате коагуляции, а вследствие адсорбции различных коллоидных и высокомолекулярных примесей на поверхности гидроксидов. Процесс коагуляции гидроксидов фактически приводит к удалению отработанного сорбента из очищенной воды.

Очистка цветных вод с повышенной степенью минерализации протекает обычно лучше, чем мягких, бедных солями вод.

**Результаты и обсуждение.** На процесс коагуляции примесей воды оказывают влияние следующие факторы: количество взвешенных и коллоидных веществ, растворенных органических соединений; влияние рН; концентрация ионов  $\text{H}^+$  в воде; щелочность воды; анионный состав воды; температура воды; доза коагулянта и доза флокулянта; условия перемешивания; быстрота смешения коагулянта с водой и равномерность его распределения в ее объеме; содержание в воде естественных взвесей.

Был проведен анализ изменений показателя мутности исходной воды из поверхностного источника с добавленными алюминийсодержащими коагулянтами дозой от 3,0 до 5,5 мг/дм<sup>3</sup>, воды, осветленной на горизонтальных отстойниках и воды после скорых фильтров.

В холодное время года в декабре – апреле 2020 г. при мутности поверхностной воды, равной 0,69–1,64 мг/дм<sup>3</sup>, происходит снижение показателя в очищенной воде до 0,44–0,62 мг/дм<sup>3</sup>, что ниже ПДК, равной 1,5 мг/дм<sup>3</sup> (эффект очистки составил 62%). При этом за период с января до середины февраля обработка поверхностной воды коагулянтами не производилась. При этом за период июнь–октябрь при максимальной мутности исходной воды, равной 2,11–4,43 мг/дм<sup>3</sup>, происходит снижение показателя до 0,34–0,63 мг/дм<sup>3</sup> в очищенной воде (Э=86%).

**Заключение.** Для эффективной очистки воды на станциях водоподготовки проводят исследования по регулированию оптимальных условий коагулирования примесей поверхностных вод, что является важной задачей для подготовки воды, используемой для питьевых целей (выбор коагулянтов и флокулянтов, определение их доз, порядок и место ввода в обрабатываемую воду и др.).

#### **Список цитированных источников**

1. Гигиенический норматив «Показатели безопасности питьевой воды», утв. Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 25.01.2021 г., № 37.
2. СН 4.01.01-2019 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения», Минск, 2020 г., 68 с.
3. Драгинский, В.Л., Алексеева Л.П., Гетманцев С.В. Коагуляция в технологии очистки природных вод / Науч. изд. – М., 2005 г., 576 с.

УДК 628.161.3

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА РЕАГЕНТНОГО УДАЛЕНИЯ ФОСФОРА В ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД**

*Слинка Е. А.<sup>1</sup>, Каперейко Д. В.<sup>2</sup>*

*Научные руководители: Акулич Т. И.<sup>3</sup>, Андreyuk С. В.<sup>4</sup>*

<sup>1</sup>Студент факультета инженерных систем и экологии (далее ФИСЭ), БрГТУ, Брест, Беларусь, v0011222@g.bstu.by

<sup>2</sup>Студент ФИСЭ, БрГТУ, Брест, Беларусь, darkapereyko@mail.ru

<sup>3</sup>Старший преподаватель кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов, Брест, Беларусь, tigol1976@mail.ru

<sup>4</sup>Заведующий кафедрой водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов, Брест, Беларусь, svandreyuk@g.bstu.by

#### **Аннотация**

Данное исследование посвящено изучению технологий очистки городских сточных вод, специально разработанных для удаления биогенного элемента фосфора. Для оптимизации процесса очистки использовались методы математического моделирования на основе влияющих и определяющих факторов. Объектом исследования стала реагентная обработка сточных вод с применением метода планирования эксперимента. Проанализированы публикации и результаты по теме исследования. Получены квадратичные уравнения регрессии для определения зависимости остаточной концентрации фосфатов в сточных водах от условий дозирования реагентов.

**Ключевые слова:** очистка сточных вод, дефосфотация, оптимальное планирование, многофакторный эксперимент.

# THE USE OF THE REAGENT PHOSPHORUS REMOVAL METHOD IN WASTEWATER TREATMENT TECHNOLOGY

*Slinka E. A.<sup>1</sup>, Kapereyko D. V.<sup>2</sup>*

## **Abstract**

This study is devoted to the study of urban wastewater treatment technologies specifically designed to remove the biogenic element phosphorus. Mathematical modeling methods based on influencing and determining factors were used to optimize the cleaning process. The object of the study was the reagent treatment of wastewater using the experimental planning method. The publications and results on the research topic are analyzed. Quadratic regression equations have been obtained to determine the dependence of the residual phosphate concentration in wastewater on the dosing conditions of reagents.

**Keywords:** wastewater treatment, dephosphotation, optimal planning, multifactorial experiment.

**Введение.** В настоящее время одной из актуальных задач при очистке сточных вод является удаление биогенных элементов. Повышенное содержание азота и фосфора в воде водных объектов приводит к их эвтрофикации. При этом фосфор оказывает превалирующее воздействие на цветение водных объектов.

В результате очистки сточных вод биологическим методом эффективность по фосфору составляет 78-80% [1]. При этом процесс биологической очистки очень чувствительный и нестабильный, его сложно организовать при совмещении с процессами нитрификации и денитрификации. Применение химического удаления фосфора позволяет снижать его содержание на 95% (до 0,5 мг/дм<sup>3</sup>).

Целью выполненных научных исследований стало установление зависимости эффекта дефосфотации сточных вод от дозы реагента при использовании минеральных реагентов с учетом изменения условий среды. Для достижения поставленной цели ставились следующие задачи исследования:

- 1) изучить теоретические основы реагентного удаления фосфора;
- 2) изучить кинетику процесса химической дефосфотации сточных вод путем проведения исследований по подбору оптимальной дозы реагентов в зависимости от отношения концентрации реагента по металлу к исходной концентрации фосфора (соотношения Me:P);
- 3) провести исследование процесса дефосфотации при различных значениях pH и температуры.

Исследование процесса реагентного удаления фосфора сточных вод проводилось на кафедре водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов Учреждения образования «Брестский государственный технический университет» и были выполнены с учетом опыта эксплуатации действующих очистных сооружений канализации г. Бреста [2, 3].

При проведении исследований использовалась методики определения фосфатов, температуры и рН сточных вод, технологические и математические методы с учетом действующих ТНПА.

**Сущность реагентного метода дефосфотации. Применяемые реагенты, их дозы.** Сущность метода *химического удаления фосфора* из сточных вод, использованного в исследованиях, заключается в добавлении реагентов, образовании и осаждении нерастворенных соединений фосфора и вывода их с осадком.

Проведенный аналитический обзор показал, что в качестве реагентов могут применяться:

- соединения кальция (оксид кальция CaO и гидроксид кальция Ca(OH)<sub>2</sub>);
- соединения алюминия (сульфат алюминия Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>·18H<sub>2</sub>O, оксихлорид алюминия Al<sub>2</sub>(OH)<sub>5</sub>Cl и др.);
- соединения железа (хлорид железа (III) FeCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O, сульфат железа (II) FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O и др.);
- природные материалы (глины, известняк, цеолит, доломит и др.);
- отходы производства (доменный шлак, осадок водопроводных очистных сооружений).

Применение **солей алюминия** в качестве реагентов для химического удаления фосфора описывается следующей реакцией:



Требуемое количество алюминия на грамм фосфора может также быть получено из молярного отношения Al:P следующим образом: молярное соотношение Al к P - 1:1, весовое отношение Al:P = 27:31 = 0,87:1.

Применение **солей железа** в качестве реагентов для химического удаления фосфора описывается следующей реакцией:



Молярное соотношение Fe:P=1:1, весовое отношение Fe:P = 56:31 = 1,8:1.

Однако на практике для достижения более высокого эффекта дефосфотации приходится использовать большую дозу реагента, чем полученную по стехиометрическим соотношениям. При расчете это отображается коэффициентом β-фактор, входящем в формулу дозы реагента.

Доза реагента (по металлу) X<sub>Me</sub>, мг/дм<sup>3</sup>, рассчитывается из выражения:

$$X_{\text{Me}} = \beta \cdot \frac{X_{\text{P, Prec}} \cdot \text{AM}_{\text{Me}}}{\text{AM}_{\text{P}}}, \text{ мг / дм}^3, \quad (3)$$

где X<sub>P, Prec</sub> – количество фосфора, которое необходимо удалить за счет химического осаждения, мг/дм<sup>3</sup>;

AM<sub>Me</sub> – атомная масса металла, входящего в состав реагента, мг/моль, для Al – 27 мг/моль, для Fe – 56 мг/моль;

AM<sub>P</sub> – атомная масса фосфора, мг/моль, принимается 31 мг/моль.

$\beta$ -фактор – коэффициент, учитывающего превышение фактического количества реагента, требуемого для осаждения 1 моля фосфора, моль/моль, над расчетным стехиометрическим количеством.

Доза реагента (по чистому реагенту)  $D_{\text{реаг}}$ , мг/дм<sup>3</sup>, рассчитывается:

$$D_{\text{реаг}} = \frac{X_{\text{Me}} \cdot MM_{\text{реаг}}}{MM_{\text{Me}}}, \text{ мг / дм}^3 \quad (4)$$

где  $MM_{\text{реаг}}$  – молекулярная масса реагента, мг/моль, для сульфата алюминия  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$  – 666 мг/моль, для хлорида железа (III)  $FeCl_3 \cdot 6H_2O$  – 270,5 мг/моль, для сульфата железа (III)  $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$  – 562 мг/моль, для оксихлорида алюминия  $Al_2(OH)_5Cl$  – 174,5 мг/моль; ; для полиоксихлорида алюминия (реагента «Аква аурат 30») – 109,37 мг/моль.

$MM_{\text{Me}}$  – молекулярная масса металла, входящего в состав реагента, мг/моль.

На процесс химического удаления фосфора влияет ряд факторов, определяющими являются стехиометрическая доза реагента;  $\beta$ -фактор; значение рН среды; температура среды; метод осаждения; реализация процессов разделения фосфорного осадка и водной среды.

**Исследование эффективности применения минеральных реагентов для дефосфотации воды при различных условиях протекания процесса.** В рамках экспериментальных исследований процесса дефосфотации сточных вод осуществлялся подбор оптимальной дозы реагента с учетом значения рН и температуры обрабатываемой воды, а также  $\beta$ -фактора, учитывающего превышение фактического количества реагента, требуемого для осаждения 1 моля фосфора над расчетным стехиометрическим количеством [4,5].

При проведении исследований в качестве имитата загрязненной воды использовали водопроводную воду с добавкой фосфатов в количестве 10 мг/дм<sup>3</sup>. Обработка воды осуществлялась реагентом Аква Аурат 30 ( $Al_2O_3$  30%) в виде 1%-го раствора.

В таблице 1 представлены результаты влияния дозы вводимого реагента на остаточную концентрацию фосфатов при разных значениях рН при температуре сточной воды 10<sup>0</sup>С.

**Таблица 1 – Влияние рН и дозы вводимого реагента эффект удаления фосфатов при температуре 10<sup>0</sup>С**

Водородный показатель рН	Остаточная концентрация фосфатов ( $C_p$ ) и эффект удаления ( $\mathcal{E}_p$ ) при $\beta$ -факторе					
	1		1,5		2,0	
	$C_p$ , мг/дм <sup>3</sup>	$\mathcal{E}_p$ , %	$C_p$ , мг/дм <sup>3</sup>	$\mathcal{E}_p$ , %	$C_p$ , мг/дм <sup>3</sup>	$\mathcal{E}_p$ , %
6,5	3,20	68	2,11	78,9	1,22	87,8
7,5	3,12	68,8	1,98	80,2	1,46	85,4
8,5	3,00	70	2,00	80	1,55	84,5

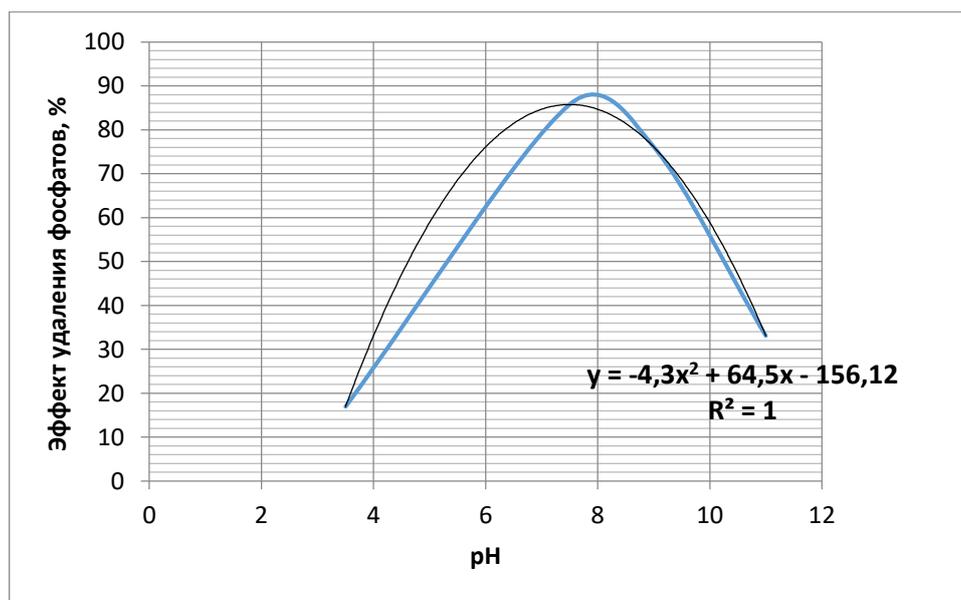
Также опытным путем устанавливалось влияние дозы вводимого реагента на остаточную концентрацию фосфатов при разных значениях температуры при рН сточной воды 6,5. Результаты представлены в таблице 2.

**Таблица 2 – Влияние температуры и дозы вводимого реагента эффект удаления фосфатов при рН 6,5**

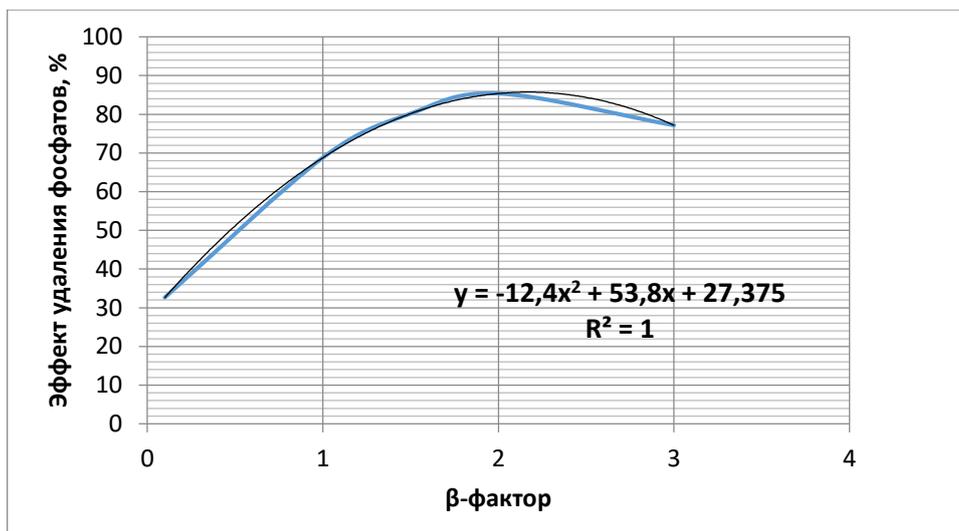
Температура, °С	Остаточная концентрация фосфатов ( $C_p$ ) и эффект удаления ( $\mathcal{E}_p$ ) при $\beta$ -факторе					
	1		1,5		2,0	
	$C_p$ , мг/дм <sup>3</sup>	$\mathcal{E}_p$ , %	$C_p$ , мг/дм <sup>3</sup>	$\mathcal{E}_p$ , %	$C_p$ , мг/дм <sup>3</sup>	$\mathcal{E}_p$ , %
10	3,20	68	2,11	78,9	1,22	87,8
15	2,94	70,6	1,85	81,5	0,98	90,2
20	2,46	75,4	1,74	82,6	0,85	91,5

Для установления оптимальных значений параметров реагентной дефосфотации была разработана математическая модель данного процесса, которая позволяет подобрать оптимальную дозу коагулянта в зависимости от отношения концентрации реагента по металлу к исходной концентрации фосфора ( $\beta$ -фактор) при различных значениях водородного показателя рН и температуры обрабатываемой среды [6].

Анализ уравнения по определению  $C_{ост}$  в зависимости от рН,  $\beta$ ,  $t$ , выполненный с использованием свойства функции, имеющей экстремум, позволил установить, что минимальная остаточная концентрация фосфатов в процессе реагентной очистки сточных вод достигается при определенных значениях исследованных факторов, при этом наибольшее влияние на эффект очистки оказывают  $\beta$ -фактор и рН среды (рисунки 1,2).



**Рисунок 1 – Влияние параметра рН на эффективность удаления фосфатов при температуре воды  $t=9,5$ , °С, и  $\beta$ -факторе=2,17**



**Рисунок 2 – Влияние  $\beta$ -фактора на эффективность удаления фосфатов при параметре  $pH=7,5$  и температуре воды  $t=9,5^{\circ}C$**

Оптимальная доза реагента «Аква Аурат 30» (по металлу)  $X_{Me}$ , мг/дм<sup>3</sup>, рассчитанная из выражения (3), составила:

$$X_{Me} = 2,17 \cdot \frac{10 \cdot 27}{31} = 18,9 \approx 19 \text{ мг / дм}^3.$$

Оптимальная доза реагента «Аква Аурат 30» (по чистому реагенту)  $D_{реар.}$ , мг/дм<sup>3</sup>, рассчитанная из выражения (4), составила:

$$D_{реар.} = \frac{18,9 \cdot 109,37}{27} = 76,6 \text{ мг / дм}^3.$$

**Заключение.** По результатам экспериментальных и расчетных данных установлены зависимости остаточной концентрации фосфатов от дозы алюминийсодержащего реагента при различных параметрах среды.

При проведении исследований по обработке модельного раствора с концентрацией фосфатов 10 мг/дм<sup>3</sup> реагентом Аква Аурат 30 установлено:

- с увеличением дозы коагулянта (увеличение значения  $\beta$ -фактора) достигается эффект очистки от 68 до 91,5%;
- максимальный эффект удаления фосфатов находится при pH в пределах 6,5-7,5;
- эффективность дефосфатации с ростом температуры увеличивается, максимальный эффект имеет место при температуре 20<sup>0</sup>С.

Разработана математическая модель данного процесса, которая позволяет установить оптимальные значения параметров реагентной дефосфатации. Установлена оптимальная доза коагулянта в зависимости от отношения концентрации реагента по металлу к исходной концентрации фосфора ( $\beta$ -фактор) при различных значениях водородного показателя pH и температуры обрабатываемой среды, которая составляет  $X_{Me}=19$  мг/дм<sup>3</sup>.

### Список цитированных источников

1. Мешенгиссер, Ю. М. Ретехнологизация сооружений очистки сточных вод / Ю. М. Мешенгиссер. – М.: ООО «Издательский дом «Вокруг цвета», 2012. – 211 с.
2. Яловая, Н.П. Анализ и прогноз расходов и нагрузок сточных вод, поступающих на очистные сооружения канализации города Бреста / Н.П. Яловая, В.А. Бурко, // Перспективные методы очистки природных и сточных вод : сборник статей рег. научно-технической конференции, Брест, 26 сент. 2019 г. / редкол.: С.Г. Белов [и др.]. – Брест : БрГТУ, 2019. – С. 74–76.
3. Каперейко, Д. В. Анализ эффективности работы городских канализационных очистных сооружений / Д. В. Каперейко, А. А. Хведченя, Я. В. Полещук // Актуальные проблемы строительства, ЖКХ и техносферной безопасности : сб. науч. тр. по материалам IX Всероссийской (с междунар. участием) науч. техн. конф. / сост. В.В. Корунчикова, Л.С. Новопольцева; под ред. И.С. Белюченко. – Краснодар : КубГАУ, 2022.
4. Андреюк, С. В. Технологическое моделирование процесса реагентного удаления фосфора из сточных вод / С. В. Андреюк, Т. И. Акулич, Е. С. Гогина, Д. В. Каперейко // Вестник Брест. гос. техн. ун-та. – 2022. – № 3 (129). – С. 2–4. – DOI: 10.36773/1818-1112-2022-129-3-2-4.
5. Каперейко, Д. В. Исследование процесса дефосфотации сточных вод реагентным методом / Д.В. Каперейко, А.И. Морозова // Сборник статей лауреатов и авторов научных работ, получивших первую категорию по итогам XXIX Республиканского конкурса научных работ студентов – Минск: БГУиИР, 2023 – С.78.
6. Андреюк, С. В. Моделирование процессов водоподготовки и водоочистки в системах водоснабжения и водоотведения / С.В. Андреюк, Б. Н. Житенев, Т. И. Акулич, Д.В. Каперейко // Водохозяйственное строительство и охрана окружающей среды : сб. статей Междунар. науч.-практ. конф. / Брест. гос. техн. ун-т ; редкол.: А. А. Волчек [и др.] ; науч. ред. А. А. Волчек, О. П. Мешик. – Брест : БрГТУ, 2023. – С. 4-10.

УДК 628.35

## СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД. МЕТОД МЕМБРАННОЙ ОЧИСТКИ

*Шпигун А. В.<sup>1</sup>, Антонюк Е. К.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Студент факультета инженерных систем и экологии, БрГТУ, Брест, Беларусь, shpiguнаlesya@mail.ru

<sup>2</sup>Старший преподаватель кафедры инженерной экологии и химии, БрГТУ, Брест, Беларусь, elantik@yandex.ru

## **Аннотация**

Целью очистки сточных вод является удаление из них загрязняющих веществ и получение стоков, пригодных для сброса в окружающую среду или же для повторного использования. На сегодняшний день в мире существует множество способов очищения сточных вод. Современные методы очистки позволяют более эффективно и качественно очищать стоки. Одним из самых эффективных из них является мембранная очистка. Что же представляет собой метод мембранной очистки?

**Ключевые слова:** сточные воды, очистка, мембрана.

## **SOVREMENNYYE METODY OCHISTKI STOCHNYKH VOD. METOD MEMBRANNOY OCHISTKI**

*Shpigun A. V.<sup>1</sup>, Antonyuk E. K.<sup>2</sup>*

### **Abstract**

The purpose of wastewater treatment is to remove pollutants from it and obtain wastewater suitable for discharge into the environment or for reuse. Today in the world there are many methods of wastewater purification. Modern treatment methods make it possible to clean wastewater more efficiently and efficiently. One of the most effective of these is membrane purification. What is a membrane purification method?

**Keywords:** wastewater, purification, membrane.

**Введение.** Мембранное очищение – один из эффективных методов очистки сточных вод. Это способ очистки, основанный на использовании специальных полупроницаемых мембран и перегородок. Данные мембраны и перегородки позволяют очистить сточные воды от различных частиц и веществ за счет наличия в них специальных отверстий. Данный способ позволяет качественно очистить стоки вплоть до получения практически чистых вод.

**Результаты и обсуждение.** Основным элементом мембранного фильтра, естественно, является сама мембрана. Она выполнена из синтетического материала и имеет в себе отверстия различного размера. За счет данных отверстий, называемых порами, осуществляется очищение воды от различного рода примесей. Через мембрану просачиваются лишь те частицы, диаметр которых меньше диаметра отверстий в мембране. Таким образом, все загрязняющие вещества остаются с внешней стороны мембраны, а очищенная вода проходит сквозь нее.

Есть то, что отличает мембранный способ очищения от других. Это разделение продуктов в общем потоке стоков без осаждения загрязнений, которые закупоривают рабочую поверхность фильтра. Дело в том, что в данном случае предусмотрена такая схема движения, при которой одна часть воды проходит через фильтр, в то время как другая смывает различные загрязнения с его поверхности. Узел фильтра оснащен одним входом и двумя выходами.

Мощность мембранного фильтра зависит от перечня определенных факторов. Основными из них являются: площадь поверхности фильтра, степень загрязненности стоков, толщина мембраны, давление.

Естественно, данный метод, как и все методы в принципе имеет как свои преимущества, так и свои недостатки. Основных достоинств у данного способа очищения стоков два:

- очищение воды без осаждения загрязнений на фильтре;
- фильтрация стоков при температуре окружающей среды.

Основным же недостатком мембранного очищения сточных вод является концентрационная поляризация. За счет нее в непосредственной близости от места разделения образуется концентрат загрязнений. Он же со временем приводит к ухудшению селективности и проницаемости перегородки.

Какие же бывают виды мембранного очищения сточных вод?

Специалисты выделяют пять различных способов очистки сточных вод при участии мембранных установок, из них:

- обратный осмос (при данном способе к раствору прикладывается давление, большее его осмотического давления, вследствие чего растворитель проходит через мембрану);

- ультрафильтрация (в данном случае перетекание сточных вод обеспечивается за счет давления и различия молекулярных масс и размеров компонентов разделяемой жидкости);

- микрофильтрация (данный способ применяется для очистки взвесей и коллоидных растворов, которые разделяются посредством применения давления);

- диализ (способ заключается в различии скорости диффузии различных веществ, для осуществления которой требуется градиент концентрации);

- электродиализ (способ с говорящим названием, в процессе которого ионы растворенного в воде вещества проходят через фильтр под воздействием электрического тока).

Какие виды мембран бывают?

Мембраны можно разделить на различные виды исходя из размера пор в них. По данному критерию мембраны делятся на четыре вида:

- мембраны микрофильтрации (размер пор в данных мембранах от 0,1 до 1,0 микрометра, они используются для очищения от коллоидных частиц и тонкодисперсных примесей);

- мембраны ультрафильтрации (размер пор данных мембран от 0,02 до 0,1 микрометра, они используются для очищения от коллоидных частиц, молекул высокомолекулярных загрязнений, водорослей и так далее);

- мембраны нанофильтрации (размер пор от 0,001 до 0,02 микрометра);

- обратноосмотические мембраны (размер пор до 0,001 микрометра).

Чем меньше размер пор в мембранах, тем большее требуется рабочее давление для разделения стоков.

Для чего используются определенные виды мембран?

Мембраны микрофильтрации используются, в основном, для очищения воды от разного рода мути. Мембраны ультрафильтрации используются для очищения вод от различных механических примесей. При этом сохраняется солевой состав вод.

Нанофильтрация вод используется для очищения их от ионов тяжелых металлов и хлорорганических веществ. Солевой состав вод меняется лишь в незначительной мере.

Благодаря обратноосмотической фильтрации возможно получить практически чистую воду. В составе остаются лишь некоторые соли и газы, вода опресняется на 97%. Данный метод больше всего распространен в фармацевтике.

**Заключение.** Развитие современных методов очистки позволяет более качественно очищать стоки, а значит получать по итогу более чистые и пригодные для повторного использования воды. Очистка вод позволяет сохранять человеческое здоровье, ведь они могут иметь в своем составе различные вредные химические вещества, тяжелые металлы, бактерии и прочее, что может негативно отразиться на здоровье. Очистка сточных вод положительно влияет на состояние окружающей среды. Попадание неочищенных сточных вод в окружающую среду чревато печальными последствиями за счет наличия в них вредных веществ. Данные вещества могут вызывать гибель животных, рыб и растений, поэтому очистка сточных вод здесь играет важную роль. Также очистка стоков имеет экономическую эффективность, ведь она дает возможность использовать воды повторно, что позволяет экономить водные ресурсы нашей планеты, а также средства на их добычу. Поэтому развитие и использование современных способов очистки сточных вод очень важно.

#### **Список цитированных источников**

1. Принцип работы мембранного метода очистки сточных вод: [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://howseptik.com/vodostok/membrannaya-ochistka-stochnyx-vod.html> – Дата доступа: 23.02.2024.

## **СЕКЦИЯ 2**

### **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ИНЖЕНЕРНЫЕ АСПЕКТЫ ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

## АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ РЕЧНОГО СТОКА И ОСОБЕННОСТЕЙ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА РЕК БАССЕЙНА Р. СЫРДАРΙΑ

*Ахметова М.<sup>1</sup>, Жакупова Ж. З.<sup>2</sup>, Саркынов Е. С.<sup>3</sup>, Мешик О. П.<sup>4</sup>*

<sup>1</sup> докторант кафедры «Водные ресурсы и мелиорация», НАО «Казахский национальный аграрный исследовательский университет», Алматы, Казахстан,

<sup>2</sup> PhD, ассоциированный профессор кафедры «Водные ресурсы и мелиорация», НАО «Казахский национальный аграрный исследовательский университет», Алматы, Казахстан, zhakupova.zhanar@kaznaru.edu.kz

<sup>3</sup> к.т.н., профессор кафедры «Аграрная техника и механическая инженерия», НАО «Казахский национальный аграрный исследовательский университет», Алматы, Казахстан, yerbol.sarkynov@kaznaru.edu.kz

<sup>4</sup> к.т.н., доцент, декан факультета инженерных систем и экологии, БрГТУ, Брест, Беларусь, omeshik@mail.ru

### **Аннотация**

При проведении исследования использованы ряды данных гидрометеорологических наблюдений (фондовые фактические материалы РГП «Казгидромет»).

В основе научного исследования – учет современного и будущего (в ближайшие 20-летия) состояния водных ресурсов, современного уровня водопользования, учет рисков от неблагоприятных гидрологических явлений.

**Ключевые слова:** строение поверхности, водосбор, рассматриваемая территория, климатические факторы, формирование стока, снежный покров, гидрографическая сеть, характеристика, гидрологический режим рек, гидрологическая изученность территории

## ANALYSIS AND ASSESSMENT OF THE NATURAL CONDITIONS OF RIVER FLOW FORMATION AND THE PECULIARITIES OF THE HYDROLOGICAL REGIME OF THE RIVERS OF THE SYRDARYA RIVER BASIN

*Akhmetova M.<sup>1</sup>, Zhakupova Zh. Z.<sup>2</sup>, Sarkynov E. S.<sup>3</sup>, Meshik O. P.<sup>4</sup>*

### **Abstract**

The data series of hydrometeorological observations were used in the study ([https://www.kazhydromet.kz/ru /](https://www.kazhydromet.kz/ru/)).

The scientific research is based on taking into account the current and future (in the next 20 years) state of water resources, the current level of water use, and taking into account the risks from adverse hydrological phenomena.

**Keywords:** surface structure, catchment area, the territory under consideration, climatic factors, runoff formation, snow cover, hydrographic network, characteristics, hydrological regime of rivers, hydrological study of the territory

**Введение.** Рассматриваемая в работе территория простирается вдоль нижнего течения р. Сырдарии в пределах Южно-Казахстанской и Кызылординской областей Казахстана, включая Шардаринское водохранилище, Аральское море. Долина р. Сырдарии имеет общее направление с юго-востока на северо-запад. На севере границей зоны служат юго-западные склоны хребта Каратау, пески Приаральские Каракумы и Малые Барсуки, на юге – пески Кызылкум и Жуванкум.

Общая площадь бассейна р. Сырдарии точно не определяется, так как в нижнем течении она протекает по равнинным пространствам, где линия водораздела не выражена. Площадь же горной части бассейна (до поста Тюмень-Арык) составляет 219 000 км<sup>2</sup>.

Северная часть бассейна находится в умеренном, а южная – в субтропическом (теплом) континентальном климатическом поясах. Основной водосборной частью бассейна Сырдарии являются западная половина Тянь-Шанской горной системы и северные склоны Алайского и Туркестанского хребтов.

**Материалы и методы.** Среди подходов и методов, предлагаемых к решению поставленных задач, в качестве основных использованы: многомерный статистический анализ; корреляционные зависимости; метод географической аналогии; системный метод; сравнительный метод; количественный (математический) метод; статистический метод; картографический метод. Метод компьютерной обработки информации и логического моделирования; концепция устойчивого развития; способы и приемы определения антропогенных нагрузок на водные объекты.

#### *Основные черты рельефа*

Бассейн реки состоит из двух существенно различных по рельефу частей: горной области, где формируется основная часть речного стока, и равнинных пространств. Последние поверхностного стока в русло Сырдарии почти не дают, особенно в нижнем ее течении, где прилегающая к реке местность имеет уклон от русла реки в стороны.

Широтная зональность нарушается наличием горного и особенно высокогорного рельефа, вызывающего появление высотной зональности, которая в свою очередь определяет условия увлажнения и режим речного стока. Главными орфографическими элементами горной части описываемого бассейна являются вытянутые хребты и разделяющие их долины. В месте стыка высокогорных поднятий Акшийрак и Терскей-Алатау с ледника Петрова берет начало р. Кумтор, являющаяся истоком р. Сырдарии. Отсюда на запад хребты узким веером расходятся и понижаются, увеличивая тем самым размеры межгорных впадин и долин.

В горной области бассейна Сырдарии могут быть выделены две существенно различные части: восточная и западная. Восточная часть занята бассейном р. Нарын, ограниченным с запада гребнем Ферганского и Атонайского хребтов. Она построена только высокогорными хребтами, замкнутая, высокая постепенно

сужается и повышается к востоку. Хребты возвышаются здесь до 5100 м, разделены широкими замкнутыми долинами и впадинами, соединяющимися между собой узкими и глубокими ущельями. Гребни большей части хребтов имеют сглаженные или столообразные формы и небольшое относительное превышение над дном долины. Средняя высота водосборов изучаемых рек этой части бассейна 2800 – 3600 м над уровнем моря.

Центральная часть бассейна р. Нарын длиной около 300 км, имеющая на востоке высоту 2300 м и понижающаяся на запад к выходу в Ферганскую долину до 800 м, представлена в виде трех обширных (до 25-90 км шириной) котловин – Нарынской, Тогуз-Торауской и Кетмень–Тюбинской, соединяющихся между собой сравнительно узкими проходами (ущельями). Значительная часть дна этих котловин выглядит как волнистая равнина, занятая по периферии слившимися конусами выноса многочисленных небольших рек, стекающих с гор с долину р. Нарын, пересекающую все эти котловины. В ряде мест предгорной части котловин развит рельеф адырного типа (бедленд) на пестроцветных третичных засоленных отложениях. Значительные площади дна котловин заняты современной террасированной долиной р. Нарын, останцами в виде отдельных гряд и мелкосопочником.

Южную часть бассейна р. Нарын образуют две межгорные котловины – Атбашинская (бассейн р. Атбаша) и Арпинская (верховья р. Алабуга). Первая из них имеет длину до 200 км и ширину до 30-40 км, западный и восточный края её находятся на высоте около 3000 м, а в середине, у выхода р. Атбаша в долину р. Нарына, она понижается до 2000 м. Окружающие эту котловину гребни гор имеют вершины с отметками до 4800 м. Предгорья северной стороны котловины имеют рельеф типа бедленд, а по южному краю её простирается пролювиальная равнина.

Северная часть бассейна р. Нарына, дренируемая р. Кекемерен, представлена также в виде двух обширных межгорных впадин – Сусамырской и Джумгольской. Общая длина их 230 км, ширина по дну до 40-60 км. Находятся эти впадины на высоте более 2000 м. Дно их – волнистая равнина из слившихся конусов выноса, с отдельными останцами в виде гряд и округлых платообразных поверхностей высотой 500-700 м.

Западная, большая, половина горной части бассейна Сырдарии включает в себя Ферганскую долину, Ахангаран – Чирчик – Келеский район и юго-западные склоны хребта Каратау. Основные горные хребты здесь, ограничивающие бассейн с юга и с севера, с продвижением на запад расходятся и, постепенно понижаясь, переходя в равнины. Между отрогами, отходящими от основных хребтов, образуется большое число долин, открытых главным образом на запад и юго-запад. Большая часть склонов этой части водосбора Сырдарии оказывается наветренной для западных и юго-западных влагоносных воздушных масс и поэтому они, как правило, получают в несколько раз больше осадков, чем склоны гор восточной части бассейна. По этой причине реки западной половины бассейна Сырдарии оказываются более многоводными.

Низкогорный рельеф характеризуется чередованием относительно невысоких горных образований с округлыми очертаниями, бесчисленных оврагов,

долин, ущелий и котловин. Водораздельные пространства здесь пологоволнистые, часто с россыпями камней, поднимаются до высоты 1500-1800 м.

#### *Геологическое строение*

Река Сырдария в пределах территории Казахстана приурочена к Сырдаринской депрессии. Прибрежная территория Шардаринского водохранилища сложена отложениями четвертичного, третичного и мелового возрастов.

От плотины на протяжении 6 км правый берег сложен красно – цветными и светло – зелеными глинами с включением песчаников. Дальше в полосе до 15 км породы представлены супесями и суглинками с линзовидными прослоями тонкозернистых песков. Остальные 70 км береговой линии представлены Ташкентским комплексом (супеси легкие, суглинки лессовидные) с общей мощностью от 5-20 и более метров. Левый берег водохранилища от плотины до Арнасайского лога представлен песками эолового происхождения мощностью до 30-35 м, правым берегом водохранилища является равнина Голодной степи, сложенная супесями, легкими лессовидными суглинками с редкими прослоями тонкозернистых песков. Мощность отложений до 40 м.

На всем протяжении реки от Шардаринского водохранилища и до Аральского моря русло реки, в основном, сложено супесями до глубины 3-5 м, подстилаемые мелкозернистыми песками. Мощность слоя песков изменяется от 3-5 до 120-200 м. Наибольшая мощность этих песчаных отложений наблюдается в Арысь – Туркестанском прогибе (от ж-д ст. Туркестан и до г. Кызылорды). В районе городов Ленинска и Казалинска четвертичные отложения имеют небольшую мощность от 3 до 10-20 метров, которые подстилаются глинистыми песками, гравийными галечниками. Песчаный слой лежит на глинах, являющихся региональным водоупором.

На отдельных участках правого берега реки от Шардаринского водохранилища на длину до 100 км от станции Тюратам и до ст. Байхожи, а также в прибрежной полосе Аральского моря русло реки врезано в неоген – палеогеновые глины, а в районе Ленинска и до урочища Жиирма в меловые отложения, представленные глинистой толщей с прослоями песков и песчаников. Мощность туронских отложений колеблется от 60 до 120 м.

Своеобразие и характерные особенности дневной поверхности территории Приаралья обусловлены тем, что она расположена в центре Туранской плиты. Основная площадь занята равнинами различного генезиса с абсолютными отметками поверхности 60-320 м и общим уклоном в сторону Аральского моря. Снижение его уровня привело к формированию вдоль берегов и вокруг островов песчано-глинистой равнины, плоская поверхность которой, с абсолютными отметками 40-60 м, осложнена сорово-дефляционными понижениями и положительными формами эолового микрорельефа.

В целом подземные воды четвертичных отложений безнапорные. Небольшие местные напоры обусловлены наличием глинистых прослоев. Глубины залегания подземных вод самые разнообразные и зависят от рельефа местности и удаленности от зоны влияния поверхностных водотоков.

В геолого-тектоническом отношении весь бассейн Аральского моря занимает центральную и юго-восточную часть Туранской плиты и расположен в области

сочленения двух типов структур – субмеридианальной Уральской и субширотной Тяньшаньской. Палеозойский фундамент, выходящий на поверхность земли по границам бассейна в районах горных сооружений, залегает на глубинах до 1,5 км под акваторией моря.

Район Приаралья в гидрогеологическом отношении представляет собой разнорядковую систему артезианских бассейнов. В разрезе эта гидродинамическая система включает несколько водоносных комплексов, разделенных слабопроницаемыми глинистыми отложениями.

Сырдаринская аллювиальная равнина широкой полосой (до 100 км) простирается вдоль р. Сырдарии с небольшим уклоном на северо-запад. С поверхности она сложена песчаными, супесчано-глинистыми и глинистыми аллювиальными отложениями четвертичного возраста, мощностью 10-30 м, местами более. Здесь отмечаются один выдержанный водоносный горизонт, приуроченный к песчаным и песчано-глинистым отложениям. Основное направления движения грунтовых вод совпадают с уклоном поверхности равнины. Местами, где Сырдария течет на возвышенных участках, движения грунтовых вод направлена в глубь аллювиальной равнины. Формирование грунтовых вод происходит за счет фильтрации поверхностных вод из реки, ирригационных каналов и отчасти атмосферных осадков. Глубина их залегания изменяется от 1 до 30 и более метров.

Наибольшее распространение получили аллювиальные и аллювиально-пролювиальные: пески, гравийно-галечники, валуны, суглинки, супеси, реже глины, конгломераты, песчаники. Значительные площади в Приаралье заняты эоловыми песками: Большие и Малые Барсуки, Приаральские Каракумы, Кызылкумы. Морские отложения представлены преимущественно илами, глинами. Общая мощность верхнеэоцено-четвертичных отложений изменяется от 20 до 800 м при общей тенденции уменьшения ее с юго-востока на северо-запад. Мощность водовмещающих отложений колеблется в пределах от нескольких метров до 250 м. Фильтрационные свойства характеризуются величинами водопроводимости от 50 м<sup>2</sup>/сут в Приаралье до 4000-8000 м<sup>2</sup>/сут в пределах Арысского и Приташкентского артезианских бассейнов второго порядка.

На территории орошаемых массивов, расположенных в долине р. Сырдарии, отмечается непрерывный подъем уровней грунтовых вод в многолетнем разрезе. При неглубоком залегании уровня подземных вод (менее 10 м) и последующем быстром его подъеме до критической глубины начинается интенсивное испарение, которое замедляет темпы дальнейшего подъема, а затем наступает момент относительной его стабилизации. При относительно глубоком (более 10 м) залегании уровня грунтовых вод (Чиилинский, Арыс-Туркестанский массивы) орошение привело к заполнению свободной емкости и увеличению мощности горизонта подземных вод на 3-5 м не только в районе самих орошаемых массивов, но и на удалении 30-40 км от них. Вследствие этого произошло увеличение ресурсов подземных вод на значительной территории.

В центральной части региона в процессах формирования подземных вод основную роль играет рассредоточенное по площади перетекание через слабопроницаемые отложения, а также концентрированная разгрузка по зонам тектонических нарушений.

В регионе нет единой четко выраженной области питания и разгрузки. На протяжении всего пути движения подземных вод эти процессы чередуются. Роль Аральского моря как основного базиса разгрузки подземных вод невелика. Подземный сток в Арал составляет лишь десятую часть от суммы естественных ресурсов подземных вод.

#### *Климатические условия*

Климат рассматриваемой территории отличается засушливостью и большой континентальностью. Для такого климата характерны продолжительное жаркое лето, холодная для данных широт зима, значительная годовая и суточная амплитуда колебания температуры воздуха, большая сухость воздуха, малая облачность, скудность осадков при неравномерном их распределении в году и незначительный снежный покров.

Важно отметить, что за последние 20-30 лет произошли некоторые изменения в климатических условиях прилегающей к Аральскому морю территории (в пределах около 100 км), которые объясняются, с одной стороны, глобальным изменением климатических условий, и с другой стороны, влиянием понижения уровня Аральского моря на климат прибрежной зоны.

В результате научных проработок установлено, что снижение уровня моря отразилось на влажности воздуха, термическом режиме, облачности, скорости и направлении ветра.

В районе г. Аральска деградация моря сказалась на повышении температуры воздуха в летнее время в среднем на  $0.5^{\circ}\text{C}$ , на понижении относительной влажности воздуха в июне-августе на 10-12 %. С ростом энергетического потенциала атмосферы произошло увеличение максимальной скорости ветра в среднем на 4.5 м/с.

Среднегодовая температура воздуха в среднем за период в рассматриваемом районе изменяется от  $13.9^{\circ}\text{C}$  на юге до  $8.0^{\circ}\text{C}$  в районе Аральского моря.

Холодный период начинается в ноябре и кончается в конце марта, самая низкая температура в январе от минус  $25.4^{\circ}\text{C}$  на севере до минус  $6.1^{\circ}\text{C}$  на юге. Безморозный период длится от 170 до 190 дней. Самый теплый месяц – июль (среднемесячная температура доходит до  $31^{\circ}\text{C}$ ). Среднее количество осадков колеблется от 116 мм в районе Шиили до 110 мм около Аральского моря и 244 мм в районе Шардары.

Дождевые осадки преобладают над снежными. Засушливые месяцы – июнь-сентябрь. Относительная влажность воздуха в средней части территории равна 42 % (Шиили), повышаясь до 59-61 % в районе Аральского моря и Шардары. На рассматриваемой территории в течение всего года преобладают ветры северо-восточного, северного и северо-западного направлений со средней скоростью 2.8 м/с, повышаясь до 5 м/с в прибрежной зоне. Максимальные скорости ветра достигают 24-28 м/с. Продолжительность солнечного сияния около 9 часов в день, в летнее время может достигать 13.5-14 час/день, снижаясь в зимнее время до 2.6-5.5 час/день.

На рассматриваемой территории в теплое время года наблюдаются пыльные бури: от 2 (ст. Казалинск) до 40 дней (ст. Аральское море) за сезон. Значительную опасность окружающей среде представляют солеперенос и пылеперенос с осушенной части Аральского моря. Метели – сравнительно редкое явление, в среднем по ст. Чардара их отмечается 0,6, по ст. Аральское море – 9 дней за зимний сезон.

Число дней с гололедом по рассматриваемой территории отмечается в среднем от 4 до 7, с изморозью – от 8 до 15 дней. Туманы преобладают в холодное время года, в среднем их бывает 22-28 дней.

#### *Атмосферные осадки*

Вследствие разнообразия форм рельефа и экспозиции склонов по отношению к влагоносным потокам воздуха режим увлажнения атмосферными осадками в бассейне р. Сырдарии крайне разнообразен. Средние годовые суммы осадков колеблются от 80-100 до 1000-1300 мм. Наиболее засушливой является северо-западная равнинная часть бассейна и западная половина центральной части Ферганской котловины, где в среднем за год выпадает всего лишь около 100 мм осадков. Благодаря влиянию горных склонов, способствующих усилению конвективных процессов в горах, при общем повышении местности количество осадков увеличивается. Однако такая закономерность в большинстве случаев прослеживается лишь в пределах каждого данного профиля вдоль склона какого-либо хребта, но и здесь на разных высотах в силу местных условий она может нарушаться.

Распределение средних годовых сумм осадков по территории бассейна крайне неравномерно. В западной части Кураминского хребта и на северных склонах Туркестано-Алайской горной системы количество осадков колеблется от 200 до 600 мм. Только в верховьях реки Сох на высоте 3000 м сумма осадков достигает 900 мм, а вблизи гребней гор 1200 мм.

Не менее обильно увлажняются долины западных отрогов Тянь-Шаня. В долинах рек Пскем, Угам и Ахангаран на склонах вблизи гребней гор выпадает до 1500 мм осадков. Например, в долине реки Чаткал на высоте около 2000 м за год в среднем выпадает менее 500 мм осадков. На склонах хребта Каратау на высотах 450-1200 м количество осадков колеблется от 350 до 600 мм.

Наиболее засушливой является территория Центрального Тянь-Шаня: в верховьях рек Нарын, Сусамыр и на сыртах Тянь-Шаня в зоне высот от 2000 до 3700 м в среднем за год выпадает около 300-400 мм осадков. Это объясняется потерей влаги воздушными массами на пути их продвижения в глубь горной страны при переваливании через горные хребты.

Сезонное распределение осадков в условиях бассейна р. Сырдарии также разнообразно. На равнинной части описываемого района, в предгорной и низкогорной зонах суммы осадков холодного периода в большинстве случаев превышают суммы осадков теплого периода. Только на севере в низовьях р. Сырдарии (станции Джусалы, Казалинск) наблюдается обратное явление – летние осадки несколько превышают зимние. Суммы осадков за холодный период (с ноября по март) на равнинах и в предгорьях колеблются от 45 до 350 мм, а в теплый период года (с апреля по октябрь) от 45 до 250 мм. Суммы осадков теплого

периода складываются в основном из осадков, выпадающих в апреле, мае и октябре. С июня по сентябрь количество их весьма незначительно. Максимум осадков приходится преимущественно на март и реже на апрель.

По сравнению с равниной и предгорьями в горных районах в большинстве случаев происходит перераспределение осадков между сезонами. На высоте 1500-2000 м наблюдается наибольшая разница между количеством летних и зимних осадков. В районах Центрального Тянь-Шаня летом осадков выпадает больше, чем зимой (50-100 мм зимой и 150-300 мм летом). То же отмечается и в высокогорной зоне Туркестанского хребта, где зимой выпадает 38 % годовой суммы осадков, а летом 62 %.

Осадки в виде снега выпадают в основном в период с ноября по март. В отдельные годы выпадение снега даже в невысоких горах можно наблюдать уже в октябре, а весной в апреле, реже в мае. В высокогорных районах Центрального Тянь-Шаня и других горных систем снег выпадает круглый год.

Осадки в виде дождя выпадают на большей части территории в течение всего года. На равнинной части бассейна число дней с дождем в течение года колеблется от 30 до 60. Летом в наиболее жаркие месяцы (июль и август, а иногда и в сентябре) дожди выпадают не ежегодно. В предгорьях дожди учащаются, особенно в районах, расположенных на склонах с благоприятной для этого ориентировкой (на запад и юго-запад). Здесь на высоте около 1500 м в среднем за год отмечается до 60 дней с дождем, в районах Центрального Тянь-Шаня и на Туркестанском хребте на высоте около 3000 м дожди выпадают значительно реже, чем в среднегорной зоне. За год здесь отмечается всего 35-40 дней с дождем. Ливни отмечаются в бассейне Сырдарии главным образом в предгорной и низкогорной зонах.

На равнинах наибольшее суточное количество осадков с 1936 по 1961 гг. наблюдалось от 22 до 40 мм. В долинах рек Пскем, Чирчик и Ахангаран на высотах 1000-2000 м суточный максимум значительно выше (порядка 70-90 мм). На склонах Ферганского хребта наибольшая величина суточного максимума достигает 50-90 мм. На других склонах, окружающих Ферганскую долину, максимальное количество осадков за сутки значительно меньше (26-75 мм). В высокогорных районах Центрального Тянь-Шаня, на Туркестанском хребте и в районе Шахристанского перевала наибольшее количество осадков, выпавший за сутки, за 25-летний период наблюдений не превышало 45 мм. Как правило, значительные величины осадков часто бывают связаны с ливневой деятельностью.

#### *Снежный покров*

Сроки появления снежного покрова крайне непостоянны, в отдельные годы отклонения от средней даты достигают  $\pm 30$  дней. В равнинной и предгорной частях бассейна устойчивый снежный покров бывает менее чем в 50 % зим, в наиболее северных пунктах он наблюдается чаще и устанавливается обычно во второй или в третьей декаде декабря, а исчезает преимущественно в начале февраля. В среднем за зиму общее число дней со снежным покровом в равнинной части бассейна колеблется от 35 до 85.

Так, средняя из его максимальных высот, по данным снегосъемок за 10-15 лет, колеблется от 9 до 15-20 см, а наибольшая высота не превышает 20-30 см. В горной части бассейна время появления и схода снежного покрова чрезвычайно разнообразно. Если на высоте до 1500 м появление снежного покрова отмечается преимущественно во второй и третьей декадах ноября, а исчезновение во второй и третьей декадах марта, то на высотах 1500-2000 м снежный покров появляется преимущественно в третьей декаде октября, а стаивает в течение второй и третьей декад апреля.

#### *Почвенный покров*

По направленности процессов почвообразования в зоне рассматриваемой территории выделяются пять крупных категорий почв: автоморфные зональные, автоморфные дельтовые (в прошлом гидроморфные), песчаные пустынные, гидроморфные дельтовые и почвы обсыхающего дна Аральского моря. Автоморфные почвы, составляющие основной пастбищный фонд, в меньшей степени подверглись изменениям, связанным с аридизацией региона. Лимитирующими факторами их использования является неустойчивая продуктивность в связи с погодными условиями и ограниченностью водных ресурсов. Гидроморфные почвы и почвы обсыхающего дна Аральского моря в наибольшей степени подвержены изменению в процессе опустынивания. Гидроморфные почвы дельтовых равнин представляют основной фонд, пригодный для возделывания риса и других культур, используются также под сенокосные и пастбищные угодья. По мелиоративным показателям низовья Сырдарии относятся к группе ландшафтов, не имеющих естественного дренажа, по солевому балансу – к типу общего накопления солей, по геохимическим показателям – к провинции хлоридно-сульфатного засоления. Изменения климатических характеристик, гидрологических и гидрогеологических условий, растительного покрова, естественных природных ландшафтов за последние 35-40 лет отрицательно влияют на процессы почвообразования, направляя его по автоморфному ариднему типу и обуславливая деградацию сформировавшихся ранее гидроморфных ландшафтов, что приводит к опустыниванию территории.

В связи с зарегулированием и уменьшением стока р. Сырдарии, прекратились паводковые затопления дельты, сократился твердый сток, изменился гидрохимический сток реки, а это привело к уменьшению притока органических веществ и элементов питания – гумуса с 84 до 2,8 тыс. тонн; азота с 36 до 0,1 тыс. тонн; валового фосфора с 16,9 до 0,6 тыс. тонн. Тип химизма вод с гидрокарбонатно-кальциевого стал сульфатно-натриевый с повышенным содержанием хлора. Увеличилась токсичность солевого состава речной воды, создались предпосылки осолонцевания дельтовых почв, хлоридного засоления почв орошаемых массивов.

Изменение видового состава растительности и ее продуктивность отрицательно повлияло на почвообразование. Ежегодное поступление растительной массы в элементах рельефа сократилось в 5-10 раз, на прирусловых валах в 2 раза, что уменьшило гумусообразование и ухудшило физико-химические свойства почв. С изменением химического состава растительного покрова, вместо кремния и кальция в золе фитомассы стал преобладать натрий и магний, которые с ионами хлора

образуют токсичные соли и способствуют осолонцеванию почв. Произошло ухудшение физико-химических и физических свойств (содержание гумуса, агрегированность, плотность сложения, водопроницаемость) болотных и луговых почв.

Уменьшение стока реки вызвало интенсивное обсыхание территории, понижение уровня грунтовых вод и повышение минерализации.

Тип соленакопления в почвах: сульфатно-хлоридный → хлоридно-сульфатный → сульфатный заменился на хлоридно-сульфатный → сульфатно-хлоридный → хлоридный.

На территории дельты сильнее засолились почвы лугового ряда, в древней и современной дельте - болотного. В 1978 году в современной дельте практически не осталось незасоленных почв, в 10 раз увеличились площади слабо - и средnezасоленных почв, на 5 % площади почвы засолились до сильно засоленных. Процессы соленакопления происходят при положении уровня грунтовых вод выше 3-4 м.

На 65 % территории почвы подвержены дефляции. Гидроморфные дельтовые почвы недефлированы в связи с увлажнением. Водная эрозия почв распространена на территории около 5 %. Под влиянием дефляции снижаются плодородие, продуктивность пастбищ. С изменением гидрохимического стока реки наибольшие преобразования произошли в засолении оросительных и грунтовых вод, что повлияло на мелиоративное состояние орошаемых массивов. Состояние орошаемых массивов усугубляется тяжелыми изначальными почвенно-мелиоративными условиями. Это близкое залегание водоупора (3-15 м) котловинного рельефа, отсутствие дренируемости территории, хлоридно-сульфатное и сульфатно-хлоридное засоление почв и грунтовых вод, высокая минерализация грунтовых вод (до 50 г/л), быстрая реставрация засоления хлором почв после промывок. Засоление почв на массивах орошения изменяется в широких пределах - от 0,2 до 3 %. При этом преобладают средне - и сильнозасоленные почвы.

На осушенной полосе Аральского моря формирование почвенного покрова происходит по трем основным линиям:

1) при легкой литологии грунтов - к образованию песчаных пустынных почв через последовательные стадии маршевых, приморских солончаков и приморских почв;

2) при тяжелой литологии грунтов происходит преобразование маршевых и приморских солончаков в такыровидные солончаки, которые в процессе дальнейшего опустынивания перейдут в такыровидные солонцевато-солончаковые почвы;

3) в замкнутых не дренированных впадинах – соровые солончаки.

В структуре почвенного покрова преобладают солончаки. Из общей площади осушки 1995 года 1,8 млн. га площадь солончаков составляет 1,1 млн. га. Почвенный покров неустойчив в пространстве и во времени. Трансформация почв в полосе осушки у уреза воды приводит к уменьшению общей площади маршевых и приморских солончаков и увеличению интенсивности их засоления, а также к увеличению площади корково-пухлых, соровых и такыровидных солончаков.

Маршевые солончаки распространены по кромке уреза воды в полосе интенсивных морских прибоев, на участках морского пляжа, где формируется специфический горизонт остаточных морских вод. Маршевые солончаки имеют

высокую карбонатность (7-10 %), щелочную реакцию среды (рН=8,3-9,6), содержание гумуса от 0,2 до 1,0 %. Начальный период формирования маршевых солончаков характеризуется хлоридным, сульфатно-хлоридным, магниевым-натриевым засолением, сумма солей составляет 0,4-3,0 %.

Такыровидные почвы сформировались в поясе осушки 1960 годов. Они являются конечным звеном в эволюции почв, также как и песчаные, но образуются из отакыренных солончаков при аридизации и выщелачивании солей. Солончаки соровые приурочены к замкнутым депрессиям с застойными грунтовыми водами, покрыты мощной солевой корочкой, по всему профилю имеют значительную концентрацию солей.

#### *Гидрография*

Река Сырдария берет начало за пределами Казахстана в Ферганской долине от слияния рек Нарына и Карадарьи. Общая длина от места слияния до устья 2212 км, площадь бассейна до ж.-д. станции Тюмень-Арык 219000 км<sup>2</sup>. Ниже водораздельная линия не прослеживается.

На территории Казахстана в верхней части река принимает три притока (реки Келес, Курук-Келес и Арысь). Далее, протекая по бесприточной зоне и образуя в устьевой области обширную дельту (г. Казалинск), впадает в Аральское море.

В бассейне Сырдарии в верхней его части построено несколько крупных водохранилищ, наиболее значительным из которых является Токтогульское водохранилище многолетнего регулирования стока на р. Нарыне (Кыргызстан). Для ирригации и энергетики Казахстана используется Шардаринское водохранилище сезонного регулирования с полезной емкостью 5,2 км<sup>3</sup>.

В бассейне Сырдарии имеется обширная сеть ирригационных каналов для полива сельскохозяйственных культур. Развита также сеть коллекторов, сбрасывающих формирующийся коллекторно-дренажный сток как в Сырдарью и ее притоки, так и в старые русла, протоки, бессточные озера и понижения рельефа. Аральское море – в прошлом один из крупнейших внутриматериковых водоемов, в настоящее время находится в критическом состоянии по причине прогрессирующего усыхания и осолонения.

До 1961 г. средний уровень Аральского моря находился на отметке около 53 м БС. За последние 35 лет глубина его уменьшилась на 16 м. В настоящее время Аральское море разделилось на две части: Большое море на юге и Малое море на севере. Соленость моря возросла в три раза по сравнению с квазистационарным режимом. Ниже дается краткое описание казахстанской части р. Сырдарии.

*Участок Сырдарии от Чардары до ж.-д. станции Тюмень-Арык.* На этом участке оба берега реки пустынные. Встречаются местами зимовки и загоны. Берега имеют участки, покрытые тугайной растительностью и камышом. В общем, этот участок не требует каких-либо мероприятий против затопления водой. В этом районе Сырдария принимает единственный приток р. Арысь, сбрасывающий остатки воды после ее разбора на орошение, (в Сырдарию сбрасывается 0,1-0,5 км<sup>3</sup>/год, в многоводные годы – до 1-1,8 км<sup>3</sup>). Из Сырдарии здесь выведено

9 крупных каналов. Наиболее крупным на участке является канал Ново-Шиилийский с пропускной способностью  $75 \text{ м}^3/\text{с}$ , отходящий от Сырдарии вправо у ж.-д. станции Тюмень-Арык.

*Участок Сырдарии от Тюмень-Арыка до Казалинска.* Притоков на участке нет. По мере продвижения к устью заглубливание поймы уменьшается, и она сливается с окружающей равниной. Отметки местности по мере удаления от реки как вправо, так и влево – уменьшаются. Вследствие отсутствия прочных берегов и малой их высоты река меняет свое русло, прорывает берега и затопляет низкие места, старые русла постепенно отделяются от реки осаждающимися наносами и приобретают вид мелководных озер.

Забор воды из реки Сырдарии производится четырнадцатью крупными каналами, а также насосными установками, суммарный среднегодовой расход которых в 1990 году составил около  $100 \text{ м}^3/\text{с}$ . В 12 км выше г. Кызылорды действует Кызылординская водоподъемная плотина, обеспечивающая систематическую подачу воды в каналы.

Левобережный канал, с пропускной способностью  $220 \text{ м}^3/\text{с}$ , предназначен для орошения всей территории по левому берегу Сырдарии от плотины до станции Джусалы. Канал Жана-Дарья, отходящий также слева, пропускной способностью  $50 \text{ м}^3/\text{с}$ , используется для обводнения пастбищ в песках Кызылкум.

На участке от ж.-д. станции Тюмень-Арык до с. Джусалы от Сырдарии отделяется много проток, которые в свою очередь делятся на рукава, а местами разливаются, образуя озера и болота. Часть проток по длине и сечению достигает значительной величины. Большая их часть теряется в песках, некоторые в древние времена доходили до Аральского моря. Одной из наиболее крупных проток является Караозек, она тянется на протяжении 170 км, отделяя множество мелких проток и, впадая опять в Сырдарью у с. Джусалы. В последние годы в устьевой области Караозека вода часто застаивается и до Сырдарии не доходит.

Жана-Дарья – крупнейшее из древних русел Сырдарии на ее левобережье, ее протяженность более 600 км. Русло Жана-Дарьи начинается выше Кызылординского гидроузла и проходит на юг и юго-запад до границ Узбекистана. На 210 км от Жана-Дарьи на запад уходит рукав Кувандарья, имеющий длину более 480 км.

Длительный период после утери непосредственной связи с рекой Жана-Дарья и Кувандарья обводнялись только во время больших паводков. После строительства Кызылординской плотины и канала Жана-Дарья появилась возможность забирать из реки до  $50 \text{ м}^3/\text{с}$  воды для обводнения земель, лежащих вдоль Жана-Дарьи. Для подпитки Кувандарьи и обводнения пастбищ, расположенных на ее берегах, используются главным образом сбросные воды левобережного Кызылординского массива орошения.

В жизни низовьев Сырдарии эти протоки и рукава имеют большое значение, так как являются источниками орошения, они питают большое количество мелких ирригационных систем. Ниже с. Джусалы и до г. Казалинска Сырдария приходит без разливов среди пустынно-песчаных пространств. Выше г. Казалинска в 1970 году вступил в эксплуатацию Казалинский гидроузел, из верхнего бьефа

которого осуществляется водозабор для орошения левобережного и правобережного массивов орошения.

*Дельта реки Сырдария.* В дельте (с вершиной у г. Казалинска) р. Сырдария опять разливается, вода аккумулируется озерными системами, болотными массивами и обширными бессточными понижениями. Вследствие уменьшения притока речных вод естественными дельтообразовательными процессами в настоящее время значительно затухли и выражаются главным образом в перемещении устья реки в сторону моря.

Многие озера, в основном крупные и удаленные от реки, за последнее время резко уменьшились в размерах и своим существованием обязаны притоку речных вод по искусственно углубленным естественным руслам. Некоторые озера поддерживаются за счет сбросных вод системы правобережного Казалинского ирригационного канала. Незначительные водозаборы из Сырдарии для природного комплекса дельты осуществляются также ниже сооружения Амоноткель.

**Результаты и обсуждение.** *Гидрологическая изученность. Качество исходных данных.*

Гидрологическая изученность реки Сырдарии в пределах РК сравнительно удовлетворительная. Всего на рассматриваемом участке бассейна Сырдарии (р.Сырдария, ее протоки и устьевые участки притоков Келес, Куруккелес и Арысь в пределах РК) в разное время действовало около 50 гидрологических постов.

В настоящее время гидрометрические наблюдения проводятся на 15 гидрологических постах. Наибольшую длительность наблюдений имеют посты на реке Сырдарии: г. Казалинск (с 1911 г.) и ж.-д. станция Тюмень-Арык (с 1913 г.).

Все 15 гидропостов находятся в ведении РГП «Казгидромет». Данные наблюдений на постах Казгидромета публикуются в «Государственном водном кадастре». Наблюдения за водозаборами и сбросами осуществляются на постах Комитета по водным ресурсам РК. Эти посты работают, главным образом, в течение вегетационного периода. Результаты наблюдений помещаются в ежегодных отчетах по эксплуатационной гидрометрии. Качество этих данных низкое.

Особо следует остановиться на гидрологической изученности дельты и устья р. Сырдарии. Данные по гидрологическому посту Каратерень (действует с 1990 г.) непродолжительны, отрывочны и очень низкого качества. Сведения о расходах и уровнях воды за 1994 год, частично, а за 1995 г – практически за весь год – забракованы.

Отсутствие надежных гидрометрических данных ниже г. Казалинска не позволяет установить с достаточной степенью достоверности расходование воды р. Сырдарии в дельте и размер стока, сбрасываемого в море. Эту проблему можно решить только путем выполнения регулярных и качественных замеров стока р. Сырдарии перед входом в море.

*Краткая характеристика водохранилищ*

*Шардаринское водохранилище*

Шардаринское водохранилище расположено на р. Сырдарии. Местоположение створа плотины: г. Шардара, 1633 км от устья реки, в 240 км

от г. Шымкента. Водохранилище находится на территории Южно-Казахстанской области республики Казахстан.

Проектирование водохранилища (проектный институт «Средазгипроводхлопок», г. Ташкент) велось в 1950-е годы, а его строительство осуществлялось с 1956 по 1967 гг. Первоначальное наполнение водохранилища началось в 1965 году.

Назначение водохранилища – ирригация, энергетика, борьба с наводнениями в нижнем течении реки, рыболовство и санитарно-экологические попуски. Однако, режим работы водохранилища полностью подчинен ирригационному графику. В водохранилище аккумулируется зимний сток и перерегулируется на летний период для водообеспечения орошаемых земель на общей площади около 375 тыс. га, в том числе непосредственно из водохранилища, через регулятор Кзылкумского магистрального канала, вода поступает на орошение более 73 тыс. га рисовых, хлопковых и кормовых севооборотов. На орошение остальных земель вода из водохранилища подается в русло р. Сырдарии, с последующим (в основном самотечным) забором в оросительные системы и на другие нужды.

Шардаринское водохранилище образовано двумя земляными плотинами: намывной из мелкозернистых песков – Шардаринской, расположенной южнее г. Шардары у возвышенности Жаусукум, и укатанной из суглинков – Арнасайской плотины, перекрывающей вход в одноименное понижение, расположенное по левому борту и примыкающее к водохранилищу.

Компоновка основных сооружений Шардаринского водохранилища осуществлена таким образом, что позволяет более половины паводкового расхода ( $2160 \text{ м}^3/\text{с}$ ) сбрасывать в Арнасайское понижение,  $200 \text{ м}^3/\text{с}$  может быть подано в Кзылкумский магистральный канал и около  $1800 \text{ м}^3/\text{с}$  (проектный расход) может быть сброшено в р. Сырдария через ГЭС ( $778 \text{ м}^3/\text{с}$  - проект) и холостые сбросы ( $\sim 1000 \text{ м}^3/\text{с}$  - проект).

Авторами проекта (Проектное задание 1955 г.) были составлены графики объемов и площадей водного зеркала Шардаринского водохранилища. Длина водохранилища – 80 км, средняя ширина - 11.25 км, средняя глубина - 6.33 м, максимальная глубина у плотины – 22 м. Площадь мелководий ( $h < 2.0 \text{ м}$ ) –  $175 \text{ км}^2$ .

Площади водного зеркала, соответствующие этим объемам, колебались: при отметке НПУ от  $742.9 \text{ км}^2$  до  $900 \text{ км}^2$ , а при отметке УМО от  $240.3$  до  $290.0 \text{ км}^2$ .

Из сказанного, можно сделать вывод, что за 21 год эксплуатации (с 1965 по 1986 годы) емкость водохранилища сократилась (против проектной) на 550 млн.  $\text{м}^3$ , при неизменном мертвом объеме. Это обстоятельство говорит о том, что утеряна наиболее ценная, полезная емкость водохранилища.

Учитывая достаточную многоводность второй половины 1980-х годов и все 1990-е годы, можно предположить, что к 2000 году потери полезной емкости Шардаринского водохранилища приближаются к 1 млрд.  $\text{м}^3$ .

Для более точного определения топографических характеристик необходимо проведение новых изысканий, включающих батиметрическую съемку и, лучше всего, при переполненном водохранилище.

В соответствии с данными 1986 года площадь мелководий (с глубинами менее 2-х м), которая наиболее эффективно участвует в процессах соленакопления

и солепереноса, составляет 121 км<sup>2</sup>. Суммарные потери воды из Шардаринского водохранилища колеблются от 0,45 до 0,61 км, составляя, в среднем, 0,49-0,55 км<sup>3</sup> в год, это около 10 % от емкости водохранилища и порядка 5 % от объемов стоков, поступающих в водохранилище в маловодный год.

Потери воды на фильтрацию через тело Шардаринской намывной плотины колеблются от 15 до 31 млн. м<sup>3</sup> в год, но они не являются безвозвратными, так как дренажные воды, вместе с потерями через основание плотины, поступают обратно в р. Сырдарию. Безвозвратную часть фильтрационных потерь в левый борт водохранилища (водораздел между р. Сырдарией и Арнасайской впадиной, сложенный мелкозернистыми песками) можно, весьма ориентировочно, оценить в 13,2 млн. м<sup>3</sup> в год. Правый борт водохранилища сложен третичными глинами с очень низкими фильтрационными свойствами. Значительного повышения минерализации, дренируемой телом плотины воды, не наблюдается (до 1,5 г/л).

#### *Бугуньское водохранилище*

Водоохранилище расположено в Южно-Казахстанской (Шымкентской) области Республики Казахстан в 80 км от г. Шымкента. Оно построено в 1958-1963 годах по проекту Казгипроводэлектро в долине р. Бугунь и предназначено для полного сезонного регулирования стока р. Бугунь и частичного регулирования стока р. Арысь (правобережных притоков р. Сырдарии) для целей ирригации.

Бугуньское водохранилище образовано двумя однородными насыпными плотинами: основной – в русле р. Бугунь и другой, перекрывающей Каражантакское понижение, так называемой Каражантакской дамбой. Водоохранилище эксплуатируется с 1960 года, а в постоянную эксплуатацию введено в 1967 году. Полная ёмкость Бугуньского водохранилища определена технико-экономическим расчетом, исходя из топографических возможностей чаши, и составляет 370 млн. м<sup>3</sup>, что соответствует отметке НПУ - 59.75 м. Мертвый объём водохранилища составляет 7 млн. м<sup>3</sup> (отметка УМО - 48.5 м). Средняя глубина водохранилища при отметке НПУ - 5.8 м. Площадь водного зеркала, при отметке НПУ, равна 64 км<sup>2</sup>.

#### **Выводы.**

Основные результаты проведенного исследования:

1. Произведена оценка современных ресурсов поверхностных вод в бассейне р. Сырдария, необходимая для решения стратегических задач водопользования характеристик годового стока.
2. Изучена гидрографическая сеть рассматриваемого района.
3. Изучены характеристики гидрологического режима рек.
4. Проведен анализ гидрологической изученности рассматриваемой территории

#### **Список цитированных источников**

1. Surface water resources of the USSR. Basic hydrological characteristics (for 1963-1970 and the entire observation period). The pools of the Irtysh, Ishim, Tobol. (1977). Leningrad: Gidrometeoizdat, 383 p. <http://www.cawater-info.net/library/ussr-water-resources.htm>

2. Surface water resources of the USSR. Basic hydrological characteristics (for 1971-1975 and the entire observation period). The pools of the Irtysh, Ishim, Tobol. (1980). Leningrad: Gidrometeoizdat, 291 p. <http://www.cawater-info.net/library/ussr-water-resources.htm>
3. State Water Cadastre of the Republic of Kazakhstan. Long-term data on the regime and resources of land surface waters. The pools of the Irtysh, Ishim, Tobol. (1987). Leningrad: Gidrometeoizdat, 467 p. <http://www.hydrology.ru/sites/default/files/docs/biblioteka/mds.xls>
4. State Water Cadastre of the Republic of Kazakhstan. Long-term data on the regime and resources of land surface waters of 1981-1990. Irtysh, Ishim, Tobol river basins. (2002). Almaty: Ministry of Environmental Protection of The Republic of Kazakhstan, 284 p. <http://www.hydrology.ru/sites/default/files/docs/biblioteka/mds.xls>
5. State water Cadastre of the Republic of Kazakhstan. Long-term data on the regime and resources of land surface waters, 1991-2000. The basins of the Irtysh, Ishim, Tobol rivers. (2004). Almaty: Ministry of Environmental Protection of The Republic of Kazakhstan, 171 p. <http://www.hydrology.ru/sites/default/files/docs/biblioteka/mds.xls>
6. State water Cadastre of the Republic of Kazakhstan. Long-term data on the regime and resources of land surface waters, 2001-2010. The basins of the Irtysh, Ishim, Tobol rivers. (2017). Almaty: Ministry of Ministry of Energy of The Republic of Kazakhstan, 266 p.
7. Ежегодный бюллетень мониторинга состояния и изменения климата Казахстана: 2019 год. – Министерство экологии, геологии и природных ресурсов (РГП «Казгидромет»). Нур-Султан, 2020. – 62 с.
8. FAO and UN Water. 2021. Progress on Level of Water Stress. Global status and acceleration needs for SDG Indicator 6.4.2, 2021. Rome. <https://doi.org/10.4060/cb6241en>
9. Руководство по водным ресурсам и адаптации к изменению климата. Европейская экономическая комиссия. Конвенция по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер. Организация Объединенных Наций. Нью-Йорк и Женева. – 2009. – 144 с.
10. Современные глобальные изменения природной среды. Т.1. – М.: Научный мир, 2006. – 696 с.
11. Shaomin Yan and Guang Wu Fitting Atmosphere Temperature of 20th Century in 49 European Capitals using Random Walk Model (2021) IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 658 012037. doi:10.1088/1755-1315/658/1/012037.

## ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ЗИМНЕГО ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ

*Городнюк Ю. П.<sup>1</sup>*

*Научный руководитель Волчек А. А.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Ассистент, БрГТУ, Брест, Беларусь, juliagirodniuk99@gmail.com<sup>2</sup> Профессор, д.г.н., БрГТУ, Брест, Беларусь

### **Аннотация**

Дана оценка динамики среднемесячных температур зимнего периода на территории Белорусского Полесья. Выделены статистически значимые тренды. Основу исследований составили многолетние ряды наблюдений за температурой за период с 1945 по 2020 гг. по семи метеостанциям.

**Ключевые слова:** температура, изменение климата, климат, урожайность, глобальное потепление.

## FEATURES OF CHANGING THE WINTER TEMPERATURE REGIME OF THE BELORUSSKY POLESIE

*Haradniuk Y. P.<sup>1</sup>*

### **Abstract**

The dynamics of the average monthly temperatures of the winter period in the territory of the Belarusian Polesie is estimated. Statistically significant trends are highlighted. The research was based on long-term series of temperature observations for the period from 1945 to 2020 at seven weather stations

**Keywords:** temperature, climate change, climate, yield, global warming

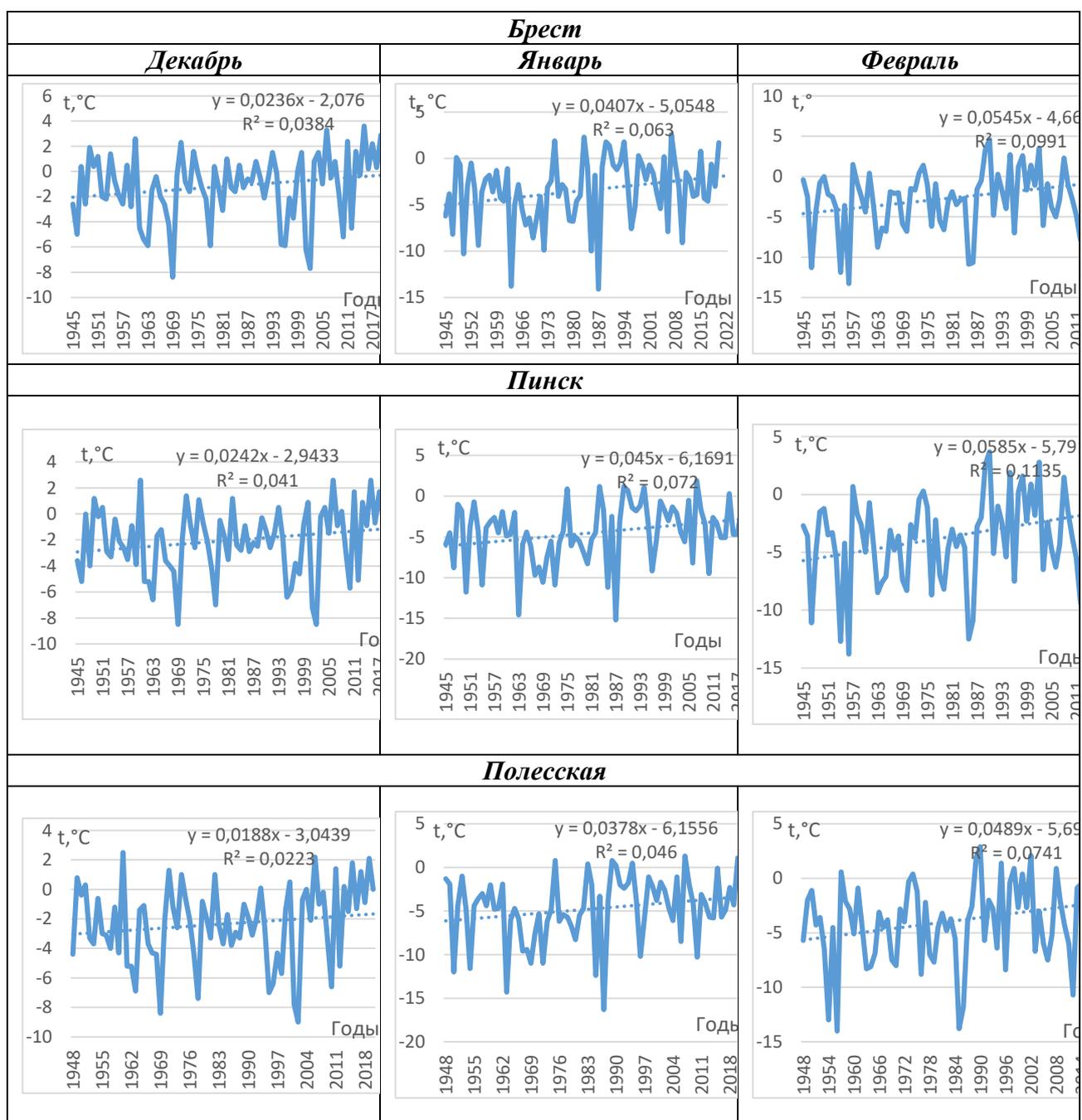
**Введение.** Глобальное изменение климата и его влияние на окружающую среду является одной из ключевых проблем XXI века. Современное климатическое потепление характеризуется ростом зимних температур воздуха, что сказывается на функционировании не только природных экосистем, но и озимых культур. Одним из главных факторов урожайности озимых культур является их перезимовка. Частые зимние оттепели приводят к уменьшению снежного покрова, что приводит к вымерзанию сеням. Цель работы – оценка изменения температуры воздуха Белорусского Полесья в условиях современного изменения климата [1].

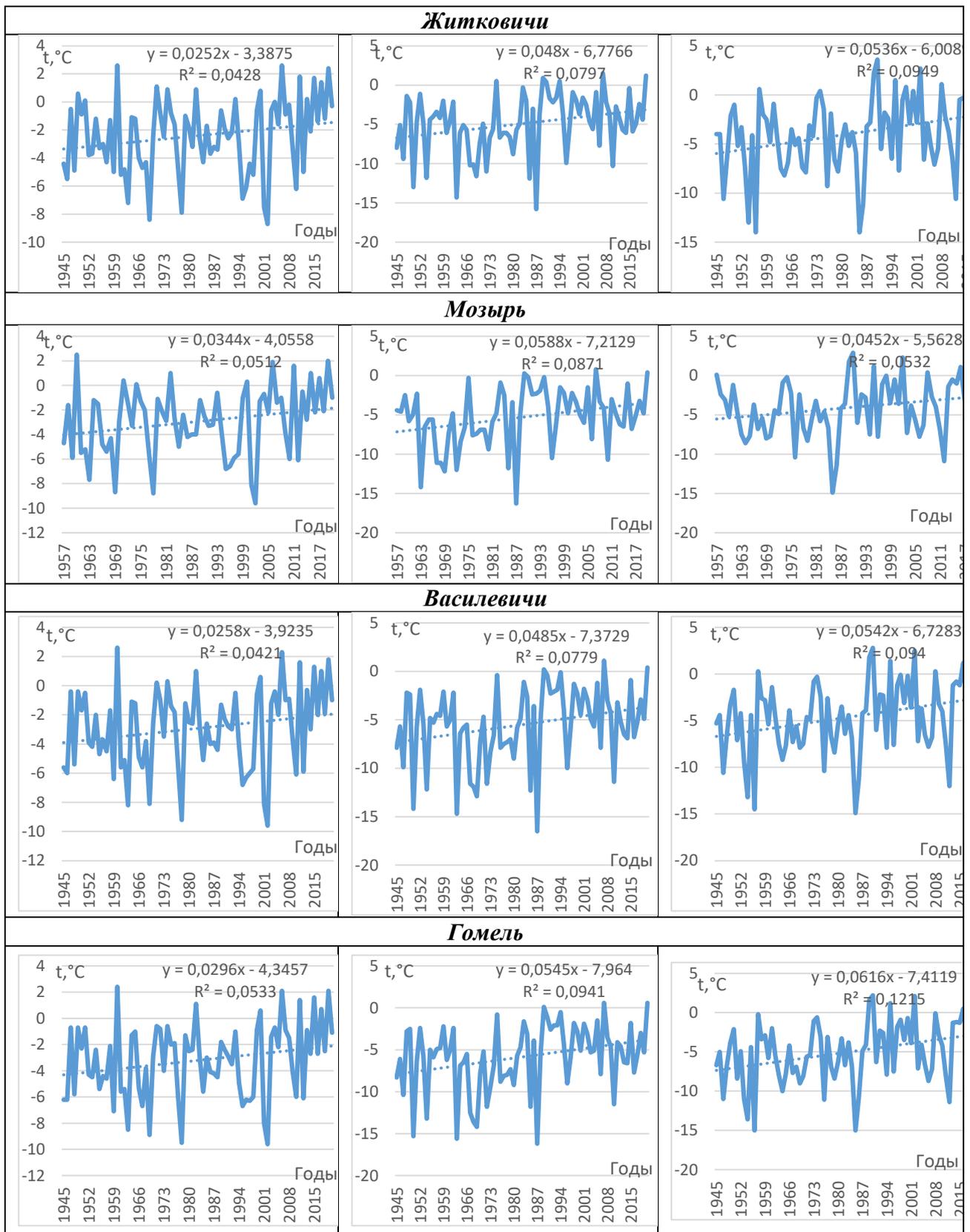
**Материалы и методы.** Исходными материалами для исследования послужили данные наблюдений за среднемесячными температурами почвы «Брестского областного центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» за период 1945 – 2020 гг. по метеостанциям Брест, Пинск, Полесская, Житковичи, Мозырь, Василевичи, Гомель.

Для выявления закономерностей формирования температурного режима почв использованы статистические методы (средние значения ( $t_{cp}$ ), коэффициент вариации ( $C_v$ ), градиент изменения температур  $\alpha = a \cdot 10^\circ \text{C}/10 \text{ лет}$ , где  $a$  - коэффициент регрессии линейного тренда, коэффициент корреляции ( $r$ )) [2, 3].

### Результаты и обсуждение.

На рисунке представлен хронологический ход зимних температур воздуха по метеостанциям Белорусского Полесья.





*Рисунок – Хронологический ход среднемесячных температур воздуха декабря, января, февраля по метеостанций Белорусского Полесья*

Построены модели среднемесячных температур декабря, января, февраля по определенным метеостанциям. Исходя из построенных моделей были выявлены статистические значения среднемесячных температур, которые представлены в таблице 1.

**Таблица 1 – Статистические значения среднемесячных температур Белорусского Полесья**

Метеостанция	Месяц	Параметры			
		$t_{cp}$	$C_v$	$\alpha$	$r$
Брест	декабрь	-1,52	-1,56	0,023	0,195
	январь	-3,85	-0,98	0,047	0,251
	февраль	-3,11	-1,25	0,054	<b>0,315</b>
Пинск	декабрь	-2,01	-1,31	0,024	0,202
	январь	-4,44	-0,83	0,045	0,280
	февраль	-3,54	-1,08	0,058	<b>0,336</b>
Полесская	декабрь	-2,32	-1,15	0,018	0,148
	январь	-4,76	-0,79	0,037	0,214
	февраль	-3,88	-0,98	0,048	0,278
Житковичи	декабрь	-2,42	-1,11	0,025	0,205
	январь	-4,93	-0,76	0,048	0,281
	февраль	-3,95	-0,97	0,053	<b>0,306</b>
Мозырь	декабрь	-2,94	-0,96	0,034	0,226
	январь	-5,30	-0,70	0,058	0,295
	февраль	-4,10	-0,89	0,045	0,230
Василевичи	декабрь	-2,93	-0,95	0,025	0,205
	январь	-5,11	-0,70	0,048	0,277
	февраль	-4,64	-0,84	0,054	<b>0,307</b>
Гомель	декабрь	-3,21	-0,88	0,029	0,230
	январь	-5,87	-0,67	0,054	<b>0,307</b>
	февраль	-5,04	-0,77	0,051	<b>0,348</b>

Выявлены абсолютный минимумы температуры воздуха, которые дают представление о самой низкой температуре, зафиксированной в отдельные дни. В пределах Белорусского Полесья абсолютный минимум температуры  $-35,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  зарегистрирован в Василевичах в 1987 г. Средняя минимальная температура воздуха на Полесье в современный период потепления климата составляет  $-34,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Экстремальные значения температуры за период 1945 – 2022 гг. по метеостанциям Белорусского Полесья приведены в таблице 2.

**Таблица 2 – Экстремальные температуры воздуха за период 1945 – 2022 гг**

Метеостанция	Абсолютный минимум, $t^{\circ}\text{C}$ (год)	Метеостанция	Абсолютный минимум, $t^{\circ}\text{C}$ (год)
Брест	-35,5 (1950)	Мозырь	-34,0 (1997)
Пинск	-30,6 (1987)	Василевичи	-35,1 (1987)
Полесская	-34,1 (2012)	Гомель	-35,0 (1970)
Житковичи	-33,7 (1987)		

**Заключение.** Таким образом наблюдается повсеместный рост температур воздуха, причем на метеостанциях Брест (февраль), Пинск (февраль), Житковичи (февраль), Василевичи (февраль), Гомель (январь, февраль) он является статистически значимым.

#### **Список цитированных источников**

1. Волчек, А. А. Влияние изменения температур холодного периода на урожайность озимых зерновых в Беларуси / А. А. Волчек, Ю. П. Городнюк // Международной научно-практической конференции Хазарский университет, г. Баку, 5 – 6 декабря 2022 года. – Баку, Азербайджан, 2023. – С. 209 – 212.

2. Статистические методы в природопользовании / В. Е. Валуев [и др.]. – Брест : Брестский политехнический институт, 1999. – 252 с.

3. Волчек, А. А. Водные ресурсы Брестской области / А. А. Волчек, М. Ю. Калинин. – Минск : Издательский центр БГУ, 2002. – 436 с.

УДК 597.6, УДК 598.1

### **РОЛЬ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ AMPHIBIA И REPTILIA В ТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЯХ ГОРОДА БРЕСТА**

*Демянчик В. Т.<sup>1</sup>, Демянчик В. В.<sup>2</sup>, Кунаховец Д. А.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Заведующий лабораторией оптимизации экосистем, Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси, Брест, Беларусь, koktebel.by@mail.ru

<sup>2</sup>Научный сотрудник лаборатории оптимизации экосистем, Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси, Брест, Беларусь, koktebel.by@mail.ru

<sup>3</sup>Младший научный сотрудник лаборатории оптимизации экосистем, Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси, Брест, Беларусь, daria.sharko@mail.ru

#### **Аннотация**

Определены видовой состав (20 видов), хозяйственная и биоценотическая роль амфибий и рептилий на городских землях Бреста. Выделена антропогенная группа 12 непосредственных рисков гибели представителей, в том числе 7 рисков обусловлены инженерно-техническими факторами и транспортными средствами. Один из наиболее универсальных для всех видов и наиболее актуален по масштабам популяционных потерь для герпетофауны – потеря ориентации и недоступность выхода особей из подвалов, колодцев, траншей, мусоросборников и т.п.

**Ключевые слова:** Reptilia, Amphibia, видовой состав, роль, риски, инженерно-технические системы транспорта.

# ROLE AND ECOLOGICAL RISKS OF AMPHIBIA AND REPTILIA IN TECHNICAL STRUCTURES OF THE CITY OF BREST

*Demyanchik V. T.<sup>1</sup>, Demyanchik V. V.<sup>2</sup>, Kunakhavets D. A.<sup>3</sup>*

## **Abstract**

The species composition (20 species), economic and biocenotic role of reptiles and amphibians on the urban lands of Brest were determined. An anthropogenic group of 12 immediate risks of death of representatives has been identified, including 7 risks caused by engineering factors and vehicles. One of the most universal for all species and the most relevant in terms of the scale of population losses for herpetofauna is loss of orientation and inaccessibility of individuals from basements, wells, trenches, garbage disposals, etc.

**Keywords:** Reptilia, Amphibia, species composition, role, risks, engineering technical transport systems.

**Введение.** Амфибии и рептилии – одна из наиболее уязвимых групп тетрапод в урбанизированных ландшафтах. В результате жилищно-коммунальной, строительной деятельности и воздействия транспорта численность видов этих тетрапод повсеместно сокращается [1–5].

В 2018 г. утверждена Концепция «Брест: СимбиоСити 2050», однако в шестой городской системе (биоразнообразии и ландшафт) должным образом не учтена герпетофауна, как одна из наиболее индикаторно репрезентативных групп биоразнообразия [6]. Опубликованных научных работ по проблеме экологических рисков в отношении герпетофауны Бреста нет.

**Материалы и методы.** Общая оценка герпетофауны Бреста проводилась на основании общих эколого-фаунистических исследований в 1977–2023 гг.

Специализированные ежегодные учеты амфибий и рептилий Бреста проведены в 2013–2023 гг. Использовались методы, рекомендованные в Национальной системе мониторинга окружающей среды Республики Беларусь [7]. Кроме того, активно обследовались потенциальные убежища и экологические ловушки в зданиях и сооружениях. Учтено 3866 особей 11 видов амфибий в экологических ловушках.

**Результаты и обсуждение.** В последнее десятилетие среди 13 видов амфибий Беларуси в Бресте установлено обитание 12 видов: жерлянка краснобрюхая (*Bombina bombina*), чесночница обыкновенная (*Pelobates fuscus*), жаба серая (*Bufo bufo*), жаба зеленая (*Bufo viridis*), жаба камышовая (*Epidalea calamita*), квакша обыкновенная (*Hyla arborea*), лягушка озерная (*Rana ridibunda*), лягушка остромордая (*Rana arvalis*), лягушка прудовая (*Rana lessonae*), лягушка травяная (*Rana temporaria*), тритон обыкновенный (*Lissotriton vulgaris*), тритон гребенчатый (*Triturus cristatus*).

В городской черте за этот период выявлены все 8 видов рептилий известных в Беларуси: черепаха болотная (*Emys orbicularis*), черепаха красноухая (*Trachemys scripta*), веретеница ломкая (*Anguis fragilis*), ящерица прыткая (*Lacerta agilis*), ящерица живородящая (*Zootoca vivipara*), уж обыкновенный (*Natrix natrix*), медянка (*Coronella austriaca*), гадюка обыкновенная (*Vipera berus*) [8].

Изредка отмечаются случаи ухода из зоокультуры (живые уголки, дворовые вольеры и т. п.) представителей герпетофауны.

Все без исключения виды амфибий и рептилий встречаются в сооружениях человека в Бресте. Для размножения (откладки икры, яиц) животные этой группы обычно используют естественные биотопы. Но и эти ответственные стадии их жизни нередко связаны с сооружениями человека: гидротехническими сооружениями, пустующими каменными зданиями, штабелями бревен и т. п. В остальные периоды годового цикла амфибии и рептилии – частые посетители самых разных сооружений человека.

Роль амфибий и рептилий в сооружениях человека и на сопредельной территории Бреста сводится, как правило, к общей положительной функции: поедание беспозвоночных или грызунов – вредителей хозяйства человека. Многие из амфибий и рептилий служат кормовыми объектами (нередко – массовыми, например, – лягушка остромордая и чесночница) для особо охраняемых и полезных видов фауны. Исключением следует считать гадюку обыкновенную – единственное ядовитое существо нашей фауны. В сооружениях человека гадюку следует отлавливать и переселять в удаленные естественные биотопы. Требуются рекламные меры по недопущению самовольного выпуска особей неаборигенных видов герпетофауны.

В отношении амфибий и рептилий в Бресте актуальны, прежде всего, следующие экологические ловушки и антропогенные причины гибели (виды рисков):

1. Наезды транспорта, включая велосипеды. Особенно большие потери наблюдаются на лужах в колдобинах грунтовых дорог, где в летнюю жару укрываются жерлянки и лягушки, а также на нерестовых ходах, в разных местах Бреста в т. ч. и на экологической тропе «Дорога жизни».

2. Затаптывание скотом (козы) и пешеходами. Актуально, прежде всего, для молоди жаб и чесночницы, покидающих нерестовые водоемы.

3. Захваты почвообрабатывающими и уборочными агрегатами сельскохозяйственной техники. Многие десятки тысяч особей жабы серой, чесночницы и других видов, амфибий и рептилий ежегодно гибнут под жатками и плугами, особенно до 2020 гг.

4. Поздневесеннее выжигание сухой травы, мусора, порубочных остатков. Актуально для всех видов.

5. Потеря ориентации и недоступность выхода особей амфибий и рептилий из подвалов, колодцев, траншей, дворовых бассейнов, прудов, современных подземных мусоросборников, элементов ливневой канализации и т. п. Актуально для всех видов.

6. Земельно-экскаваторные и бульдозерные работы.

7. Уничтожение бродячими собаками и бездомными кошками, а также дворовыми представителями этих животных на придомовых и других территориях.

8. Запутывание и удушение в рыболовных снастях. Актуально для черепахи болотной.

9. Иссущение, обморожение особей в сухих песчаных ямах, карьерах, на отмоствах набережной.

10. Гибель икры, молоди и взрослых особей при резком водопонижении на водохозяйственных сооружениях, в т. ч. и в результате спровоцированного хищничества врановыми и хищными животными.

11. Засыпание, замусоривание или загрязнение химическими веществами (пестицидами, нефтепродуктами и т. п.) традиционных нерестилищ.

12. Непосредственное уничтожение особей.

Особенно актуален для всех видов герпетофауны риск № 5. В 2013–2023 гг. в таких подземных сооружениях зарегистрировано 3866 особей амфибий 11 видов, а также несколько десятков особей рептилий. В подобных экологических ловушках не отмечена гибель единственного вида: *H. arborea*.

Вышеперечисленные и некоторые другие разновидности экологических ловушек и антропогенных причин гибели нередко превосходят по интенсивности все естественные причины смертности (метеорологические явления и хищничество) амфибий и рептилий.

Меры охраны представителей данной группы животных должны быть направлены, прежде всего, на максимально возможную нейтрализацию экологических ловушек. Для этого требуется иногда совсем немного: своевременно закрыть люки канализационного колодца; обустроить аппарель (пологий спуск) в карьере или глубокой яме; загерметизировать техническое отверстие или трещину в бетонном кольце колодца: положить наклонную доску в купель или дворцовый прудик, контролировать наличие плотных наружных крышек и т. д.

С учетом уязвимости видов герпетофауны, эволюционной значимости (9 видов включены в основные и профилактические категории Красной книги) необходимо включить соответствующие регламенты нормативных документов: строительных и эксплуатационных.

За незаконное изъятие, уничтожение или вредное воздействие на среду обитания (разрушение жилища) одной особи (одного яйца) предусмотрен штраф в размере не менее 1–3 базовых величин [4].

**Заключение.** Определены видовой состав (20 видов), хозяйственная и биоэкологическая роль амфибий и рептилий на городских землях Бреста.

Выделена антропогенная группа 12 непосредственных рисков гибели представителей, в том числе 7 рисков обусловлены инженерно-техническими факторами и транспортными средствами.

Один из наиболее универсальных для всех видов и наиболее актуален по масштабам популяционных потерь для герпетофауны – потеря ориентации и недоступность выхода из подвалов, колодцев, траншей и т. п.

Для минимизации экологических рисков герпетофауны на городских и иных землях необходимо совершенствование нормативно-правовых документов.

**Благодарности.** Выражаем благодарность О. С. Гроде, В. П. Рабчуку и М. Г. Демянчик за активное содействие в проведении исследований.

### Список цитированных источников

1. Земноводные Беларуси: распространение, экология и охрана / С. М. Дробенков [и др.] ; под общ. ред. С. М. Дробенкова. – Мн. : Белорус. наука, 2006. – 215 с.
2. Blab, J. Amphibien und Reptilien erkennen und schützen: alle mitteleuropäischen Arten / J. Blab, H. Vogel. – München : BLV Verlagsgesellschaft mbH, 1996. – 160 s.
3. Красная книга Республики Беларусь: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды диких животных / М-во природ. рес. и охраны окр. среды Респ. Беларусь [и др.] ; редкол.: И. М. Качановский (гл. ред.) [и др.]. – 4-е изд. – Мн. : БелЭн, 2015. – 317 с.
4. Демянчик, В. Т. Дикие животные в сооружениях человека / В. Т. Демянчик, В. В. Демянчик. – Брест : Альтернатива, 2008. – 219 с.
5. Пикулик, М. М. Земноводные Белоруссии / М. М. Пикулик. – Мн. : Наука и техника, 1985. – 191 с.
6. О Национальном плане действий по развитию «зеленой» экономики в Республике Беларусь на 2021–2025 годы [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 10 дек. 2021 г., № 710 // Нац. правовой Интернет-портал Респ. Беларусь. – Режим доступа: <https://minpriroda.gov.by/uploads/files/2021/nats.plan-po-razvitiju-zelenoj-ekonomiki.pdf>. – Дата доступа: 22.06.2024.
7. Мониторинг животного мира Беларуси (основные принципы и результаты) / Л. М. Суценья [и др.] ; под общ. ред. Л. М. Суцени. – Мн. : БелНИЦ «Экология», 2005. – 223 с.
8. Демянчик, В. Т. Позвоночные животные Беларуси : учеб.-метод. пособие / В. Т. Демянчик, М. Г. Демянчик. – Брест : БрГУ, 2015. – 139 с.

УДК 598.2, УДК 628.2

### РЕДКИЙ ОРНИТОКОМПЛЕКС ВОДОВЫПУСКА КАНАЛИЗАЦИОННОГО КОЛЛЕКТОРА ГОРОДА БРЕСТА

*Демянчик В. Т.<sup>1</sup>, Рабчук В. П.<sup>2</sup>, Демянчик В. В.<sup>3</sup>, Кунаховец Д. А.<sup>4</sup>*

<sup>1</sup>Заведующий лабораторией оптимизации экосистем, Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси, Брест, Беларусь, [koktebel.by@mail.ru](mailto:koktebel.by@mail.ru)

<sup>2</sup>Научный сотрудник лаборатории оптимизации экосистем, Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси, Брест, Беларусь, [rvrpsr@yandex.by](mailto:rvrpsr@yandex.by)

<sup>3</sup>Научный сотрудник лаборатории оптимизации экосистем, Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси, Брест, Беларусь, [koktebel.by@mail.ru](mailto:koktebel.by@mail.ru)

<sup>4</sup>Младший научный сотрудник лаборатории оптимизации экосистем, Полесский аграрно-экологический институт НАН Беларуси, Брест, Беларусь, [daria.sharko@mail.ru](mailto:daria.sharko@mail.ru)

### **Аннотация**

Приводится характеристика одного из наиболее стабильных по годам, обильных по численности и биомассе видов скопления водоплавающих и околоводных птиц: 3140 особей / 1 га; 6521,19 кг / 1 га. Орнитокомплекс сформировался на водовыпуске канализационного коллектора в р. Мухавец г. Бреста в зоне «Старой пристани».

Наиболее репрезентативный состав видов птиц концентрировался в «экстремально» (для Бреста) морозные дни (–10...–15 °С). Участок перспективен для специальной охраны в качестве ключевого местообитания охраняемых и промысловых видов птиц.

**Ключевые слова:** Aves, птицы города, водоплавающие, канализационный коллектор, р. Мухавец.

## **RARE ORNITHO COMPLEX OF THE WATER OUTLET OF THE SEWER COLLECTOR OF THE CITY OF BREST**

*Demyanchik V. T.<sup>1</sup>, Rabchuk V. P.<sup>2</sup>, Demyanchik V. V.<sup>3</sup>, Kunakhavets D. A.<sup>4</sup>*

### **Abstract**

The characteristics of one of the most stable over the years, abundant according to the number and biomass of species in the aggregation of waterfowl and semi-aquatic birds: 3140 individuals / 1 ha; 6521.19 kg / 1 ha. The ornithocomplex was formed at the outlet of the sewerage collector into the Mukhavets River in the city of Brest in the “Old Pier” area.

The most representative composition of bird species was concentrated on “extremely” (for Brest) frosty days (–10...–15 °С). The site is promising for special protection as a key habitat for protected and commercial bird species.

**Keywords:** Aves, city birds, waterfowl, sewer collector, Mukhavets river.

**Введение.** Город Брест (146 км<sup>2</sup>) второй по площади после столицы – Минска. Центральную часть города с запада на восток составляет водно-зеленый диаметр. Средообразующей осью диаметра является русло р. Мухавец с крупными русловыми прудами (бывшими отработанными карьерами нерудных материалов).

По всей акватории реки в городской черте расположены водовыпуски ливневой и другой канализации. На сопряжении русла, пруда и водовыпуска сформировался редкий по обилию, видовому многообразию и экологическим особенностям комплекс околоводных и водоплавающих птиц. Обоснования по специальной охране таких местообитаний до настоящего времени нет.

**Материалы и методы.** Исследования орнитофауны Бреста с разной степенью интенсивности проводились с 1977 г. по настоящее время. Специальные учеты зимующих видов птиц проводились с конца 1980 гг.

Для оценки видового состава и численности птиц на постоянных площадках наблюдений и учетных маршрутах использовались методы, рекомендованные в Национальной системе мониторинга окружающей среды Республики Беларусь и в литературных источниках [1; 2; 3; 4 и др.].

**Результаты и обсуждение.** В ходе сравнительно интенсивных исследований скоплений птиц города, проведенных в 1990–2023 гг. выявлен сравнительно редкий орнитокомплекс, который сформировался около 30 лет назад. Локалитет расположен в зоне «Старой пристани» расчетно-планировочного района Центр. Акваторию составляют оголовки водовыпуска канализационного коллектора (полупогружен в воду), мелководье (0,1–0,6 м), судоходный фарватер р. Мухавец, прилегающее расширение руслового пруда (бывшего карьера).

В водовыпуске коллектора круглогодично идет водосброс в реку. Вода даже в сильные морозы здесь полностью никогда не замерзала за все годы наблюдений.

Береговая зона образована куртинами тополя белого (*Populus alba*), тополя черного (*Populus nigra*), ольхи черной (*Alnus glutinosa*), ивы ломкой (*Salix fragilis*), ивы белой (*Salix alba*), ивы остролистной (*Salix acutifolia*), облепихи крушиновидной (*Hippophae rhamnoides*). По урезу воды – узкая полоса рогоза широколистного (*Typha latifolia*), тростника обыкновенного (*Phragmites australis*), зюзника европейского (*Lycopus europaeus*), череды облиственной (*Bidens frondosa*).

Среди плавающих растений встречается стрелолист обыкновенный (*Sagittaria sagittifolia*), кубышка желтая (*Nuphar lutea*). В конце июля – ноябре на воде развиваются обильные заросли сальвинии плавающей (*Salvinia natans*).

В июне – апреле (т. е. почти круглый год, за исключением мая) в этом локалитете «Старой пристани» скапливаются околородные и другие птицы. Обилие и численность птиц резко нарастает с августа и до зимних месяцев. В особо морозную погоду (температура воздуха до –10...–15 °С и ниже) здесь сохраняется полынья площадью 0,1–1,0 га, и где концентрируются птицы в особо плотном скоплении.

В таблице 1 и на рисунках 1, 2 представлены результаты одномоментных учетов птиц в самый морозный день (–11 °С) за зиму 2022/2023 гг.

**Таблица 1 – Структура орнитофауны на водовыпуске канализационного коллектора в р. Мухавец, г. Брест «Старая пристань». 19.12.2022, 15:20**

№ п/п	Виды птиц	$n^1$	$n, \%$	$m_i, \text{г}$	$\sum m_i, \text{г}$	$m_i, \%$
1	Баклан большой ( <i>Phalacrocorax carbo</i> )	5	1,062	2100	10500	1,073
2	Лебедь-шипун ( <i>Cygnus olor</i> )	92	19,533	7000	644000	65,837
3	Кряква ( <i>Anas platyrhynchos</i> )	335	71,125	900	301500	30,823
4	Нырок белоглазый ( <i>Aythya nyroca</i> )	1	0,212	500	500	0,051
5	Чернеть хохлатая ( <i>Aythya fuligula</i> )	2	0,425	780	1560	0,159
6	Гоголь обыкновенный ( <i>Bucephala clangula</i> )	1	0,212	720	720	0,074
7	Камышница ( <i>Gallinula chloropus</i> )	6	1,274	270	1620	0,166
8	Лысуха ( <i>Fulica atra</i> )	20	4,246	750	15000	1,533
9	Чайка озерная ( <i>Chroicocephalus ridibundus</i> )	6	1,274	310	1860	0,190
10	Чайка сизая ( <i>Larus canus</i> )	1	0,212	400	400	0,041
11	Крапивник ( <i>Troglodytes troglodytes</i> )	1	0,212	8	8	0,001
12	Ворона серая ( <i>Corvus cornix</i> )	1	0,212	510	510	0,052
<b>Всего</b>		<b>471</b>	<b>100</b>		<b>978178</b>	<b>100</b>

Примечание –  $n^1$  – число особей;  $m_i$  – средняя масса особи.

Во второй половине «экстремально» морозного дня 19.12.2022 на водовыпуске «Старой пристани» сформировалось одно из самых обильных скоплений птиц, характерных для типичной городской акватории Бреста в условиях морозной зимней погоды. В этот день большинство небольших полыней, за исключением переливов и быстротоков обоих плотин, в городской черте Бреста замерзли.



**Рисунок 1 – Орнитокомплекс «Старой пристани» 19.12.2022. Общий вид**



Рисунок 2 – Орнитокомплекс «Старой пристани» 19.12.2022.

Редкий представитель зимующих птиц: кряква-меланист (*Anas platyrhynchos, f. nigra*)

Несмотря на сравнительно обширную полынью (1,1 га), птицы держались скучено на преимущественно мелководной акватории площадью 0,15 га. Поэтому плотность одномоментной численности вычислялась из расчета 0,15 га.

Всего здесь за 40 минут учтено 12 видов птиц, значительное обилие которых по численности составило 3140 особей / 1 га, биомассы 6521,19 кг / 1 га, что представляет собой редкое явление. Отметим, что скопления водоплавающих и околоводных птиц для Бреста впервые отмечены в 1964 г. [5;6]. Причем массовая зимовка на тот период была известна только для кряквы [5].

Остальные виды, исключая ворону серую, на зимовках даже в статусе единичных особей в Бресте не были известны (таблица 1). Причем нырок белоглазый, баклан большой в типичной городской акватории единично и небольшими группами появились на зимовке только в последние зимы.

В числе общих особенностей отмечено, что в градиенте численности птиц в условиях «экстремальной» зимовки прослеживается хронологическая последовательность образования в городской черте зимовальных скоплений птиц. Так 71 % особей составила кряква – первый зимующий вид водоплавающих в статусе скоплений. Вторым стал встречаться в Бресте на массовых зимовках в первой половине 1980 гг. лебедь-шипун [7]. Соответственно на современной «экстремальной» зимовке «Старой пристани» он оказался содоминантом (таблица 1).

Статус конкретных видов птиц на водовыпуске «Старая пристань» показывают следующие данные.

Кряква: в Бресте в 2010–2021 гг. – обычный гнездящийся, многочисленный мигрирующий и кочующий, массовый зимующий и частично оседлый вид.

Единственный представитель водоплавающих птиц Бреста, хотя бы частично представленный в течение ряда лет круглогодично обитающей группировкой. И в этом отношении *A. platyrhynchos* в Бресте может считаться оседлым видом. Зарегистрирована в миграционные периоды как многочисленный или малочисленный вид во всех районах. В гнездовые периоды отмечалась во всех районах Бреста в статусе от очень редкого до обычного вида.

В числе 335 особей кряквы на «Старой пристани» 19.12.2022 отмечены и меланисты этого вида.

Лебедь-шипун: в Бресте в 2010–2021 гг. *C. olor* – обычный мигрирующий, кочующий, летующий и зимующий, очень редкий гнездящийся вид. В отдельные суровые зимы отмечался в статусе многочисленного вида. Наиболее заметный вид водоплавающих и крупных птиц города во все сезоны года.

В миграционные сезоны и в ходе летних кочевок взрослые и молодые особи лебедя-шипуна регистрировались на водных объектах во всех районах города.

Лысуха: в Бресте в 2010–2021 гг. – малочисленный (в последние годы – обычный) зимующий, обычный в сезоны миграций и гнездования вид.

В миграционные периоды этот вид птиц регистрировался на акваториях и берегах озер-стариц (в поймах Западного Буга, Мухавца), затоках старичных (в поймах Западного Буга, Мухавца), русловых (на Мухавце), пойменных карьерных и непойменных карьерных прудах, прудах-отстойниках, прудах водоочистки, руслах Западного Буга, Мухавца, Лесной, старичных протоках, крупных обводных канавах и каналах с хорошо развитой береговой растительностью.

Камышница: в Бресте в 2010–2021 гг. – редкий зимующий, обычный в сезоны миграций и гнездования вид.

В миграционные периоды регистрировалась на акваториях и берегах озер-стариц (в поймах Западного Буга, Мухавца), затоках старичных (в поймах Западного Буга, Мухавца), заливах (на Мухавце), пойменных и непойменных карьерных прудах, прудах-отстойниках, прудах водоочистки и декоративных, прудах-сборниках, канавах дренажных и обводных, руслах Западного Буга, Мухавца, Лесной, старичных протоках, канализированных ручьях и каналах.

Среди особей этого вида на «Старой пристани» 19.12.2022 отмечены как минимум 2 камышницы с отмороженными (?) пальцами.

Чайка озерная: в Бресте в 2010–2021 гг. – массовый мигрирующий и кочующий, единично зимующий и в целом (по числу колоний) единично гнездящийся вид. По числу гнездящихся пар может считаться массовым видом.

В миграционных стадиях весной, летом и осенью *Ch. ridibundus* рассредоточивались во всех районах города. Дневные концентрации и ночевки особей располагались на русле, пойменных прудах Мухавца и Западного Буга, а также на домах.

Баклан большой: в Бресте в 2010–2020 гг. – обычный, малочисленный и редкий вид на миграциях и зимовках.

Кроме того, единично отмечались летующие группы и особи. В миграционные и зимние сезоны встречался на озерах-старицах и старичных затоках, русловых, пойменных и непойменных прудах, крупных и средних прудах очистных сооружений. В миграционные сезоны в Центре, на Речице, в Катином Бору, на Красном дворе отмечен как регулярно обитающий вид. В Котельне-Боярской отмечался как малочисленный (редкий) вид. Единичные регистрации этого вида зафиксированы на Вульке, на Ковалево, в Вычулках. В морозные периоды *P. carbo* концентрировался на руслах Западного Буга и Мухавца, крупных и средних прудах очистных сооружений (Катин Бор, Центр, Волынка, Котельня-Боярская, Вычулки, Красный двор). Рост числа регистраций характерен

для заливов, пойменных и непойменных прудов и незамерзающих участков русел Каменки, Мухавца, Западного Буга на восточной и западной окраинах города.

Чернеть хохлатая: в Бресте в 2010–2021 гг. по разным районам – малочисленный, очень редкий, единично регистрируемый на миграциях и зимовках вид; редко, очень редко или единично гнездящийся вид.

В миграционные сезоны в малом числе и единично регистрировалась на различных водоемах и водотоках во всех районах, кроме Дубровки и Граевки. Единично регистрировалась и к настоящему времени исчезла в гнездовые периоды на озерах- старицах (в поймах Западного Буга, Мухавца), старичных затоках (в поймах Западного Буга, Мухавца), пойменных карьерных и непойменных карьерных прудах, прудах воодочистки и отстойниках, лугах-отстойниках в Центре, Катином Бору, Ковалево, на Речице. Гнездилась на непойменных карьерных прудах в Вычулках. На Волынке исчезла с гнездования в период с 1990 по 2010 гг.

Нырок белоглазый: в Бресте в 2010–2021 гг. – единично мигрирующий, исчезнувший на гнездовании и зимовках вид.

Единично регистрировался в миграционные периоды на руслах Западного Буга и Мухавца, пойменных карьерных и непойменных карьерных прудах в Центре, Вычулках, на Востоке, Речице. На гнездовании единично регистрировался в 1990–1996 гг. на сплавинах двух озер- стариц в пойме Мухавца. Выводки держались на озерах- старицах и русле Мухавца в Центре.

Гоголь обыкновенный: в Бресте в 2010–2021 гг. – малочисленный транзитно мигрирующий и зимующий вид.

Встречался в заливах (на Мухавце), пойменных карьерных и непойменных карьерных прудах, прудах воодочистки и отстойниках, руслах Западного Буга, Мухавца, Лесной в миграционные периоды во многих районах: Центр, Восток, Киевка, Речица, Граевка, Вулька, Волынка-Гершоны, Ковалево, Красный Двор, Вычулки, Котельня-Боярская.

Чайка сизая: в Бресте в 2010–2021 гг. – единично гнездящийся, многочисленный мигрирующий, редкий кочующий, очень редко зимующий вид.

В отдельные годы – массовый мигрирующий и кочующий вид в пригородной зоне Бреста.

В миграционных станциях *L. canus* весной, летом и осенью рассредоточивались во всех районах города. Дневные концентрации и ночевки особей – на руслах и пойменных водоемах Мухавца и Западного Буга и крышах производственных зданий и сооружений, многоэтажных жилых домов, в компостных и мусорных станциях.

Крапивник: в Бресте в 2010–2023 гг. – обычный мигрирующий и зимующий, малочисленный гнездящийся вид.

Участок в зоне водовыпуска перспективен для официальной охраны в качестве ключевого местообитания охраняемых и промысловых видов птиц по аналогии с зимовальными ямами рыб.

Ворона серая: в Бресте в 2010–2023 гг. – массовый гнездящийся, мигрирующий и зимующий вид.

Миграционные и зимовальные станции серой вороны в разной степени охватывают все 152 вида станций, выделенных в Бресте.

**Заключение.** Таким образом выявлено одно из наиболее обильных по численности и биомассе видов скопления водоплавающих и околоводных птиц: 3140 особей / 1 га; 6521,19 кг / 1 га. Орнитокомплекс сформировался на водовыпуске канализационного коллектора в р. Мухавец г. Бреста в зоне «Старой пристани».

Наиболее репрезентативный состав видов птиц концентрировался в «экстремально» (для Бреста) морозные дни (–10...–15 °С).

Фоновые виды птиц указанного орнитокомплекса: *Phalacrocorax carbo*, *Cygnus olor*, *Anas platyrhynchos*, *Aythya nyroca*, *Aythya fuligula*, *Bucephala clangula*, *Gallinula chloropus*, *Fulica atra*, *Larus ridibundus*, *Larus canus*, *Troglodytes troglodytes*, *Corvus cornix*.

По аналогии с зимовальными ямами для рыб, стабильные компактные зимовальные местообитания редких и промысловых видов птиц следует специально сохранять.

**Благодарности.** Выражаем благодарность М. Г. Демянчик за активное содействие в проведении исследований.

#### Список цитированных источников

1. Птицы Бреста: Общие сведения : монография / В. Т. Демянчик [и др.]. – Брест : БрГУ, 2022. – 210 с.
2. Воронецкий, В. И. Методы учета сов / В. И. Воронецкий, А. К. Тишечкин, В. Т. Демянчик // Методы изучения и охраны хищных птиц : метод. рекомендации. – М. : ЦНИЛ Главохоты, 1990. – С. 23–36.
3. Демянчик, М. Г. Учебная практика по зоологии позвоночных : учеб.-метод. пособие / М. Г. Демянчик, В. Т. Демянчик. – Брест : БрГУ, 2012. – 178 с.
4. Мониторинг животного мира Беларуси (основные принципы и результаты) / Л. М. Сущеня [и др.] ; под общ. ред. Л. М. Сущени. – Мн. : БелНИЦ «Экология», 2005. – 223 с.
5. Рубин, Ф. Е. Зимовки некоторых перелетных птиц Беларуси / Ф. Е. Рубин, С. М. Соловей // Орнитология в СССР : материалы (тез.) V Всесоюз. орнитол. конф., Ашхабад, 1969 г. – Ашхабад, 1969. – Ч. 2. – С. 541–543.
6. Федюшин, А. В. Птицы Белоруссии / А. В. Федюшин, М. С. Долбик. – Минск : Наука и техника, 1967. – 520 с.
7. Шокало, С. И. Зимовки лебедя-шипуна в Брестской области / С. И. Шокало, Б. И. Шокало // Материалы XII Прибалтийской орнитологической конференции : тез. докл. – Вильнюс, 1988. – С. 252–254.

## АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ПРОБЛЕМАМ ОХРАНЫ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОД ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ БЕЛАРУСИ

*Зань М. В.<sup>1</sup>, Крук А. С.<sup>2</sup>*

*Научный руководитель: Андreyuk С. В.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Студент факультета инженерных систем и экологии (далее ФИСЭ), БрГТУ, Брест, Беларусь, zanmaksim05@mail.ru

<sup>2</sup> Студент ФИСЭ, БрГТУ, Брест, Беларусь, krukaleksandra.ss@gmail.com

<sup>3</sup> Заведующий кафедрой водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов, БрГТУ, Брест, Беларусь, svandreyuk@g.bstu.by

### **Аннотация**

В Беларуси водоснабжение городов, городских и сельских поселков, а также промышленных предприятий базируется на использовании пресных подземных вод. Сохранение качества подземных вод действующих водозаборов является актуальной задачей. Дана краткая характеристика условий эксплуатации подземных вод и их качества в районах действующих водозаборов, а также в естественных и слабонарушенных условиях. В статье приводятся перспективные направления исследований по проблемам охраны и использования вод действующих водозаборов Беларуси.

**Ключевые слова:** поверхностные воды, подземные воды, мониторинг, охрана вод, водопользование.

## ANALYTICAL REVIEW OF THE STATUS AND PROMISING DIRECTIONS OF RESEARCH ON PROBLEMS OF PROTECTION AND USE OF WATER IN THE NATURAL ENVIRONMENT OF BELARUS

*Zan M. V.<sup>1</sup>, Kruk A. S.<sup>2</sup>*

### **Abstract**

In Belarus, water supply to cities, urban and rural settlements, as well as industrial enterprises is based on the use of fresh groundwater. Preserving the quality of groundwater from existing water intakes is an urgent task. A brief description of the operating conditions of groundwater and its quality in areas of existing water intakes, as well as in natural and slightly disturbed conditions, is given. The article presents promising areas of research on the problems of protection and use of water from existing water intakes in Belarus.

**Keywords:** surface water, groundwater, monitoring, water protection, water use.

**Введение.** В Беларуси централизованное водоснабжение городов, городских и сельских поселков, а также промышленных предприятий базируется на использовании пресных подземных вод, приуроченных к водоносным горизонтам и комплексам четвертичных и дочетвертичных отложений зоны активного водообмена, и осуществляется посредством эксплуатации групповых водозаборов с утвержденными эксплуатационными запасами.

Прогнозные эксплуатационные ресурсы пресных подземных вод в целом для страны оцениваются в 49596 тыс.м<sup>3</sup>/сут. В настоящее время разведано 14,3% от прогнозных ресурсов. Потенциальные возможности использования подземных вод характеризуются их естественными ресурсами, которые составляют 43560 тыс.м<sup>3</sup>/сут [1].

**Аналитический обзор состояния природной среды Беларуси по вопросам водопользования (добыча (изъятие) вод, использование их на различные нужды, сброс сточных вод в окружающую среду).** В 2022 г. состояние поверхностных вод было оценено по данным наблюдений на 113 поверхностных водных объектах (на 103 водотоках и 10 водоемах). При этом наблюдения по гидрохимическим показателям велись на 231 поверхностном водном объекте (на 168 водотоках и 63 водоемах), по гидробиологическим показателям – на 160 поверхностных водных объектах (на 85 водотоках и 75 водоемах) [2].

Проведенный анализ использования воды в Республике Беларусь на основании данных 2747 водопользователей показал, что в 2022 г. объём добычи (изъятия) воды уменьшился на 11,125 млн. м<sup>3</sup> (0,78 %) и составил 1413,984 млн. м<sup>3</sup>, из них: изъято поверхностных вод – 610 млн. м<sup>3</sup>, добыто подземных вод – 804 млн. м<sup>3</sup>.

Расход воды в системах оборотного водоснабжения составил 6391,203 млн. м<sup>3</sup>, что выше на 577,847 млн. м<sup>3</sup> (9,94 %), чем аналогичный показатель 2021 года. Увеличение произошло за счёт выхода на проектную мощность РУП «Белорусская атомная электростанция». Ежегодно в Республике Беларусь снижаются потери и неучтенные расходы воды. В 2014 г. они составили 139,8 млн. м<sup>3</sup>, в 2015 г. – 128,2 млн. м<sup>3</sup>, в 2017 г. – 102,8 млн. м<sup>3</sup>, в 2018 г. – 93,6 млн. м<sup>3</sup>. Это уменьшение достигнуто за счет планомерной работы по снижению потерь предприятиями водопроводно-канализационного хозяйства страны.

Объём сточных вод, принятых в 2022 году в централизованные системы водоотведения (канализации) населенных пунктов, составил 111,756 млн. м<sup>3</sup>, что на 5,679 млн. м<sup>3</sup> (4,84 %) меньше, чем в 2021 году. Проектная мощность очистных сооружений сточных вод, сбрасываемых в поверхностные водные объекты, в том числе очистных сооружений поверхностных сточных вод, в 2022 г. по отношению к предыдущему году увеличилась на 165,3 млн. м<sup>3</sup> (3,95 %) и составила 4347,158 млн. м<sup>3</sup> за счет ввода в эксплуатацию новых объектов очистных сооружений сточных вод [2].

**Мониторинг поверхностных и подземных вод. Международные требования к оценке состояния.** Результаты мониторинга поверхностных вод в 2022 г. свидетельствуют о том, что преобладающее количество поверхностных водных объектов Беларуси в 2022 г. соответствовало отличному и хорошему состоянию (статусу) по гидрохимическим и гидробиологическим показателям [2].

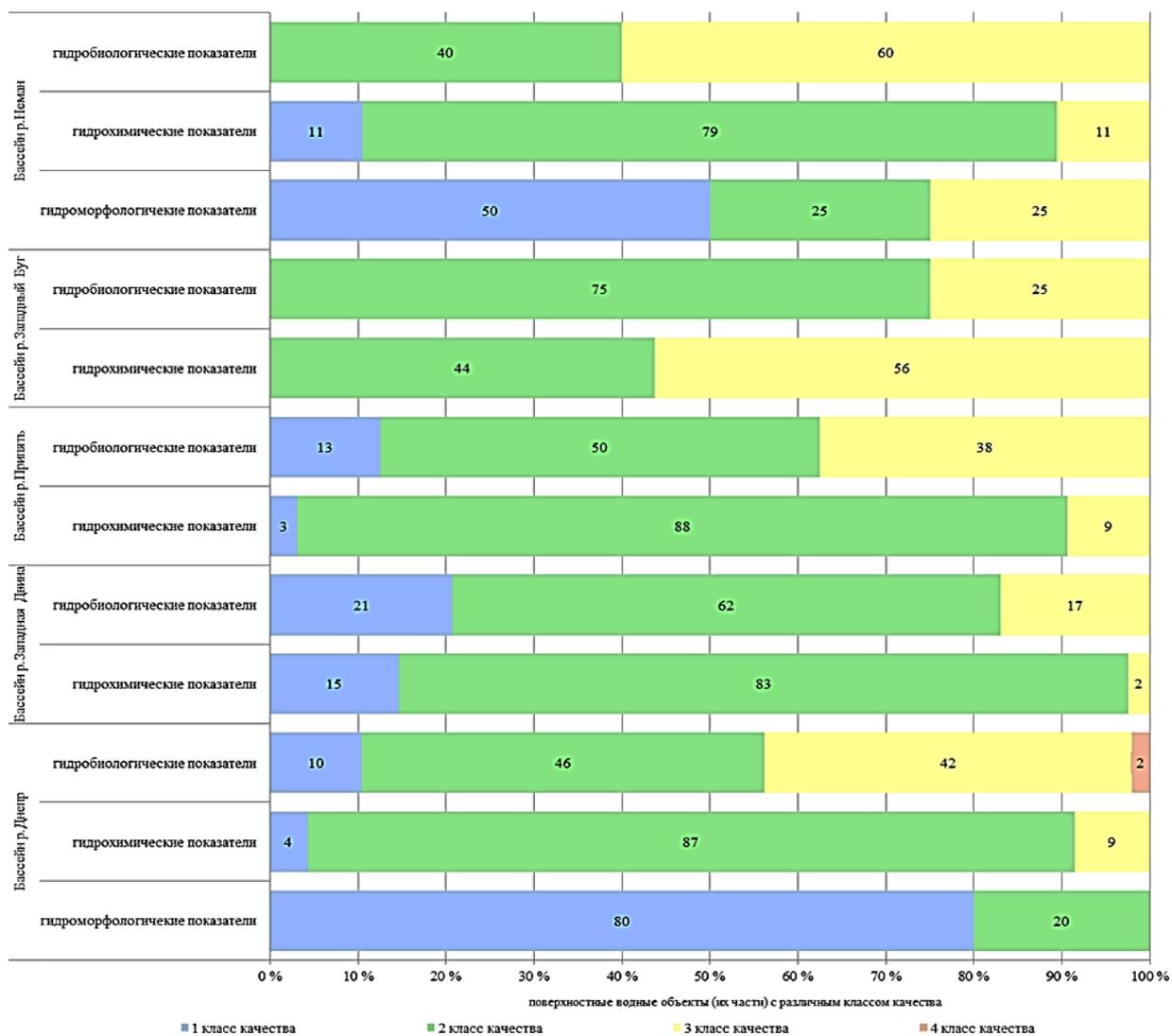
На рисунке 1 представлено относительное количество поверхностных водных объектов с различным классом качества по гидробиологическим показателям в 2022 г. В 2022 г. состояние поверхностных водных объектов по гидробиологическим показателям в сравнении с 2020 г. в бассейнах р. Неман, р. Западный Буг, р. Припять и р. Днепр ухудшилось.

В 2022 г. в поверхностных водных объектах республики наибольшее количество превышений норматива качества воды по соединениям азота зафиксировано по *аммоний-иону* и *нитрит-иону*. В 2022 г. в бассейне р. Днепр увеличилось количество проб с избыточным содержанием аммоний-иона на 6 %, для бассейнов рек Западная Двина, Западный Буг, Неман, Припять можно констатировать незначительное снижение нагрузки по аммоний-иону [3].

В сравнении с 2021 г. в 2022 г. в воде поверхностных водных объектов бассейнов р. Западная Двина и р. Неман количество проб с избыточным содержанием *нитрит-иона* уменьшилось, а в воде поверхностных водных объектов бассейна р. Западный Буг и р. Припять содержание *нитрит-иона* осталось без существенных изменений. Для бассейна р. Днепр в 2022 г. отмечено увеличение содержания *нитрит-иона* на 3 % [3].

В 2022 г. незначительно увеличилось количество проб воды с избыточным содержанием *фосфора общего* в бассейнах рек Днепр и Западный Буг по сравнению с 2021 г. В 2022 г. в воде бассейнов рек Западная Двина, Неман и Припять уменьшилось количество проб с избыточным содержанием *фосфора общего* [3].

Наибольшее количество превышений норматива качества воды по биогенным веществам (*аммоний-иону*, *нитрит-иону*, *фосфат-иону* и *фосфору общему*) характерно для бассейна р. Западный Буг.



**Рисунок 1 – Относительное количество поверхностных водных объектов (их частей) с различным классом качества по гидробиологическим, гидрохимическим и гидроморфологическим показателям в 2022 г. [3]**

**Таблица 1 – Сброс сточных вод в поверхностные водные объекты по областям, городам областного подчинения, бассейнам рек и видам экономической деятельности за 2021 – 2022 гг. [2]**

Область, город, бассейн реки, вид экономической деятельности	Всего		Сброшено без превышения нормативов допустимых сбросов химических и иных веществ (всего)		из них после очистки на очистных сооружениях		Сброшено с превышением нормативов допустимых сбросов химических и иных веществ	
	2021 (предыдущ. год)	2022 (отчетн. год)						
			2021 (предыдущ. год)	2022 (отчетн. год)	2021 (предыдущ. год)	2022 (отчетн. год)	2021 (предыдущ. год)	2022 (отчетн. год)
<b>Область, город</b>								
Брестская область	186,3	173,2	186,3	173,1	78,4	71,8	0,03	0,2
Брест	41,5	41,8	41,5	41,8	35,0	35,6	0,0	0,0
Витебская область	152,2	153,3	152,1	153,2	88,7	89,2	0,07	0,1
Витебск	50,5	53,4	50,5	53,4	29,8	33,2	0,002	0,02
Гомельская область	150,1	157,4	150,0	157,3	104,4	105,4	0,1	0,1
Гомель	71,9	77,9	71,9	77,9	47,8	47,3	0,013	0,001
Гродненская область	145,5	128,0	145,4	127,9	98,8	91,3	0,1	0,04
Гродно	65,9	59,1	65,9	59,1	63,8	57,5	0,004	0,0
Могилёвская область	115,5	115,3	115,5	115,3	81,2	82,0	0,04	0,03
Могилёв	51,4	53,3	51,4	53,3	43,6	44,7	0,01	0,0
Минская область	152,1	155,7	150,1	153,9	65,8	66,3	1,9	1,8
Минск	232,3	237,8	232,2	237,3	228,0	231,0	0,08	0,5
<b>Бассейн реки</b>								
Бассейн р. Неман	199,8	178,7	198,0	177,0	128,3	117,0	1,7	1,7
Бассейн р. Западный Буг	58,6	59,2	58,6	59,1	42,7	40,2	0,001	0,007
Бассейн р. Западная Двина	140,3	141,1	140,2	141,0	75,8	76,0	0,1	0,1
Бассейн р. Припять	200,0	203,9	199,5	203,8	62,8	60,3	0,2	0,1

В 2022 г. зафиксированы случаи превышения норматива качества воды по *нефтепродуктам* в воде р. Лошица (75 % проб с превышениями), р. Свислочь н.п. Королищевичи (58,33 % проб с превышениями) (бассейн р. Днепр), р. Морочь (бассейн р. Припять), р. Мухавец ниже г. Жабинка, р. Западный Буг н.п. Новоселки (бассейн р. Западный Буг), с максимумом в воде р. Мухавец ниже г. Жабинка (3,8 ПДК). Наибольшее количество случаев превышения норматива качества воды по *нефтепродуктам* выявлено в воде поверхностных водных объектов бассейна р. Днепр (2,1 % проб) [3].

В 2022 г. наблюдения за состоянием поверхностных вод по гидроморфологическим показателям проводились в бассейне р. Неман и Днепр на 9 пунктах наблюдений (р. Березина г. Борисов; р. Плисса г. Жодино; р. Гайна н.п. Гайна; р. Жадунька г. Костюковичи; р. Свислочь н.п. Королищевичи; р. Виляя н.п. Вилейка; р. Виляя н.п. Быстрица; р. Уша г. Молодечно; р. Удога н.п. Чериков). По результатам проведенной оценки степени изменений поверхностных вод по гидроморфологическим показателям по количественной оценке (группа А) участки рек Плисса г. Жодино, Гайна н.п. Гайна, Жадунька г. Костюковичи, Свислочь н.п. Королищевичи, Удога г. Чериков, Виляя н.п. Быстрица имеют близкое к природному состояние, р. Березина г. Борисов и р. Виляя г. Вилейка – незначительно измененное состояние, р. Уша г. Молодечно – умеренно измененное состояние. По качественной оценке (группа Б) все реки имеют состояние от близкого к природному до незначительно измененного, а р. Уша – от незначительно измененного до умеренно измененного [3].

Управление водными ресурсами Республики Беларусь нацелено на реализацию комплекса мероприятий по снижению объемов сбросов сточных вод в окружающую среду, реконструкцию и модернизацию существующих очистных сооружений, снижению потерь и неучтенных расходов в системах коммунального водоснабжения. Законом Республики Беларусь от 5 января 2022 года № 148-З «Об изменении законов по вопросам обеспечения единства измерений и охраны водных ресурсов» внесены изменения в Водный кодекс Республики Беларусь от 30 апреля 2014 года №149-З (вступили силу с 12 апреля 2022 года) в части дополнения Водного кодекса статьей о требованиях к содержанию поверхностных водных объектов в надлежащем состоянии и их благоустройству [4].

**Мониторинг подземных вод** в 2022 г. проводился на 96 гидрогеологических постах по 342 наблюдательным скважинам .

В результате выполненного анализа гидрохимических данных, полученных за 2022 г. установлено, что:

физико-химический состав подземных вод, опробованных за отчетный период на пунктах наблюдений НСМОС по определяемым компонентам в основном, соответствует установленным требованиям качества вод.

Исключение составили превышающие ПДК показатели органолептических свойств по: *мутности* (в 19 скважинах) в 1-30 раз; *цветности* (в 2 скважинах) в 1,67-1,79 раза, *запаху* (в 4 скважинах) в 1-2,5 раза; а также показатели по *окисляемости перманганатной* (в 4 скважинах) в 1,2-2,18 раза и окиси кремния (в 4 скважинах) в 1,07-1,37 раза. Кроме того, в 4 скважинах, оборудованных

на грунтовые воды, выявлены несоответствия установленным нормативам *водородного показателя* – в 2 скважинах ниже ПДК и в 2 скважинах на уровне и выше ПДК. В 1 скважине зафиксированы превышения по *нитрат-иону* (в скважине 533 Волчинского г/г поста). В данной скважине, расположенной в д. Волчин Каменецкого района Брестской области нитрат-ионы (по  $\text{NO}_3^-$ ) достигают 1,04 ПДК (46,8 мг/дм<sup>3</sup>).

Такие показатели, не удовлетворяющие ПДК, могут быть обусловлены влиянием как антропогенных (сельскохозяйственное), так и природных (высокая проницаемость покровных отложений, присутствие фульво- и гуминовых веществ в почве, литологический состав водовмещающих пород, обильные выпадения атмосферных осадков) факторов [3].

Подземные воды являются основным источником централизованного водоснабжения населения Республики Беларусь. Так, прогнозные эксплуатационные ресурсы пресных подземных вод в целом по стране оцениваются в 49,596 млн м<sup>3</sup>/сут. Потенциальные возможности использования подземных вод характеризуются их естественными ресурсами, которые составляют 43,56 млн м<sup>3</sup>/сут. Самые большие естественные ресурсы – в Минской и Витебской областях, самые малые – в Брестской области.

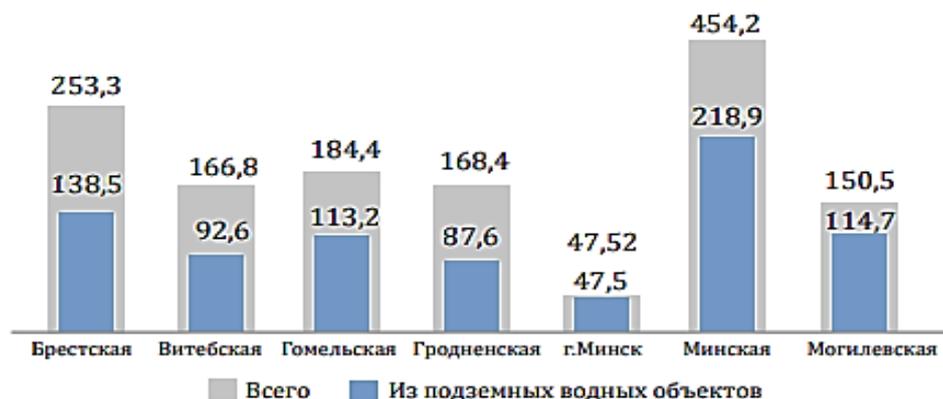


Рисунок 2 – Добыча (изъятие) воды из природных источников по областям Республики Беларусь [2]

**Эксплуатация подземных вод и их качество в районах действующих водозаборов.** Общий водоотбор пресных подземных вод из скважин составил 2,3 млн. м<sup>3</sup>/сут. На водозаборах с утвержденными запасами – 1,4 млн. м<sup>3</sup>/сут. Степень использования разведанных эксплуатационных запасов подземных вод в целом по Республике Беларусь составляет 22%.

За период 2017-2022 гг. объем забора воды из окружающей среды вырос на 0,82%. При этом наблюдается снижение забора из подземных источников на 1,73% и рост забора из поверхностных объектов – на 4,42%. Процент распределение и использования забранной воды сохраняется на уровне 89-90%. Объем сточных вод в очистных сооружениях сохраняется на уровне 53-54% от распределенной и использованной в хозяйственной деятельности воды. При этом возвратные потоки воды в окружающую среду составляют 75-77% от забора воды.

Наибольший объем забранной воды для распределения и использования приходится на сельское, лесное и рыбное хозяйство (31,29%); обрабатывающую промышленность (16,27%); снабжение электроэнергией, газом, паром, горячей водой и кондиционированным воздухом (8,40%).

Наибольший объем сточных вод в очистных сооружениях приходится на водоснабжение, сбор, обработка и удаление отходов (73,15%); обрабатывающую промышленность (14,63%); снабжение электроэнергией, газом, паром, горячей водой и кондиционированным воздухом (9,62%). В Беларуси доля потребления воды на сельскохозяйственные нужды (36%) ниже средних мировых значений (69%), но выше средних европейских (25%), тогда как доля потребления воды на нужды промышленности (25%) выше, чем в среднем в мире (19%), но более чем в два раза ниже, чем в Европе (54%). Основными потребителями воды в Беларуси являются домашние хозяйства (39%), что значительно превышает средние уровни водопользования в Европе и в мире (21% и 12% соответственно).

Показатель обеспеченности водными ресурсами в стране (по среднемноголетнему общему годовому речному стоку) составляет 6,1 тыс. куб.м воды в год на душу населения и находится на уровне среднеевропейского значения. Это значительно выше, чем в некоторых сопредельных странах (Польша и Украина).

Качество подземных вод по основным макрокомпонентам в большинстве проб, отобранных в 2022 году, соответствовало установленным требованиям. Исключениями являются *водородный показатель, окисляемость перманганатная и железо общее*, в отношении которых наблюдаются превышения ПДК.

Повышенное содержание железа в подземных водах объясняется природными гидрогеологическими условиями (далее – г/г условия). Превышений ПДК по содержанию аммоний-иона, сульфат-ионов, нитрит-ионов, хлорид-ионов в подземных водах на г/г постах в 2022 году не зафиксировано. По состоянию на 1 января 2023 года качество подземных вод эксплуатируемых комплексов и водоносных горизонтов на групповых водозаборах населенных пунктов страны в основном соответствует Санитарным правилам и нормам СанПиН 10-124 РБ 99 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества»..

Однако, наблюдается повышенное содержание некоторых химических элементов, а также отклонение от нормативов органолептических свойств. Так, на водозаборах Гомельской области, в большинстве эксплуатационных скважин зафиксировано превышение ПДК по содержанию *марганца, мутности и цветности*. На водозаборах Витебской области воды эксплуатационных скважин содержат превышение ПДК по *жесткости общей, мутности, марганцу*.

**В бассейне р. Днепр** наблюдения за качеством подземных вод в 2022 году проводились по 7 г/г постам на 7 наблюдательных скважинах, оборудованных на грунтовые (4 скважины) и артезианские (3 скважины) воды. В единичных наблюдательных скважинах на водозаборах зафиксированы несоответствия по *водородному показателю*. В двух скважинах бассейна р. Днепр водородный показатель ниже установленной нормы – Хоновский г/г пост (4,38 ед.) и Высковоский г/г пост (4,6 ед.). По показателю *перманганатная окисляемость* превышения

ПДК зафиксированы на г/г poste Остерский (10,88 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>). Наибольшее превышение по *жесткости общей* зафиксировано на водозаборе Парковый (г. Орша) – 11,48 мг/дм<sup>3</sup> при ПДК 0,1 мг/дм<sup>3</sup>. водозабор Сож (г. Гомель) – мутность варьируется от 1,66 до 5,39 мг/дм<sup>3</sup> при ПДК 1,5 мг/дм<sup>3</sup>.

**В бассейне р. Неман** в 2022 году для анализа физико-химического состава подземных вод отобрано 7 проб из скважин (2 скважины оборудованы на грунтовые воды и 5 – на артезианские воды). По показателю *перманганатная окисляемость* превышения ПДК зафиксированы на г/г посту Антонинсбергский (10,72 мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>). В Гродненской области среди 10 водозаборов наибольшее превышение по *мутности* зафиксировано на водозаборе Подгорная Дача (г. Слоним) в пределах 1,56 – 5,34 мг/дм<sup>3</sup> при ПДК 1,5 мг/дм<sup>3</sup>.

**В бассейне р. Западная Двина** в 2022 году на физико-химический состав подземных вод отобрано 2 пробы из скважин (1 скважина оборудована на грунтовые воды и 1 – на артезианские воды). Наибольшее превышение по *мутности* зафиксировано на водозаборе б/о Яново (г. Новополоцк, г. Полоцк) – 12,28 мг/дм<sup>3</sup> при ПДК 1,5 мг/дм<sup>3</sup>, концентрация *марганца* на водозаборе Песковатик (г. Витебск) в пределах 0,153 – 0,84 мг/дм<sup>3</sup> при ПДК 0,1 мг/дм<sup>3</sup>.

**В бассейне р. Западный Буг** в 2022 году на физико-химический состав подземных вод отобрано 4 пробы из скважин, оборудованных на грунтовые воды. В бассейне р. Западный Буг *водородный показатель* незначительно выше нормы (9,16 ед.). На водозаборах Брестской области в 4 скважинах обнаружено превышение нормативов по содержанию *кремния*, в 2 скважинах – *марганца*, и в ряде скважин превышение по органолептическим показателям – цветности и мутности. На водозаборе Гаевский (г. Брест) отмечено значительное превышение по *кремнию* до 20 мг/дм<sup>3</sup> при ПДК 10 мг/дм<sup>3</sup>, а также по *перманганатной окисляемости* до 73,6 мг/дм<sup>3</sup> при ПДК 5 мг/дм<sup>3</sup>. Наибольшее превышение *марганца* характерно для водозабора Аэропорт (г. Брест) до 0,71 мг/дм<sup>3</sup> при ПДК 0,1 мг/дм<sup>3</sup>. Значительное превышение показателей *мутности* зафиксировано на водозаборе Брилево (г. Кобрин) – до 18,8 мг/дм<sup>3</sup> при ПДК 1,5 мг/дм<sup>3</sup>. В единичных скважинах зафиксировано превышение ПДК по *азоту аммонийному* и *водородному показателю* – водозаборы Брилево (г. Кобрин) и Мухавецкий (г. Брест).

**В бассейне р. Припять** наблюдения за качеством подземных вод в 2022 году проводились на 5 г/г постах (1 наблюдательная скважина оборудована на грунтовые воды и 4 скважины – на артезианские воды). По показателю *перманганатная окисляемость* превышения ПДК зафиксированы на г/г poste Парахонский (Пинский район) (5,93 мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>) при допустимой ПДК 5,0 мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. На водозаборах г. Мозырь и г. Светлогорск в единичных скважинах обнаружено незначительное превышение нормативов по содержанию *сероводорода* и *свинца*. Значительное превышение *цветности* зафиксировано на водозаборе Первомайский (г. Береза) – до 62 градусов при ПДК 20 градусов

**Эксплуатация подземных вод и их качество в естественных и слабонарушенных условиях.** На настоящий момент в Республике Беларусь 1,5 миллиона человек пользуются нецентрализованными источниками водоснабжения, такими как шахтные колодцы. Основную часть этой группы составляет сельское население.

Эти источники воды обеспечивают жителей сельских районов, но важно следить за их качеством и обеспечивать безопасность питьевой воды для всех граждан

Формирование химического состава пресных подземных вод в естественных и слабонарушенных условиях определяют в основном две группы факторов:

- прямые факторы, непосредственно воздействующие на подземные воды: состав горных пород, живые организмы, хозяйственная деятельность человека;
- косвенные факторы, определяющие условия, в которых протекает взаимодействие веществ с подземными водами: климат, рельеф, гидрологический режим, растительность, гидрогеологические и гидродинамические условия и пр.

Таким образом, в результате выполненного анализа гидрохимических данных, полученных за 2022 год, установлено следующее:

физико-химический состав подземных вод, опробованных за отчетный период на пунктах наблюдений НСМОС по определяемым компонентам, в основном, соответствует установленным требованиям качества вод.

Исключение составили превышающие ПДК показатели органолептических свойств по: *мутности* (в 19 скважинах) в 1 – 30 раз; *цветности* (в 2 скважинах) в 1,67 – 1,79 раза; *запаху* (в 4 скважинах) в 1 – 2,5 раза; а также показатели по *окисляемости перманганатной* (в 4 скважинах) в 1,2 – 2,18 раза и *окиси кремния* (в 4 скважинах) в 1,07 – 1,37 раза. Кроме того, в 4 скважинах, оборудованных на грунтовые воды, выявлены несоответствия установленным нормативам *водородного показателя* – в 2 скважинах ниже ПДК и в 2 скважинах на уровне и выше ПДК. В 1 скважине зафиксированы превышения по *нитрат-иону* (в скважине 533 Волчинского г/г поста). В данной скважине, расположенной в д. Волчин Каменецкого района Брестской области *нитрат-ионы* достигают 1,04 ПДК (46,8 мг/дм<sup>3</sup>). Это может быть обусловлено тем, что скважина оборудована на неглубоко залегающие, литологически незащищенные грунтовые воды (глубина скважины 73 составляет 5,8 м) и расположена недалеко от деревни вблизи распаханного поля, на которое периодически вносятся минеральные и органические удобрения. Удобрения с талыми, дождевыми водами могут попадать в грунтовые воды и фиксироваться в данной наблюдательной скважине. Также в этой скважине зафиксирован *водородный показатель рН*, превышающий установленный норматив – 9,16 ед. рН. Также следует отметить во всех скважинах превышение ПДК по *железу*. Такие показатели, не удовлетворяющие установленным нормам, формируются под влиянием как антропогенных (сельское хозяйство), так и природных (высокая проницаемость покровных отложений, присутствие фульво- и гуминовых веществ в почве, литологический состав водовмещающих пород, обильные выпадения атмосферных осадков) гидрогеологических факторов [5]. На основе анализа сезонных изменений уровней подземных вод установлено, что в отчетный период в пределах всех речных бассейнов в большинстве скважин прослеживалось понижение уровней грунтовых и артезианских вод. Вместе с тем, на отдельных территориях в пределах бассейнов р. Днепр, р. Неман, р. Припять и р. Западный Буг наблюдалось повышение уровней подземных вод. По сравнению с аналогичным периодом 2021 года на территории всех 5 речных бассейнов республики уровни подземных вод в основном повысились.

**Результаты и обсуждение.** Сохранение качества подземных вод действующих водозаборов, а также в естественных и слабонарушенных условиях Беларуси является актуальной задачей [6]. Существующие в Республике Беларусь проблемы в области охраны и использования вод определяют выбор направления исследований:

1) высокое содержание железа в подземных водах, используемых в качестве источника питьевого водоснабжения, что требует развития системы водоподготовки и практически повсеместного строительства станций обезжелезивания подземных вод для обеспечения населения качественной питьевой водой, особенно в малых населенных пунктах и в сельской местности;

2) использование населением в сельской местности нецентрализованных источников водоснабжения (шахтных колодцев и мелкотрубчатых скважин), качество воды в которых не соответствует санитарным требованиям по ряду санитарно-химических и микробиологических показателей, в том числе содержанию минеральных азотистых соединений, что требует развития централизованного водоснабжения в сельской местности, а также создание усовершенствованной технологии и аппаратов для удаления нитратов из подземной для питьевого водоснабжения;

3) увеличение износа очистных сооружений, после которых сточная вода сбрасывается в окружающую среду, что требует планомерной реконструкции и модернизации существующих коммунальных очистных сооружений с внедрением высокотехнологичных методов очистки сточных вод;

4) высокие показатели потерь и неучтенных расходов воды в системах коммунального водоснабжения, что требует планомерного проведения ремонта сетей и запорной арматуры на предприятиях водопроводно-канализационного хозяйства, внедрения технологий повторного использования воды в процессе водоподготовки, развития систем дистанционного учета воды.

**Заключение.** Дана краткая характеристика условий эксплуатации подземных вод Беларуси, их качества в районах действующих водозаборов, а также в естественных и слабонарушенных условиях. В статье приводятся перспективные направления исследований по проблемам охраны и использования вод действующих водозаборов.

Наряду с реализацией мероприятий по улучшению экологического состояния (статуса) поверхностных водных объектов, включая мероприятия по снижению антропогенной нагрузки на водные объекты, в том числе сокращение объемов сброса недостаточно очищенных сточных вод, актуальными остаются

- повышение эффективности очистки сточных вод на коммунальных очистных сооружениях за счет их реконструкции и модернизации;
- оценка запасов и химического состава пресных подземных вод;
- повышение эффективности водопользования за счет сокращения удельного водопотребления, непроизводительных потерь воды, а также внедрения усовершенствованных водоочистных и водосберегающих технологий.

### Список цитированных источников

1. РУП «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов». Государственный водный кадастр. Водные ресурсы, их использование и качество вод (за 2017 год). Минск : б.н., 2018. – 356 с.
2. Государственный водный кадастр. Водные ресурсы, их использование и качество вод (за 2022 год). – Минск: РУП «ЦНИИКИВР», 2022.– 149 с. – <https://sticuwrb.by/static/files/ГВК%20за%202022.pdf>.
3. НСМОС: результаты наблюдений за год / Ежегодные обзоры // Главный информационно-аналитический центр Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь – 2022. – <https://www.nsmos.by/publikacii/2022>.
4. Состояние природной среды Беларуси: экологический бюллетень / Е.И.Громадская, Д.В. Цубленок, М.В. Водейко, В.С. Хомич, С.Г. Живнач, М.И. Струк; Под общей редакцией Е.И. Громадской – Минск: РУП «ЦНИИКИВР», 2023 г. – 151 с.
5. Андреюк, С.В. Технологические схемы очистки и кондиционирования воды нецентрализованных систем питьевого водоснабжения / С. В. Андреюк // Вестник Брест. гос. техн. ун-та. – 2022. – № 1 (127). – С. 2–5. – DOI: 10.36773/1818-1112-2022-127-1.
6. О Национальной стратегии управления водными ресурсами в условиях изменения климата на период до 2030 года. Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 22 февраля 2022 г. № 91. – <https://pravo.by/document/?guid=11031&p0=C22200091> – Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь, 26.02.20 22, 5/49954.

УДК 619:639.1. 091 (476)

### ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МЕЛИОРАТИВНЫХ И ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ И РОЛЬ БОБРА РЕЧНОГО (*CASTOR FIBER L, 1758*) В ИХ ФУНКЦИОНИРОВАНИИ

*Лях Ю. Г.<sup>1</sup>, Ахатова А. М.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Профессор кафедры общей биологии и генетики, УО «Международный государственный экологический институт им. А.Д. Сахарова» БГУ, г. Минск, Беларусь, Yury\_Liakh.61@mail.ru

<sup>2</sup>Магистрант УО «Международный государственный экологический институт им. А.Д. Сахарова» БГУ, г. Минск, Беларусь

## **Аннотация**

Жизнедеятельность людей в мире подразумевает использование большого количества воды, для этой цели человечеством созданы целые комплексы инженерных сооружений по очистке воды и возвращения ее в гидросистему без экологических последствий для окружающей среды. В Беларуси этому придают огромное значение, более того, наша страна в этом направлении достигла значительных результатов.

В виду своих биологических характерных особенностей бобр речной, как типичный представитель околотоводной фауны Беларуси, постоянно присутствует в районах гидротехнических и мелиоративных сооружений. Своей жизнедеятельностью, этот вид животных оказывает определенное воздействие на эти инженерно-технические постройки. Но человек в состоянии это предотвратить, не принося вреда, когда то красно книжному животному Беларуси.

**Ключевые слова:** гидротехнические сооружения, бобр речной, экология, природная среда, очистные сооружения.

## **ECOLOGICAL ASPECTS OF RECLAMATION AND TREATMENT STRUCTURES AND THE ROLE OF THE BEAVER (*CASTOR FIBER L, 1758*) IN THEIR FUNCTIONING**

*Lyakh Yu. G.<sup>1</sup>, Akhatova A. V.<sup>2</sup>*

### **Abstract**

The life activity of people in the world involves the use of large amounts of water; for this purpose, humanity has created entire complexes of engineering structures to purify water and return it to the hydraulic system without environmental consequences for the environment. Belarus attaches great importance to this; moreover, our country has achieved significant results in this direction.

Due to its biological characteristics, the river beaver, as a typical representative of the semi-aquatic fauna of Belarus, is constantly present in the areas of hydraulic engineering and reclamation structures. With its vital activity, this type of animal has a certain impact on these engineering and technical buildings. But a person is able to prevent this without causing harm to the once red-book animal of Belarus.

**Keywords:** hydraulic structures, river beaver, ecology, natural environment, wastewater treatment plants.

**Введение.** Бобр речной (*Castor fiber L, 1758*), яркий представитель животного мира Беларуси. Его обитание неразрывно связано с природными условиями Беларуси и ее водными ресурсами, которые сформировались миллионы лет назад. Сейчас сложно установить время появления бобра речного на территории современной Беларуси. Невозможно узнать исторический процесс адаптации его к природной

околоводной среде, среде его обитания, который длился сотни лет. Ситуация изменилась, и только последние десятилетия зоологи и биологи нашей страны получили возможность изучать его биологию, экологию и этологию [1, 2].

Биология бобра в настоящее время хорошо изучена. В Беларуси бобру посвящены научные диссертации, монографии, книги, соответствующая информация имеется в учебных пособиях, энциклопедических, справочных, и книжных изданиях и СМИ.

Бобр всегда вызывал у человека повышенный интерес, так как продукция бобрового промысла пользовалась усиленным спросом. Прimitивное бобровое хозяйство прослеживается с каменного века. Бобровые угодья считались высокоценными хозяйственными объектами. Широкое использование продукции бобрового промысла и привело уникальных животных к почти их полному истреблению [3, 4].

Охранные мероприятия, включение этого вида в Красную книгу Беларуси позволили бобру речному преодолеть критическую точку исчезновения его как вида. В настоящий период бобр речной широко распространен в природных угодьях Беларуси, активно заселяя все благоприятные для его обитания станции. Гидромелиоративные и очистные сооружения не явились исключением, и с молчаливого согласия человека (это молчаливое согласие согласуется с бесхозяйственностью), явились законными местами для его обитания.

**Материалы и методы.** С целью определения степени влияния строительной жизнедеятельности бобра речного на функционирование гидромелиоративных сооружений и систем очистных водоотводов, нами изучен ряд поселений бобра речного, расположенных в Осиповичском районе Могилевской и Молодечненском районе Минской областей.

**Результаты и обсуждение.** В процессе гидромелиоративных работ человек зашел на территорию обитания бобра речного, которая постоянно являлась для него убежищем. За века бобр приобрел свойства, позволяющие ему в условиях околоводных территорий выстраивать поселения и регулировать уровень водотоков обеспечивающие ему достаточную кормовую базу, безопасное обитание и выращивание потомства.

Как только человек внедрился в область обитания бобра речного, он сразу вступил с ним в определенные противоречия. Разница этих противоречий состоит в том, что бобр, руководствуясь исключительно инстинктами, вел обычный образ жизни. Человек же, в свою очередь, будучи разумным живым биологическим объектом, не в достаточной мере использовал свой разум. Как итог, всю вину за свою бесхозяйственность возложил на бобра.

Бобры никогда не будут обустривать свои поселения, где отсутствует кормовая база, а тем более обустривать плотины и жилища. Мелиоративные и другие каналы их абсолютно не интересуют, особенно когда берега этих водных объектов лишены деревьев, кустарников и другой растительности, которая могла бы привлечь этих животных в виде убежищ, кормовой базы или строительных

материалов. И наоборот, охотно осваивают заброшенные мелиоративные системы как показано на рис. 1,2.



*Рисунок 1, 2 – Бобровые плотины на мелиоративных и очистных каналах, Молодечненский р-н. (Фото Ляха Ю.Г., октябрь 2018 г.– январь 2019 г.)*

В случае захламления, разрушения или появления обильной древесно-кустарниковой растительности на берегах гидротехнических систем последние привлекают бобра, как уже говорилось ранее, исключительно на генетическом уровне и заселяются этими представителями околоводной фауны.

**Заключение.** Поддержание инженерных гидротехнических систем в идеальном порядке, регулярный и периодический ремонт их, уборка растительности и заторов, которые возникают в результате прохождения паводковых вод, станут не привлекательными для бобра речного и он покинет эту территорию в поиске наиболее оптимальных условий обитания.

#### **Список цитированных источников**

1. Лях, Ю.Г. Экологическое состояния мелиорированных территорий Беларуси и роль бобра речного (*Castor fiber* L) в повторном их заболачивании / Ю.Г. Лях, Н.Р. Шапрунов // Международная научная экологическая конференция «Аграрные ландшафты, их устойчивость и способы развития», г. Краснодар, 24-26 марта 2020. – С. 291-294.

2. Лях, Ю.Г. Использование ресурсов бобра в Беларуси / Ю.Г. Лях, Е.К. Востоков // Международная научно-практическая конференция «Географические аспекты устойчивого развития регионов» 23-24 марта 2017 года, г. Гомель, С. 517-522.

3. Востоков, Е.К. Оптимизация численности бобра в Беларуси / Е.К. Востоков, Ю.Г. Лях // Международная научно-практическая конференция посв. 90 - летию со дня рождения В.С. Романова «Современные проблемы охотоведения и сохранения биоразнообразия» 16-18 мая 2017 года, г. Минск. С.42-46.

4. Лях, Ю. Г. Экологическое состояние мелиорированных территорий Беларуси и роль бобра речного (*Castor fiber* L) в повторном их заболачивании / Ю.Г. Лях, Н.Р. Шапрунов // Международная научная экологическая конференция «Аграрные ландшафты, их устойчивость и способы развития», г. Краснодар, 24-26 марта 2020. – С. 291-294.

УДК 504.064.2

## ОЦЕНКА АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ

*Мамырбекова Г. К.<sup>1</sup>, Калыбекова Е. М.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Докторант факультета Водные, земельные и лесные ресурсы, КазНАИУ, Алматы, Республика Казахстан, gkabibolla@mail.ru

<sup>2</sup> Д.т.н., профессор факультета Водные, земельные и лесные ресурсы, КазНАИУ, Алматы, Республика Казахстан, yessenkul.kalybekova@kaznaru.edu.kz

### **Аннотация**

В статье приводится обзор методов оценки антропогенной нагрузки промышленных предприятий на водные объекты. Рассматривается возможность использования некоторых из них для оценки хозяйственной деятельности на водный бассейн реки Ертис.

**Ключевые слова:** водный объект, методика, антропогенная нагрузка, показатель вредного воздействия, загрязняющие вещества, сточные воды.

## ASSESSING ANTHROPOGENIC OIL LOADING ON WATER OBJECTS

*Mamyrbekova G.<sup>1</sup>, Kalybekova E.<sup>2</sup>*

### **Abstract**

The article provides an overview of methods for assessing anthropogenic load on water bodies. The possibility of using some to assess the anthropogenic load on the water basin of the Ertis River from wastewater discharges from industrial enterprises is being considered.

**Keywords:** water object, anthropogenic load, exposure indicator, polluting substances, waste water.

**Введение.** С развитием техногенного общества водные объекты постоянно подвергаются влиянию различных источников загрязнения. На качество воды

поверхностных водных источников влияют как природные, так и антропогенные воздействия. К антропогенным факторам относятся воздействия, вызванные сельским хозяйством, загрязнения промышленными и бытовыми сточными водами.

Антропогенную нагрузку на водные объекты можно рассматривать как прямодействующие (забор воды из реки, сброс загрязненных сточных вод) и косвенные (население, освоение территории) факторы.

**Материалы и методы.** Н.И. Алексеевский [1] вклад в антропогенную нагрузку сброса сточных вод оценивает посредством использования двух показателей: отношения условной массы загрязняющих веществ, которые поступают в реку со сточными водами, к объему годового стока и условного объема сточных вод. Для оценки антропогенного воздействия на территории водосбора М.А. Абдуев [2] вводит коэффициент антропогенного давления (К), представляющий собой отношение энергопотребления на единицу площади в данной стране к соответствующему среднемировому показателю. Денмухаметов Р.Р. и Шарифуллин А.Н. [3] определяют влияние антропогенного привноса конкретным источником воздействия с помощью величин приращения ( $\Delta R$ ), который во многом зависит от хозяйственной специализации основных источников загрязнения и от количества жителей в населенном пункте.

Похожий показатель - «серый водный след». N.A. Franke, H. Boyacioglu и A.Y. Hoekstra [4] в своих трудах в случае точечных источников загрязнения воды, когда химические вещества попадают непосредственно в водный объект, добавленную нагрузку (L) оценивают путем измерения объема сточных вод и концентрации загрязняющих веществ в сточных водах. При оценке антропогенной нагрузки на водные объекты. А.В. Селезнева и В.А. Селезнев [5,6] оценивают как нагрузку от объема сбрасываемых сточных вод, так и нагрузку загрязняющими веществами, содержащимися в составе сбрасываемых сточных вод. Кроме того предлагается использовать «показатель вредного воздействия» при недостоверном оценивании антропогенных нагрузок от точечных источников загрязнения [7].

Рекомендованные методики, изложенные в [5-7] дают возможность оценивать антропогенную нагрузку по конкретным загрязняющим веществам и ранжировать реки по степени антропогенной нагрузки.

**Результаты и обсуждение.** В рамках проведенного обзора выполнена оценка нагрузки от точечных источников (выпуски: ПЛК-1 (промышленно-ливневая канализация), ПЛК-2, ПЛК-3) АО «УМЗ» на р.Ертис с применением «суммарного показателя вредного воздействия».

Показатель вредного воздействия вещества на водные объекты (ПВК) определяется по формуле:

$$w_i = \frac{CCB_i}{CФОН_i} - 1 \quad (1)$$

где  $CCB_i$  – концентрация  $i$  – загрязняющего вещества, мг/л;

СФОН<sub>і</sub> – фоновая концентрация і – вещества в водном объекте, мг/л.

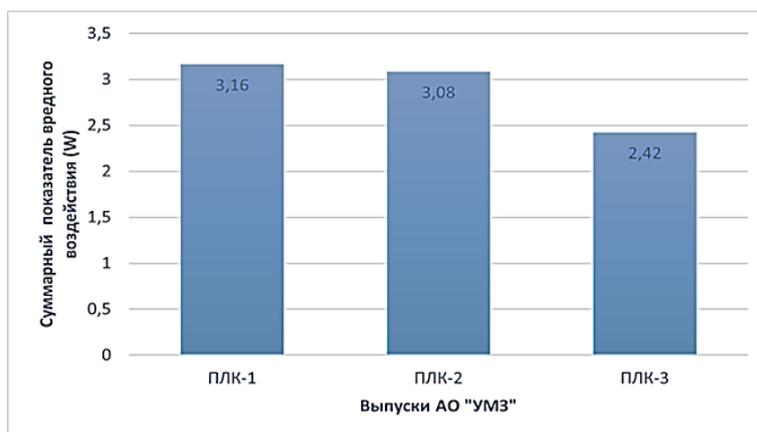
Суммарный показатель вредного воздействия точечного источника загрязнения (W) вычисляется по формуле

$$W = \sum_{i=1}^p w_i \quad (2)$$

Результаты расчетов представлены в виде нижеследующей диаграммы.

Суммарный показатель вредного воздействия (W) для ПЛК-1 составил - 3,16, для ПЛК-2 – 3,08 и для ПЛК-3 – 2,42. Это объясняется тем, что к выпуску ПЛК-1 попадает больше дождевых и талых вод, которые формируются на территории промплощадки.

**Заключение.** Уменьшение объемов сбрасываемых сточных вод, а соответственно и снижение нагрузки от точечных источников (выпуски: ПЛК-1 (промышленно-ливневая канализация), ПЛК-2, ПЛК-3) АО «УМЗ» на водный объект с применением «суммарного показателя вредного воздействия» произошло за счет внедрения водосберегающих технологий.



*Рисунок 1 – Суммарный показатель вредного воздействия (W) для трех выпусков АО «УМЗ»*

Предложенным методом можно выявить загрязняющее вещество с высоким индексом вредного воздействия в сточных водах, сбрасываемых с производственных объектов.

Применение методики в каждом конкретном случае требует дополнительных исследований для более полной оценки антропогенной нагрузки.

### **Список цитированных источников**

1. Абдуев М.А. Оценка антропогенного давления на территорию речных бассейнов Большого Кавказа. Вестник ТвГУ. Серия «География и Геоэкология». 2019. №1 (25). С. 39-49. DOI: <https://doi.org/10.26456/2226-7719-2019-1-39-49>.
2. Алексеевский Н.И. и др. Малые реки и экологическое состояние территории. //Водные ресурсы. 2003. -Т.30. №5. С. 586-595.
3. Денмухаметов Р.Р., Шарифуллин А.Н. Антропогенная составляющая речного стока растворенных веществ. Экологический консалтинг №1(41) 2011 г. С.34-41.

4. Franke, N.A., Boyacioglu, H. and Hoekstra, A.Y. (2013) Grey water footprint accounting: Tier 1 supporting guidelines, Value of Water Research Report Series No. 65, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.

5. Селезнева А.В., Селезнев В.А. Экотехнология определения антропогенной нагрузки от сброса сточных вод в реки. Водные ресурсы и водопользование. №5 (208) 2021. С. 17-25.

6. Селезнева А.В. Антропогенная нагрузка на реки от точечных источников загрязнения. Известия Самарского научного центра Российской академии наук, т.5, №2, 2003 г. С. 268-277.

7. Селезнева А.В. От мониторинга к нормированию антропогенной нагрузки на водные объекты. – Самара: Изд-во СамНЦ РАН. 2007. – 105 с. Монография.

УДК 546.284, УДК 502.37

## **ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОДИФИЦИРОВАННЫХ КРЕМНЕЗЕМОВ В КАЧЕСТВЕ СОРБЕНТОВ НЕФТЯНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ**

*Писарев В.Ю.<sup>1</sup>, Злотников И.И.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Студент машиностроительного факультета ГГТУ им. П.О. Сухого, Гомель, Беларусь, vitalikpisarev2@mail.ru

<sup>2</sup> Доцент кафедры «Физика и электротехника» ГГТУ им. П.О. Сухого, Гомель, Беларусь, zlotnikov@gstu.by

### **Аннотация**

Добыча и переработка нефти связана с риском утечек нефти и нефтепродуктов, что приводит к загрязнениям почвы, водных поверхностей и сточных вод. Для удаления нефтяных загрязнений наиболее широко применяются сорбционные способы. Проведенные исследования показали, что модифицирование поверхности высокодисперсного кремнезема ионами металлов, позволяет значительно повысить его сорбционную активность по отношению к нефти и нефтепродуктам.

**Ключевые слова:** нефть, нефтепродукты, загрязнение окружающей среды, сорбенты, кремнезем.

# STUDY OF THE POSSIBILITY OF USING MODIFIED SILICAS AS SORBENTS OF OIL POLLUTION

*Pisarev V. Yu.<sup>1</sup>, Zlotnikov I. I.<sup>2</sup>*

## **Abstract**

Oil extraction and refining is associated with the risk of oil and petroleum product leaks, which leads to contamination of soil, water surfaces and wastewater. Sorption methods are most widely used to remove oil pollution. The conducted studies have shown that modifying the surface of silica with metal ions can significantly increase its sorption activity in relation to oil and petroleum products.

**Keywords:** petroleum, petroleum products, environmental pollution, sorbents, silica.

**Введение.** Разработка и эксплуатация нефтяных месторождений, переработка, хранение и транспортировка нефти и нефтепродуктов связана с риском их утечек и разливов. Это может приводить к масштабным загрязнениям почвы, водных поверхностей и сточных вод. В связи с этим поиск и разработка способов ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов являются актуальной задачей. Для удаления нефтяных загрязнений наиболее широко применяются сорбционные способы. На сегодняшний день разработано и применяется много сорбирующих материалов различной природы, предназначенных для решения этой проблемы. Сорбция является наиболее эффективным методом глубокой очистки сточных вод от загрязнений нефтепродуктами. При использовании некоторых активных сорбентов можно полностью убрать пленку нефти с поверхности воды и очистить ее практически до нулевых остаточных концентраций вредных примесей. Наиболее широко применяются минеральные сорбенты, представляющие собой различные модификации искусственных и природных силикатов: силикагель, алюмосиликаты, цеолиты, вермикулит, бентонитовые глины, кремнеземы, в том числе и модифицированные органическими и неорганическими реагентами. [1-3]. Высокие адсорбционные свойства таких материалов определяются их большой удельной поверхностью, пористостью и особыми химическими свойствами поверхности.

Цель работы – улучшение сорбционных свойств высокодисперсного кремнезема (диоксида кремния) путем его поверхностного модифицирования ионами металлов и изучение возможности его применения при проведении мероприятий по ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов.

**Материалы и методы.** Для получения модифицированного кремнезема промышленный диоксид кремния (белая сажа марки БС-100) засыпали в емкость и заливали 0,05-0,1 % водным раствором соли металла выбранной из группы:  $\text{Cu}(\text{COOH})_2$ ,  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ . Кремнезем обладает очень развитой поверхностью и адсорбирует на ней ионы металла. После выдержки в течение нескольких

минут кремнезем выгружали на сито, отфильтровывали и сушили при температуре  $125 \pm 5$  °С или путем нагрева в микроволновой печи (частота излучения 2450 МГц), до полного удаления свободной воды. При СВЧ-сушке различная проводимость частиц влажного кремнезема приводит к неоднородности нагрева и образованию в частицах высыхающего кремнезема участков с большими термомеханическими напряжениями, что ведет к их растрескиванию и повышает дисперсность. Кроме того, сильное поглощение электромагнитной энергии водой, находящейся в микропорах кремнезема приводит к ее закипанию до того, как температура всего материала достигнет 100 °С, что приводит к вспучиванию и разрыхлению частиц кремнезема, что также повышает его дисперсность и увеличивает удельную поверхность. В процессе сушки завершается взаимодействие ионов металла с поверхностью кремнезема, начавшееся еще во время обработки в растворе.

Как показали проведенные исследования, после обработки на поверхности кремнезема присутствуют не только силанольные группы  $\equiv\text{Si}-\text{OH}$ , но и «немостииковые» атомы кислорода  $\equiv\text{Si}-\text{O}^-$  и ионы металла. Анионы кислотных остатков солей частично уходят с отфильтрованным раствором, а частично закрепляются на поверхности кремнезема. Все эти структуры играют роль активных центров, обеспечивая в дальнейшем высокие сорбционные свойства полученного продукта.

Маслоемкость кремнезёмов определяли по ГОСТ 21119.8-75. При определении истинной плотности измеряли массу кремнезема и его истинный объем по объему воды, вытесненной порошком кремнезема. При определении насыпной плотности измеряли объем, занимаемый навеской модифицированного кремнезема при свободной засыпке через воронку в мерный цилиндр. Испытание на адсорбцию нефти проводили по ускоренному методу по ГОСТ 33627-2015 для адсорбента II типа. Сорбционную способность по массе  $k$  (нефтеемкость) рассчитывали по формуле:

$$k = (m - m_0) / m_0,$$

где  $m_0$  – масса адсорбента до испытания,  $m$  – масса адсорбента после обработки нефтью.

**Результаты и обсуждение.** Конкретные примеры осуществления процесса модифицирования кремнезёмов приведены в таблице 1.

**Таблица 1 – Примеры получения модифицированного кремнезема**

Номер примера	1	2	3	4	5	6
Соль металла	$\text{Cu}(\text{COOH})_2$	$\text{AlCl}_3$	$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$	$\text{Cu}(\text{COOH})_2$	$\text{AlCl}_3$	$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$
Режим сушки	Термический, 105 °С			СВЧ		

Свойства модифицированных кремнезёмов в сравнении с промышленно выпускаемым кремнеземом марки БС-100 приведены в таблице.

**Таблица 2 – Сравнительные свойства кремнеземов**

Показатель	Номера примеров						
	1	2	3	4	5	6	БС-100
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	2150	2160	2150	2150	2160	2150	2150
Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	120	120	120	122	125	128	115
Маслоемкость, г/г	2,42	2,38	2,45	2,58	2,50	2,66	2,20
Нефтеемкость, г/г	2,8	2,8	3,0	2,9	2,9	3,1	2,4

Как следует из приведенных данных модифицирование кремнезема БС-100 ионами металлов повышает его нефтеемкость до 30%, при этом сушка с использованием микроволнового излучения повышает маслоемкость и нефтеемкость. Таким образом, рассмотренные технологические приемы могут улучшать сорбционную способность применяемых сорбентов на основе силикатов. Хотя силикатные сорбенты имеют более высокую стоимость, чем сорбенты на основе природных материалов, например, торфа, лигнина, но высокая степень связывания углеводородов поверхностью силикатов позволяет более успешно применять их при удалении тонких пленок нефти с поверхности воды и добиваться более глубокой очистки сточных вод.

**Заключение.** Повышения адсорбционных свойств кремнезема (диоксида кремния, силикагеля) можно добиться поверхностным модифицированием ионами поливалентных металлов. Установлены следующие закономерности:

- насыщение поверхности кремнезема ионами железа более заметно повышает его адсорбционную способность, чем применение ионов меди или алюминия;
- сушка с применением микроволнового излучения увеличивает маслоемкость кремнеземных порошков до 30 % по сравнению с обычной сушкой.
- эти технологические приемы могут значительно улучшить сорбционную способность применяемых сорбентов нефти на основе различных силикатов.

#### **Список цитированных источников**

1. Васильева, Ж.В. Оценка эффективности сорбентов для реагирования на аварийные разливы нефти в арктической акватории / Ж.В. Васильева, М.В. Васеха, В.С. Тюляев // Записки Горного института. – 2023. – Т. 264. – С. 856-864. – DOI: 10.31897/PMI.2023.14.
2. Мамонтов Г.В. Силикагель – сорбент и носитель катализаторов: совершенствование технологий и поиск альтернативных путей производства / Г.В. Мамонтов, Е.В. Евдокимова, А.С. Савельева [и др.] // Катализ в промышленности. – № 6 (22) – 2022 – DOI 10.18412/1816-0387-2022-6-6-15.
3. Пожидаев, Ю.Н. Кремнийсодержащие сорбционные материалы: синтез, свойства, применение / Ю.Н. Пожидаев // Известия ВУЗов. Прикладная химия и биотехнология. – 2014 – № 4 (9) – С. 7-37.

## МЕТОД УСКОРЕННОГО ПОВЫШЕНИЯ ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ ДЕГРАДИРОВАННЫХ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ

*Тангирбергенова А. С.<sup>1</sup>, Жолдас Ж.<sup>2</sup>  
Научный руководитель: Мадибеков А. С.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Магистрант, Казахский национальный аграрный исследовательский университет, г. Алматы, Республика Казахстан, atangirbergenovai@gmail.com

<sup>2</sup> Магистрант, Казахский национальный аграрный исследовательский университет, г. Алматы, Республика Казахстан

<sup>3</sup> Заведующий отделом, д-р с.-х. наук, профессор, Институт географии и водной безопасности, г. Алматы, Республика Казахстан

### **Аннотация**

Из используемых орошаемых земель Казахстана около половины имеют высокую степень засоления, осолонцевания и ощелачивания почв, низкие запасы питательных элементов и органических веществ. Для решения данных проблем предлагается применять различные методы, одним из которых является разработанный метод ускоренного повышения почвенного плодородия деградированных орошаемых земель, позволяющий обеспечить восстановление земель и повысить урожайность возделываемых сельскохозяйственных культур.

**Ключевые слова:** почва, плодородие, деградация, орошаемые земли, фосфогипс, биогумус.

## METHOD FOR ACCELERATED INCREASE OF SOIL FERTILITY OF DEGRADED IRRIGATED LAND

*Tangirbergenova A. S.<sup>1</sup>, Zholdas Zh.<sup>2</sup>*

### **Abstract**

Of the used irrigated lands in Kazakhstan, about half have a high degree of salinization, alkalization and alkalization of soils, and low reserves of nutrients and organic matter. To solve these problems, it is proposed to use various methods, one of which is the developed method for accelerating the increase in soil fertility of degraded irrigated lands, which makes it possible to ensure land restoration and increase the productivity of cultivated crops.

**Keywords:** soil, fertility, degradation, irrigated lands, phosphogypsum, vermicompost.

**Введение.** В Казахстане из используемых орошаемых земель около 50% используемых орошаемых земель имеют высокую степень засоления, осолонцевания и ощелачивания почв, низкие запасы питательных элементов и органических веществ. Так, отрицательными свойствами солонцеватых и щелочных почв является слитность и низкая водопроницаемость.

На деградированных орошаемых землях формируется глыбистая структура, снижается урожайность сельхозкультур, повышаются затраты на их производство, поэтому эффективность сельхозпроизводства в основном зависит от степени улучшения мелиоративного состояния почв и правильного применения агротехнических приемов возделывания сельхозкультур.

В целом отрицательные факторы приводят к нарушению природного равновесия в агроэкосистемах, усилению процессов разрушения и выноса органических соединений, понижению плодородия земель и уменьшению урожайности сельхозкультур, в связи с чем, хозяйства недополучают тех показателей урожайности возделываемых культур, которые бы позволили обеспечить рентабельность производства.

Поэтому обеспечение сохранности и улучшение эколого-мелиоративного состояния орошаемых земель путем внедрения научно-обоснованных методов позволит нивелировать негативные последствия от деградации земельных ресурсов и получать гарантированные урожаи сельхозкультур.

**Материалы и методы.** Метод ускоренного повышения почвенного плодородия деградированных орошаемых земель включает в себя научно-обоснованное внесение химического мелиоранта - фосфогипса и высокоэффективного органического удобрения - биогумуса, позволяющих комплексно решить вопрос улучшения состояния орошаемых земель.

Для установления пределов изменения мелиоративного состояния корнеобитаемого слоя (0-100 см) почв до и после внесения мелиорантов на пилотном участке, послойно через 20 см определялись параметры водно-физических и химических свойств корнеобитаемого слоя почв. Для исследуемого участка в трехкратной повторности в химической лаборатории определялся гумус (по методу И.В. Тюрина); рН и водная вытяжка ( $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ) [1].

Для химического анализа пробы почв послойно отбирались из следующих горизонтов: 0-20 см, 20-40 см, 40-60 см, 60-80 см и 80-100 см. При определении химизма и степени и засоления, в водной вытяжке определялся сухой остаток, т.е. общая сумма воднорастворимых веществ, состав анионов -  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  и катионов  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ .

Данные химических анализов позволяют проанализировать результаты исследований до и после внесения мелиорантов, а также определить оптимальные нормы их внесения.

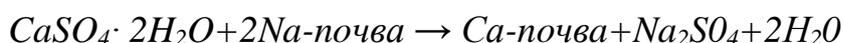
Были заложены полевые опыты по выявлению эффективности предлагаемого метода согласно методики полевого опыта [2].

**Результаты и обсуждение.** На почвах пилотного участка отмечается два типа химизма засоления: основной содово-хлоридный и содово-сульфатный. В процентном отношении с присутствием токсичных солей от 52,9% до 79,7% с преобладанием карбоната натрия ( $\text{NaHCO}_3$ ), хлорида натрия ( $\text{NaCl}$ ) и сульфата магния ( $\text{MgSO}_4$ ).

По степени щелочности - слабощелочные (показатель рН для горизонта 0-100 см колеблется в пределах 7,47-7,64. Отмечается высокая щелочность верхних горизонтов (0-40 см), максимальные показатели рН= 7,50-7,82, что может быть выражено в отдельных пятнах внутри поля или в весенний период плохой всхожести сельскохозяйственных культур при посеве. Химические свойства щелочных засоленных почв связаны главным образом с наличием в почве соды -  $\text{NaHCO}_3$ , т.е. при увеличении содержания карбоната натрия для верхних горизонтов будет сопровождаться вспышками щелочности, особенно после проведения полива.

Анализ факторов, оказывающих влияние на урожайность сельскохозяйственных культур, показал, что основными факторами оказывающими влияние на урожайность являются дефицит водных ресурсов в вегетационный период и деградация почв (засоление, ощелачивание, осолонцевание и слитность почв).

Внесение кальцийсодержащих соединений в солонцовую почву преследует основную цель - вытеснение из поглощающего комплекса почвы ионов натрия и замену их ионами кальция [3-6]. Такая замена приводит к улучшению агропроизводительных свойств почв, повышению их плодородия. При внесении в солонцовый слой фосфогипса реакция может идти по следующей схеме:



Внесение фосфогипса наиболее эффективно в осенний период под вспашку. Осенне-зимние осадки (дождь и снег) обеспечивают растворение фосфогипса и проникновение его растворов в глубинные горизонты почвенного профиля, что ускоряет протекание обменных реакций в результате повышения концентрации ионов кальция в почвенном растворе. При этом улучшается структура почвы, уменьшается вымывание гумусовых веществ из пахотного слоя, увеличивается водопроницаемость почвы.

**Заключение.** Результаты исследований показали, что скорость перемещения растворов при внесении фосфогипса максимально приближается к скорости протекания обменных реакций и обеспечивает интенсивное замещение магния в поглощающем комплексе. Фосфогипс повышает плодородие почв, улучшает их физическую структуру, увеличивает запасы кальция в составе поглощенных оснований, обеспечивает формирование агрономической структуры при обработке почв, ускоряет рост и развитие растений, повышает скорость впитывания воды при поливах на 25-35%.

Внесение биогумуса улучшает агрономические свойства почв, ускоряют развитие растений и закрепляют мелиоративный эффект.

Использование предлагаемого метода улучшает состав поглощенных оснований, повышает впитывающую способность почв, активизирует подвижные формы питательных элементов. После внесения фосфогипса впитывающая способность почв повышалась до 40 %, а запасы подвижных форм фосфора возрастали на 7-16 мг на 1 кг почвы. Поэтому почвы из категории слабообеспеченных фосфором переходили в категорию обеспеченных. Это ускоряло развитие растений и формирование плодовых органов, что обеспечивало рост урожайности возделываемых культур особенно при дефиците водных ресурсов.

#### **Список цитированных источников**

1. Ганжара Н.Ф. и др. Практикум по почвоведению. – М.: Агропромиздат, 1985, – 336 с
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. –М.: Колос, 1979. -416 с.
3. Вышпольский Ф.Ф., Мухамеджанов Х.В. Технология водосбережения и управления почвенно-мелиоративными процессами при орошении. – Тараз, 2005, – 162 с
4. Рекомендации по совершенствованию технологии применения фосфогипса и орошения сельскохозяйственных культур. –Тараз, 2007. -15 с.
5. Бондарева В.Ю. Основные способы мелиорации солонцовых почв. М., 1983, – 52 с.
6. Айдаров И.П., Голованов А.И., Никольский Ю.Н. Оптимизация мелиоративных режимов орошаемых и осушаемых сельскохозяйственных земель. М. Агропромиздат, 1990, – 58 с.

УДК 504.75

## **ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБЛАСТИ ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

*Хвещук М. Я.<sup>1</sup>, Антонюк Е. К.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Студент факультета инженерных систем и экологии, БрГТУ, Брест, Беларусь, mari.xveshhuk@bk.ru

<sup>2</sup>Старший преподаватель кафедры инженерной экологии и химии, БрГТУ, Брест, Беларусь, elantik@yandex.ru

#### **Аннотация**

Рассмотрение новых инновационных технологий в области защиты окружающей среды, которые помогут решить ряд экологических проблем и снизить воздействие человека на неё. Новые методы в области использования солнечной энергетики, улучшения качества воды и искусственного интеллекта.

**Ключевые слова:** окружающая среда, защита, солнечная энергия, улучшение воды, искусственный интеллект.

## INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN THE FIELD OF ENVIRONMENTAL PROTECTION WEDNESDAY

*Khviashchuk M. Y.<sup>1</sup>, E.K. Antonyuk<sup>2</sup>*

### **Abstract**

Consideration of new innovative technologies in the field of environmental protection that will help solve a number of environmental problems and reduce human impact on it. New methods in the field of solar energy, water quality improvement and artificial intelligence.

**Keywords:** environment, protection, solar energy, water improvement, artificial intelligence.

**Введение.** Окружающая среда – комплекс физических, географических, биологических, социальных, культурных и политических условий, который определяет форму и характер его существования. Окружающая среда – это всё то, что находится вокруг нас и влияет на нашу жизнь и развитие. Для того, чтобы мы и наше настоящие и будущее поколение жили в благоприятных условиях, нужно заботиться и защищать природу. Охрана окружающей среды – научный комплекс мер, предназначенных для ограничения отрицательных влияний деятельности человека на окружающую среду.

**Результаты и обсуждение.** Существует множество решений по защите окружающей среды, которые может сделать каждый человек, например: экономить ресурсы, разделять мусор, сдавать вторсырьё, выбирать экологический транспорт и другие. Но учёные разработали новые технологии в области защиты природы, которые помогут улучшить экологическую обстановку в мире.

Более перспективные инновации в области экологии:

#### 1. Использование солнечной энергетики.

Солнечная энергия – это энергия, которую излучает Солнце и которую можно использовать для производства электроэнергии или нагрева воды и других веществ. Эта энергия получается благодаря конверсии солнечного света в электрический ток или прямому использованию тепла, нагревая жидкости или газы через солнечные коллекторы. Солнечная энергия является одним из наиболее экологически чистых источников энергии, так как она не выделяет вредных выбросов в атмосферу и не нуждается в добыче полезных ископаемых.

Производство электроэнергии с помощью такой энергии осуществляется через солнечные батареи, которые преобразуют энергию из света в электрический ток. Эта энергия может быть использована для питания домашних приборов,

предприятий, фабрик, офисов и других промышленных объектов. По данным исследователей такой возобновляемый источник может сократить выбросы парниковых газов на 6 гигатонн в год примерно к 2050 году.

## 2. Новые технологии и методы улучшения качества воды.

Улучшение воды – это процесс очистки вод и обеспечение доступа к чистой воде. Существует множество методов очистки включая ультрафиолетовые лампы, фильтры и химические процессы, которые могут помочь решить проблему с нехваткой воды в мире. К новейшим методам также относят:

– метод структурирования жидкости – обеспечивает решение задач водоподготовки (обесцвечивание, умягчение, обеззараживание, дегазацию, обезжелезивание воды).

Структурированная вода по своей физической структуре похожа на родниковую. Такая вода обладает полезными свойствами и полезна для здоровья человека. Гидромагнитные системы – предназначены для обработки воды в потоке постоянным магнитным полем специальной пространственной конфигурации (применяются для нейтрализации накипи в теплообменном оборудовании; для осветления воды, например, после хлорирования).

– кавитационный метод обработки воды. Кавитация – образование в жидкости полостей (кавитационных пузырьков или каверн), заполненных газом, паром или их смесью. Суть кавитации – другое фазовое состояние воды. В условиях кавитации вода переходит из её естественного состояния в пар.

## 3. Инновации в использовании искусственного интеллекта.

Искусственный интеллект способствует сохранению природы, он может помочь решить множество экологических проблем: снизить негативное воздействие на окружающую, уменьшить использование природных ресурсов, снизить выбросы токсичных веществ, увеличить эффективность использования энергии.

Искусственный интеллект может обрабатывать и анализировать большие объемы информации на много быстрее, чем человек. Также он может: разрабатывать оптимальные стратегии в области использования природных ресурсов, осуществлять мониторинг изменений климата и прогноз природных бедствий, моделировать и управлять экосистемой, оптимизировать энергопотребление и управление отходами.

Использование искусственного интеллекта имеет важную роль в современной жизни человека. Оно имеет значительный потенциал для решения сложных проблем, которые связаны с окружающей средой.

**Заключение.** Все новые технологии в области защиты окружающей среды очень важны для создания здоровой и чистой планеты, потому что они улучшают и обеспечивают благоприятные условия для жизни сегодня и жизни будущего поколения. Поэтому необходимо и дальше развивать и разрабатывать технологии и практики в области защиты природы, чтобы мир становился лучше и чище.

## Список цитированных источников

1. Масцевая Т.С. Инновации в области экологии: новые технологии и практики: [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsii-v-oblasti-ekologii-novye-tehnologii-i-praktiki> – Дата доступа: 23.02.2024г.

### **СЕКЦИЯ 3**

## **ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОЕКТИРОВАНИИ, ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОМ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

*Гатило В. А.<sup>1</sup>, Ласкович М. В.<sup>2</sup>, Адамов И. А.<sup>3</sup>  
Научный руководитель: Андreyuk С. В.<sup>4</sup>*

<sup>1</sup>Студент факультета инженерных систем и экологии (далее ФИСЭ), БрГТУ, Брест, Беларусь, gatilovadim2@gmail.com

<sup>2</sup>Студент ФИСЭ, БрГТУ, Брест, Беларусь, laskovictm@gmail.com

<sup>3</sup>Студент ФИСЭ, БрГТУ, Брест, Беларусь, v0011001@g.bstu.by

<sup>4</sup>Заведующий кафедрой водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов, БрГТУ, Брест, Беларусь, svandreyuk@g.bstu.by

### **Аннотация**

Проектирование и моделирование систем водоснабжения и водоотведения является неотъемлемой частью строительства. Сооружения водоснабжения являются объектами при проектировании, строительстве и эксплуатации которых предъявляются высокие требования по степени надежности. Поэтому ошибки и неточности, могут существенно затянуть сроки сдачи объект в эксплуатацию. Оптимальным вариантом решения может стать создание модели этих систем, что позволит повысить точность и надежность проектирования систем, упростить процесс монтажа и эксплуатации в дальнейшем. В статье содержится описание применения программного комплекса Autodesk Revit, на основе которого разработаны 3D-модели жилого дома с подключением инженерных коммуникаций холодного и горячего водоснабжения, хозяйственно-бытовой канализации, а также станции водоподготовки.

**Ключевые слова:** информационное моделирование, инженерные водохозяйственные системы, водоснабжение, водоотведение.

## DESIGN OF ENGINEERING LIFE SUPPORT SYSTEMS USING INFORMATION MODELING TECHNOLOGY

*Gatilo V. A.<sup>1</sup>, Laskovich M. V.<sup>2</sup>, Adamov I. A.<sup>3</sup>*

### **Abstract**

Design and modeling of water supply and wastewater systems is an integral part of construction. Water supply structures are objects in the design, construction and operation of which high demands are placed on the degree of reliability. Therefore, errors and inaccuracies can significantly delay the commissioning of a facility. The optimal

solution may be to create a model of these systems, which will improve the accuracy and reliability of system design and simplify the process of installation and operation in the future. The article describes the use of the Autodesk Revit software package, on the basis of which 3D models of an apartment building were developed with the connection of cold and hot water supply communications, internal sewerage, as well as a model of a water treatment plant.

**Keywords:** information modeling, engineering water systems, water supply, sanitation.

**Введение.** Информационное моделирование здания — цифровая модель, которая позволяет возводить, эксплуатировать, ремонтировать и утилизировать здание. Технологии информационного моделирования инженерных систем имеют большое значение для развития отрасли водоснабжения и водоотведения. BIM позволяет автоматически проверять конфликты между различными системами, позволяет вести учет всех компонентов систем. Это упрощает планирование и закупку материалов, а также ведение сопутствующей документации [1, 2].

Сооружения водоснабжения являются объектами, при проектировании, строительстве и эксплуатации которых предъявляются высокие требования по степени надежности. Поэтому ошибки и неточности, могут существенно затянуть сроки сдачи объект в эксплуатацию. Оптимальным вариантом решения может стать создание модели этих систем, что позволит повысить точность и надежность проектирования систем, упростить процесс монтажа и эксплуатации в дальнейшем [3]. С помощью технологии информационного моделирования можно проводить симуляции работы систем водоснабжения и водоотведения, что позволяет оценить их эффективность и найти пути оптимизации до физической реализации. Например, можно моделировать расход воды и давление в системе при различных условиях и определить наиболее эффективные настройки насосов и клапанов, что также значительно снижает риск возникновения аварийных ситуаций.

Проектирование систем водоснабжения ведется преимущественно в программных комплексах, позволяющих получить архитектурно-строительные и технологические чертежи сооружений и оборудования. Зачастую, именно опыт проектировщика определяет точность этих чертежей. Применение информационного моделирования позволит свести к минимуму ошибки и неточности при проектировании, снижает вероятность человеческих ошибок, повышает точность спецификаций и скорость подготовки проектной документации, а также позволит визуализировать проект и в полной мере представить его заказчику.

Известны исследования по применению технологий информационного моделирования (BIM-технологий) в образовательном процессе при подготовке выпускников направления «Природообустройство и водопользование». В рамках предметной подготовки важно создать среду обучения, приближенную к профессиональной. Приводятся примеры практико-ориентированных учебных заданий, которые выполняют студенты в ходе самостоятельной работы с использованием программного комплекса BIM Renga [4].

Применение данных технологий в Республике Беларусь сопряжено с рядом факторов, которые требуют тщательного подхода и проработки. Основной вопрос заключается в том, что для информационного моделирования необходимо программное обеспечение, только закупка которого может потребовать значительных инвестиций. Также свою роль играет недостаток квалифицированных специалистов. Отсутствие отечественных стандартов, а также привязка зарубежных программных комплексов к особенностям строительства и проектирования может привести к формированию 3D-модели, которую не всегда можно применить на практике [5].

На кафедре водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов БрГТУ задачей исследования стало изучение возможностей создания моделей инженерных водохозяйственных систем в рамках специальности «Инженерные сети, оборудование зданий и сооружений» (профилизация «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов») с целью внедрения в учебный процесс информационного моделирования при проектировании инженерных систем.

**Материалы и методы.** Объектом исследования стало использование технологии информационного моделирования при проектировании систем водоснабжения, водоотведения и теплоснабжения с использованием программного комплекса Autodesk Revit.

**Результаты и обсуждение.** В рамках студенческого научного объединения «Техносфера» и кружка «Чистая вода» на базе программного комплекса Autodesk Revit был выполнен проект санитарно-технического оборудования жилого здания с разработкой инженерных коммуникаций холодного и горячего водоснабжения, хозяйственно-бытовой канализации.

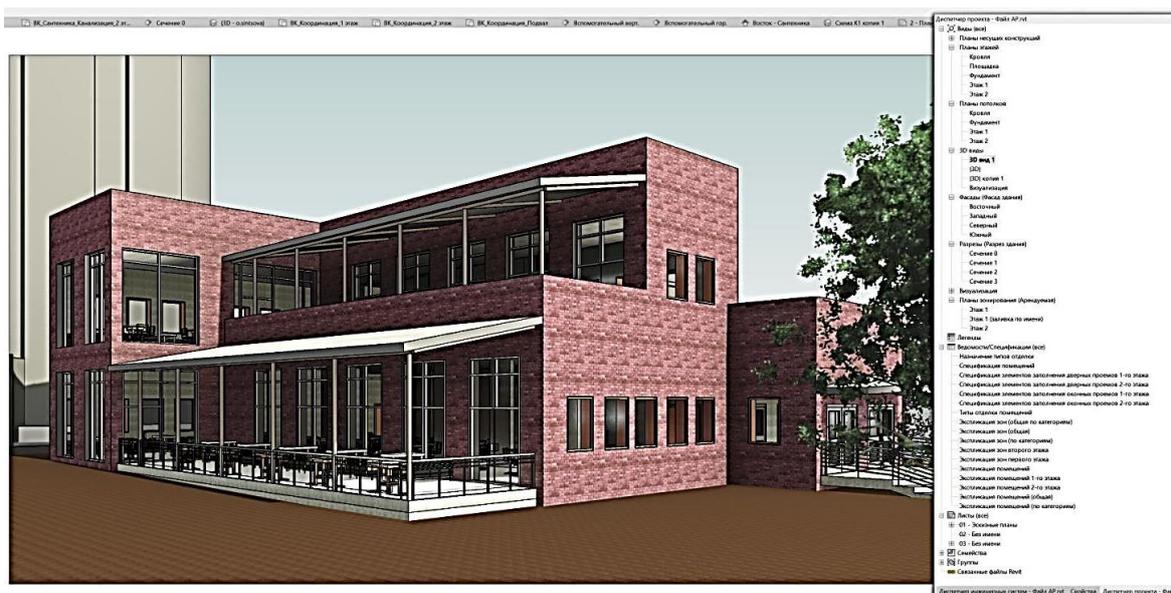
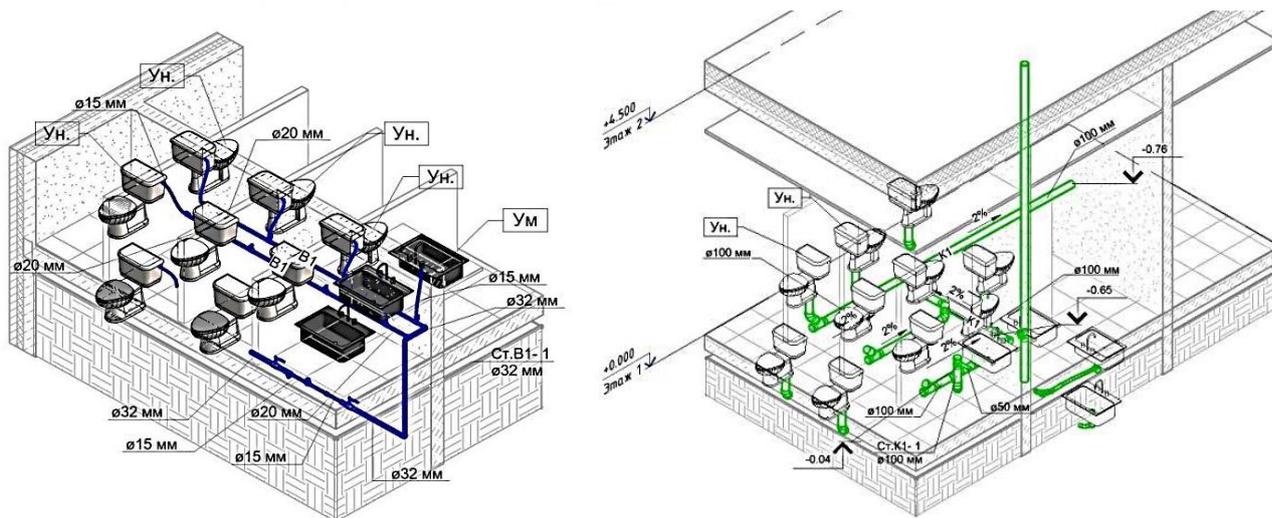


Рисунок 1 – Проект жилого здания



**Рисунок 2 – Аксонометрическая схема санитарно-технического узла с подключением к трубопроводу холодной воды (-В1-) и к системе бытовой канализации (-К1-)**

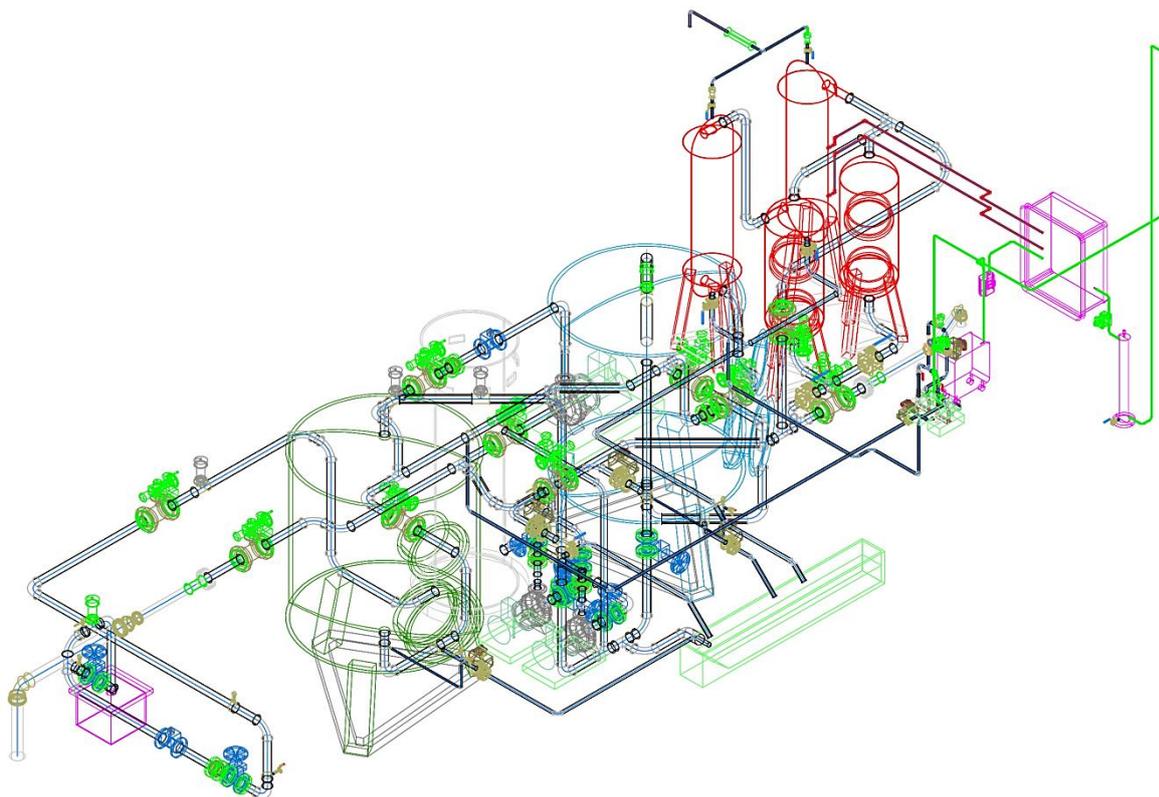


**Рисунок 3 – Фильтр станции водоподготовки**

Получена 3D-модель объекта (рисунок 1), выполнена планировка санитарно-технических приборов и оборудования. С использованием программного комплекса Autodesk Revit в том числе выполнены аксонометрическая схема санитарно-технического узла с подключением к трубопроводу холодной воды (В1), трубопровода горячей воды (Т3), аксонометрическая схема подключения к бытовой канализации (К1) (рисунок 2).

На очередном этапе исследования по заказу предприятия, производящего кухонные плиты, была разработана схема подготовки воды для технологических нужд и, основываясь на базе программного комплекса Autodesk Revit, разработана 3D-модель и запроектирована станция водоподготовки [6] с напорными фильтрами (рисунок 3).

На рисунке 4 представлена аксонометрическая схема трубопроводов с установленным оборудованием в здания станции водоподготовки.



*Рисунок 4 – Аксонометрическая схема трубопроводов станции водоподготовки с установленным оборудованием*

На основе информационной модели получены архитектурно-строительные чертежи планов и разрезов здания. В ходе выполнения проекта были получены кроме того спецификации санитарно-технического оборудования, фасонных частей и трубопроводов, запроектированных на станции. Программный комплекс также позволяет получить и предварительные сметные расчеты.

**Заключение.** Применение технологии информационного моделирования позволяет получить информационную модель, благодаря которой сводятся к минимуму ошибки и неточности при проектировании инженерных систем и сооружений. Изучение возможностей создания моделей инженерных водохозяйственных систем в рамках специальности «Инженерные сети, оборудование зданий и сооружений» (профилизация «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов») позволяет внедрять в учебный процесс информационное моделирование систем водоснабжения и водоотведения.

#### **Список цитированных источников**

1. Статья - Что такое технология BIM? Ее применение в строительстве - <http://fb.ru/article/324833/что-такое-tehnologiya-bim-ee-primenenie-v-stoitelstve>.

2. Гримитлин, А.М. Энергетическое моделирование – инструмент повышения энергоэффективности зданий / А.М. Гримитлин, Денисихина Д.М. // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры: материалы Всероссийской научно-практической конференции; СПбГАСУ. – СПб., 2018. – С. 93-97.

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

4. Скрипник, А.В. Технологии информационного моделирования в водохозяйственном проектировании / А.В. Скрипник, Л.А. Беховых // Вестник научно-методического совета по природообустройству и водопользованию. – Москва: Российский государственный аграрный университет-Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева. – 2019. – № 15. – С. 39–43.

5. Таратенкова, М.А. Применение информационного моделирования при проектировании внутренних инженерных систем / М.А. Таратенкова, И.А. Адамов // Актуальные научно-технические и экологические проблемы сохранения среды обитания: сборник трудов IV Международной научно-практической конференции, 7-8 октября 2021 года, Брест, Республика Беларусь / ред. кол. А.А. Волчек, О.П. Мешик. – Брест :БрГТУ, 2021. – С. 303–310.

6. Таратенкова, М. А. Инновационные технологии в проектировании и моделировании инженерных водохозяйственных систем / М. А. Таратенкова, С. В. Андреюк, И. А. Адамов // Водохозяйственное строительство и охрана окружающей среды : сб. научн. статей Междунар. науч.-практ. конф., Брест, 26-27 октября 2023 г. / Брест.гос. техн. ун-т ; редкол.: А. А. Волчек [и др.] ; науч. ред. А. А. Волчек, О. П. Мешик, С.В. Андреюк – Брест :БрГТУ, 2023. – С. 150–155.

УДК 631.672: 621.65/6

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО РАЗРАБОТКЕ СТРУЙНОГО ТЕПЛОВОГО МОДУЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА И ТЕПЛООБРАЗУЮЩИХ УСТРОЙСТВ**

*Жакупова Ж. З.<sup>1</sup>, Саркынов Е. С.<sup>2</sup>, Абсамат Д.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> PhD, ассоциированный профессор кафедры «Водные ресурсы и мелиорация», НАО «Казахский национальный аграрный исследовательский университет», Алматы, Казахстан, zhakupova.zhanar@kaznaru.edu.kz

<sup>2</sup> к.т.н., профессор кафедры «Аграрная техника и механическая инженерия», НАО «Казахский национальный аграрный исследовательский университет», Алматы, Казахстан, yerbol.sarkynov@kaznaru.edu.kz

<sup>3</sup> магистрант кафедры «Водные ресурсы и мелиорация», НАО «Казахский национальный аграрный исследовательский университет», Алматы, Казахстан, 512012@kaznaru.edu.kz

### **Аннотация**

Даны результаты исследований по разработке струйного теплового модуля с использованием центробежного насоса и теплообразующих устройств по эффективному нагреву воды для использования в автономном теплоснабжении и протекающих процессах на объектах АПК. Разработана усовершенствованная конструкция струйного теплового модуля и приведена его конструктивно-технологическая схема с описанием устройства и технологического процесса. Проведены теоретические исследования по технологии гидронагрева с использованием суммарного эффекта нагрева воды за счёт трения встречных противоположно направленных слоёв воды вращательного и поступательного движения, сил трения движущихся струй воды и воздуха с разной скоростью и передаче тепловой энергии воздуха воде при воздействии создаваемого вакуума и кавитации. Разработанная в НАО КазНАИУ конструкция струйного теплового модуля защищена патентом КЗ и по сравнению с аналогами обеспечивает снижение энергозатрат на 30-50 % и повышает качество окружающего воздуха.

**Ключевые слова:** результат исследования, разработка, струйный тепловой модуль, центробежный насос, теплообразующее устройство, теоретическое исследование, технология гидронагрева.

### **THE RESULTS OF RESEARCH ON THE DEVELOPMENT OF A JET THERMAL MODULE USING A CENTRIFUGAL PUMP AND HEAT GENERATING DEVICES**

*Zhakupova Zhanar<sup>1</sup>, Sarkynov Yerbol<sup>2</sup>, Absamat Damel<sup>3</sup>*

### **Abstract**

Research is given on the development of a jet thermal module for effective water heating for use in autonomous heat supply and ongoing processes at APC facilities. An improved design of the jet heat module has been developed and its design and technological scheme with a description of the devices and the technological process is given. Theoretical studies on the technology of hydroheating with the use of the total effect of water heating due to the friction of oppositely directed water layers of rotational and translational motion, the frictional forces of moving jets of water and air at different speeds and the transfer of thermal energy to water under the influence of the created vacuum and cavitation. The design of the jet heat module developed in Nenets Autonomous District is protected by the KZ patent and, compared to analogues, provides a 30-50% reduction in energy costs and improves the quality of ambient air.

**Keywords:** research result, development, jet thermal module, centrifugal pump, heat generating device, theoretical research, hydraulic heating technology.

**Введение:** В настоящее время в Казахстане, в странах СНГ и за рубежом идут тенденции на использование для нагрева воды в технологических процессах и теплоснабжении автономных объектов АПК возобновляемых и альтернативных источников энергии, которые имеют выше КПД по сравнению с традиционными технологиями. Они отдают энергию в виде тепла больше, чем забирают из энергосети за счёт изменения динамического состояния самой нагреваемой воды и окружающего воздуха и направлены на повышение их эффективности, а также обеспечивают не только снижение темпов ухудшения окружающей среды, но и улучшение экологии окружающего воздуха и безопасны в использовании.

Существующие технологии и оборудование теплоснабжения, в том числе автономное: на топливной энергетике имеют большие капиталовложения, значительные эксплуатационные расходы и потери тепла (до 80 %) и ухудшают экологию окружающей среды; на электрической - имеют большие затраты энергии, что сказывается на снижении конкурентоспособности выпускаемой продукции, т.е. существует проблема повышения эффективности автономного теплоснабжения, которую рационально осуществить новой предлагаемой в работе технологией теплоснабжения с использованием для гидронагрева воды теплового струйного модуля, устраняющего недостатки аналогов. На этом основании выполненные исследования являются актуальными, вполне реализуемые и практически значимыми [1,2,3].

**Методика исследований.** Данная статья посвящена разработке струйного теплового модуля с использованием центробежного насоса и теплообразующих устройств и теоретическим предпосылкам по определению технологических параметров предложенной альтернативной технологии нагрева воды:

- проведение патентных исследований по разработке конструктивно-технологической схемы струйного теплового модуля с использованием центробежного насоса и теплообразующих устройств ;

- установление входных и выходных технологических параметров исследуемой технологии нагрева воды;

- определение функциональных зависимостей между входными и выходными технологическими параметрами технологии нагрева воды;

- определение аналитических зависимостей между основными входными и выходными технологическими параметрами альтернативной технологии нагрева воды.

Для исследований были использованы методики по проведению патентных исследований, законы термодинамики процесса нагрева воды и известные аналитические зависимости с внесением уточнений и изменений, в связи с отличительными особенностями исследуемой схемы от известных по литературным источникам [3,4,5].

Основными входными технологическими параметрами теплового модуля при нагреве воды являются: подача  $Q_n$  и напор  $H_p$  центробежного насоса, масса  $m$ , плотность  $\rho$  и теплоёмкость  $C$  нагреваемой воды, продолжительность  $t$  нагрева

воды и время  $T$  работы теплового модуля, а основными выходными технологическими параметрами являются:

количество теплоты  $Q_T$ , полученной при нагреве воды определенной массы за единицу времени; полезная  $P_{\Pi}$  и затраченная  $P_3$  мощности и полезная  $W_{\Pi}$  и затраченная  $W_3$  энергии и КПД  $\eta_{TM}$  теплового модуля.

Для определения энергетических параметров рассматривались следующие функциональные зависимости:

По определению количество теплоты, полученной при нагреве воды

$$Q_T = f(C, m, \Delta\theta), \text{ кКал} \quad (1)$$

По определению полезной мощности  $P_{\Pi}$  и энергии  $W_{\Pi}$ :

$$P_{\Pi} = f(Q_T, A, t), \text{ Вт} \quad (2)$$

$$W_{\Pi} = f(P_{\Pi}, T), \text{ кВт}\cdot\text{ч} \quad (3)$$

3) По определению затраченной мощности  $P_3$  и энергии  $W_3$ :

$$P_3 = f(\rho, g, Q_H, H_p, \eta_H), \text{ Вт} \quad (4)$$

$$W_3 = f(P_3, T), \text{ кВт}\cdot\text{ч} \quad (5)$$

4) По определению КПД теплового модуля:

$$\eta_{TM} = f(Q_T, A, \eta_H, t, \rho, g, Q_H, H_p). \quad (6)$$

где  $C$  – удельная теплоемкость, кКал/кг·град (для воды  $C=1$  кКал/кг·град);

$m$  – масса нагреваемой воды, кг:

$$m = V \cdot \rho, \quad (7)$$

где  $V$  – объем нагреваемой воды, м<sup>3</sup>;

$\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup> – плотность нагреваемой воды;

$\Delta\theta$  – повышение температуры нагрева воды, °С:

$$\Delta\theta = \theta_k - \theta_H, \quad (8)$$

где  $\theta_H, \theta_k$  – температура нагреваемой воды начальная и конечная, °С;

$A$  – механический эквивалент теплоты ( $A=4,2$  Дж/Кал, или  $0,427$  кГм/Кал или  $427$  кГм/кКал или  $4200$  Нм/кКал);

$t$  – продолжительность нагрева воды (работы теплового модуля), с.

$T$  – время работы теплового модуля, ч;

$g = 9,81$  м/с<sup>2</sup> – ускорение свободного падения;

$Q_H$  – подача насоса теплового модуля при рабочем напоре  $H_p$ , м<sup>3</sup>/с;

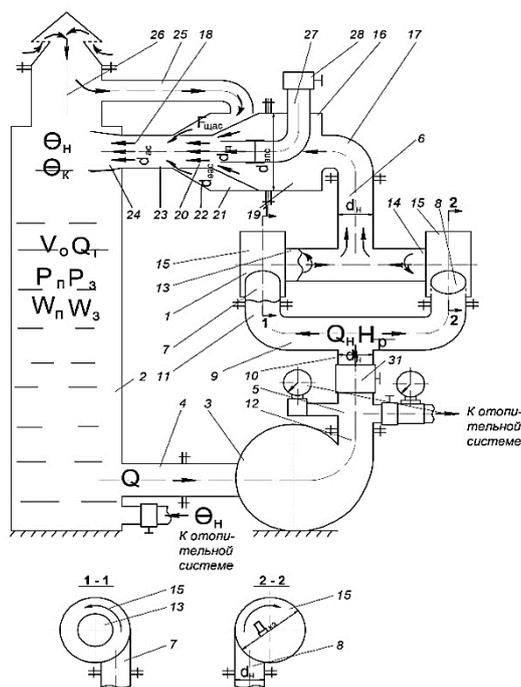
$H_p$  – рабочий напор насоса, м;

$\eta_H$  – КПД используемого насоса в тепловом модуле.

**Результаты исследований.** Разработанная в НАО КазНАИУ усовершенствованная конструктивно-технологическая схема струйного теплового модуля с использованием центробежного насоса и теплообразующих устройств дана на рисунке 1. Струйный тепловой модуль состоит из центробежного насоса 3 и

теплообразующих устройств, включающих два тепловых генератора 1, бака для нагреваемой воды 2, эжекторного устройства 16 и соединительной арматуры в виде трубных патрубков и вентилях, а также измерительных приборов (технических манометров). Нижняя часть бака соединена со всасывающим патрубком центробежного насоса, а верхняя часть - через эжектор с нагнетательным патрубком насоса, образуя замкнутую открытую циркуляционную систему движения воды при работающем насосе.

Исследования показали, что предполагаемая альтернативная технология нагрева воды по сравнению с электродными водонагревателями (котлами) снижает энергозатраты на 30-50 % [ 3 ].



**1 – теплогенераторы; 2 – бак; 3 – электронасос; 4,5,6 – трубопроводы; 7,8 - входные патрубки; 9 –коллектор; 10,11 - входной и выходной патрубки коллектора; 12 – напорный патрубок электронасоса; 13,14 - выходные патрубки теплогенераторов; 15 - камеры закрутки; 16 - теплообразующее устройство; 17,18 - входной и выходной патрубки; 19 - подающий патрубок; 20 - активное сопло; 21 - всасывающий патрубок; 22 – пассивное сопло; 23 - смешительная камера; 24 – диффузор; 25 – трубопровод; 26 - вентиляционный патрубок; 27 - Г-образное пассивное сопло; 28, 31 – вентили; 29 – прокладка; 30 - резьбовое соединение;  $\theta_n, \theta_k$  – температура нагреваемой воды начальная и конечная;  $Q_n$  – подача насоса;  $H_p$  – рабочий напор насоса;  $P_n, P_z$  – полезная и затраченная мощности;  $W_n, W_z$  - полезная и затраченная энергия;  $Q_m$  - количество теплоты, полученной при нагреве воды**

**Рисунок 1 –Конструктивно - технологическая схема струйного теплового модуля с использованием центробежного насоса и теплообразующих устройств**

**Технологический процесс струйного теплового модуля.** Запускается центробежный насос 3 через пульт управления. Нагреваемая вода из бака 2 центробежным насосом 3, соединённым всасывающей частью через патрубок 4,

подаётся по нагнетательному патрубку 12, тройнику 5 и открытому вентилю 31 в коллектор 9. Далее через входные патрубки 7, 8 и 11 вода поступает в камеры закрутки 15 теплогенераторов 1, в которых вода за счёт напора и тангенсального подвода преобразуется во вращательное её движение и через выходные патрубки 13 и 14 с противоположным вращением и поступательным движением навстречу друг к другу под напором подаётся в теплообразующее устройство 16. Где, начиная в соединительном трубопроводе 6, происходит процесс нагрева воды за счёт трения встречных противоположно направленных слоёв воды вращательного и поступательного движения. Далее, частично подогретая вода, из соединительного трубопровода 6 поступает по патрубку 17 в струйный эжектор 16, в котором вода, проходя через активное сопло 20 подводящего патрубка 19, создаёт разрежение (вакуум) в Г-образном пассивном сопле 27 и воздух при открытии вентиля 28 засасывается в активное сопло 20. Струи воды и воздуха, двигаясь с разной скоростью через сопло 20 и далее через смесительную камеру 23 за счёт сил трения кинетическая энергия воды переходит в тепловую и вода нагревается. Одновременно струя воды и воздуха, выходя из активного сопла 20, создаёт в щелевом отверстии пассивного сопла 21 эжектора разрежение (вакуум), который через воздуховпускной трубопровод 25 засасывает воздух из помещения, который вместе со струйным движением воды, отдавая тепловую энергию воде, поступает в бак 2. В баке 2 воздух отделяется от воды и выходит часть в помещение, часть повторно засасывается в струйный эжектор 16.

Струйный тепловой модуль после нагрева воды подключается к системе отопления через отводной патрубок, вентиль и трубопровод к напорной линии, а через патрубок бака 2, вентиль и трубопровод к обратной линии. Режим работы насоса 3, теплогенераторов 1, струйного эжектора 16 и отопительной системы регулируется вентилями методом дросселирования и контролируется по установленным манометрам.

Существует несколько технологий нагрева воды для теплоснабжения промышленных и сельскохозяйственных объектов, в том числе автономных, которые подразделяются на три направления: теплоснабжение на основе сжигания газа, твёрдого и жидкого топлива; использование электрической энергии; альтернативные тепловые модули (теплогенераторы), которые отдают энергию в виде тепла больше, чем забирают из энергосети за счёт изменения динамического состояния самой воды и окружающего воздуха [6-8].

Конструкция струйного теплового модуля обладает технической новизной, применяемое в нем техническое решение защищено авторским коллективом патентом №29678 «Струйный тепловой модуль» [9], зарегистрированный в Государственном реестре изобретений Республики Казахстан от 24.02.2015 г., патентообладателем которого является КазНАИУ, а авторами - основные разработчики теплового модуля.

Практическая значимость разработки будет заключаться в создании опытного образца теплового модуля с положительными результатами испытаний,

в рекомендациях его внедрения на объектах АПК РК и в последующем разработки необходимых типоразмеров опытных образцов для внедрения в системе АПК РК и возможно в странах СНГ.

Таким образом, предлагаемая конструкция струйного теплового модуля обеспечивает повышение энергетических показателей – увеличения КПД от использования суммарного эффекта нагрева воды за счёт трения встречных противоположно направленных слоёв воды вращательного и поступательного движения, сил трения движущихся струй воды и воздуха с разной скоростью и передаче тепловой энергии воздуха воде при взаимодействии создаваемого вакуума и кавитации.

Теоретические предпосылки разработаны по указанной выше методике и принятых функциональных зависимостей (1) – (6).

Количество теплоты, полученной при нагреве вода, определяется по формуле:

$$Q_T = C \cdot m \cdot \Delta\theta = C \cdot V \cdot \rho \cdot \Delta\theta, \text{ кКал} \quad (9)$$

где  $C$  – удельная теплоёмкость, кКал/кг·град (для воды  $C=1$  кКал/кг·град);

$m$  – масса нагреваемой воды, определяется по формуле (7), кг:

$$m = V \cdot \rho,$$

где  $V$  – объем нагреваемой воды, м<sup>3</sup>;

$\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$  – плотность нагреваемой воды;

$\Delta\theta$  – повышение температуры нагрева воды, определяется по формуле (8), °С:

$$\Delta\theta = \theta_k - \theta_n,$$

где  $\theta_n, \theta_k$  – температура нагреваемой воды начальная и конечная, °С.

Полезная мощность  $P_{\Pi}$  и энергия  $W_{\Pi}$  определяются по формулам:

$$P_{\Pi} = \frac{Q_T \cdot A}{t}, \text{ Вт} \quad (10)$$

где  $A$  – механический эквивалент теплоты ( $A=4,2$  Дж/Кал, или  $0,427$  кГм/Кал или  $427$  кГм/кКал или  $4200$  Нм/кКал);

$t$  – продолжительность нагрева воды (работы теплового модуля), с.

$Q_T$  – количество теплоты, полученной при нагреве воды, определяется по формуле (9), кКал;

$$W_{\Pi} = P_{\Pi} \cdot T, \text{ кВт·ч} \quad (11)$$

где  $P_{\Pi}$  – полезная мощность, определяется по формуле (10), кВт;

$T$  – время работы теплового модуля, ч.

Затраченная мощность  $P_3$  и энергия  $W_3$  определяются по формулам:

$$P_3 = \frac{\rho g Q_H H_p}{\eta_H}, \text{ Вт} \quad (12)$$

где  $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$  – плотность нагреваемой воды;

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$  – ускорение свободного падения;

$Q_H$  – подача насоса теплового модуля при рабочем напоре  $H_p$ , м<sup>3</sup>/с;

$H_p$  – рабочий напор насоса, м;

$\eta_H$  – КПД используемого насоса в тепловом модуле;

$$W_3 = P_3 \cdot T, \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad (13)$$

где  $P_3$  – затраченная мощность, определяется по формуле (12), кВт;

$T$  – время работы теплового модуля, ч.

КПД теплового модуля определяется по формуле:

$$\eta_{TM} = \frac{P_{\Pi}}{P_3} = \frac{Q_T \cdot A \cdot \eta_H}{t \cdot \rho \cdot g \cdot Q_H \cdot H_p} = \frac{C \cdot V \cdot \Delta\theta \cdot A \cdot \eta_H}{t \cdot g \cdot Q_H \cdot H_p} \quad (14)$$

или

$$\eta_{TM} = \frac{W_{\Pi}}{W_3} \quad (15)$$

На основании полученных теоретических формул по основным входным параметрам: подаче центробежного насоса  $Q_H = 0,0035 - 0,007 \text{ м}^3/\text{с}$  и напоре  $H_p = 25-37,5 \text{ м}$  получены следующие теоретические выходные технологические параметры струйного теплового модуля: количество полученной теплоты от нагрева воды  $Q_T = 2520 \text{ кКал}$ , мощность полезная  $P_{\Pi} = 1,30-1,85 \text{ кВт}$ , мощность затраченная  $P_3 = 1,95 - 2,65 \text{ кВт}$ , энергия полезная  $W_{\Pi} = 0,7 - 2,95 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$  и затраченная  $W_3 = 1,05 - 4,2 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ , температура нагреваемой воды до  $50 - 70^\circ\text{C}$ , КПД теплообразующего устройства  $\eta_{TM} = 0,85 - 0,95$  и теплового модуля  $\eta_{TM} = 0,6 - 0,7$ .

#### **Выводы:**

1. По результатам выполненных исследований разработана усовершенствованная конструктивно-технологическая схема струйного теплового модуля с использованием центробежного насоса и теплообразующих устройств, которая обладают новизной – защищена патентом КЗ на изобретение.

2. Даны результаты теоретические исследований по разработанной конструктивно-технологической схеме струйного теплового модуля, которые являются основой для обоснования параметров при разработке его экспериментального и опытного образцов и проведения экспериментальных исследований и лабораторных испытаний с положительными результатами.

3. Результаты исследований могут быть рекомендованы для практического применения.

#### **Список цитированных источников**

1. Обоснование энергосберегающей технологии гидронагрева воды и разработка струйного теплового модуля для автономного теплоснабжения, очистки воздуха и технологических процессов на объектах АПК: Отчёт о НИР (заключительный)/ КазНАУ. № госрегистрации 0111РК00466. Руководитель Е.Саркынов -Алматы, 2015,-124 с.

2. Яковлев А.А., Алиханов Д.М., Исаханов М.Ж., Саркынов Е., Ибраев Е., Дюсенбаев Т.С., Бекенов А.А. Определение энергетических параметров струйного теплового модуля и результаты предварительных исследований // Сборник материалов международной научно-практической конференции. КазНАУ, Алматы, 2009. - С.394-398.

3. Волков И.А., Алиханов Д.М., Яковлев А.А. Результаты экспериментальных исследований режимов работы струйного теплового модуля: Журнал №3 Исследования, результаты : Механизация и электрификация сельского хозяйства. КазНАУ , Алматы , 2016.С.243- 248.

4. Д.М.Абсамат, Е.С.Саркынов, Ж.З.Жакупова. Результаты экспериментальных исследований и лабораторных испытаний струйного теплового модуля // «II Международное книжное издание стран СНГ / «Лучший научный сотрудник-2023» - Астана, 2023 г. – с.54-60

5. Махмудова Л.К. Методология научных исследований в водных ресурсах и водопользовании для магистрантов, обучающихся по образовательной программе 7M08601 – «Управление водными ресурсами с использованием IT-технологий: учеб. пособие / Махмудова Л.К., Жакупова Ж.З.- Алматы: КазНАИУ, 2020.- 135 с. <http://lib.kaznu.kz/default.asp?sign=1&dbid=BOOKS>

6. Фисенко В.В. Новая энергосберегающая технология в системах отопления и горячего водоснабжения // Теплоэнергетика: Журнал № 1. - М., 2000.

7. Фисенко В.В. Некоторые свойства термодинамики дфухфазного потока и их использование в аппаратах "Фисоник" // Промышленная энергетика: Журнал № 12. - М., 2001.

8. Кешуов С.А., Барков В.И. Математическое моделирование процессов на границе раздела фаз в электродных водонагревателях сельскохозяйственного назначения. В сб. "Проблемы эффективного использования энергии в отраслях АПК", Ташкент, 2003 г.

9. Патент № 29678 Струйный тепловой модуль/ Яковлев А.А., Саркынов Е., Асанбеков Б.А., Алиханов Д.М., Тлеукулов А.Т., Сапаров Н.М.; опубл.16.03.2015, Бюл.№3.

УДК 721

## **ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВЕ**

***Усс Н. В.<sup>1</sup>, Кулаков Н. И.<sup>2</sup>, Лисовец А. Ю.<sup>3</sup>, Акулова О. А.<sup>4</sup>***

<sup>1</sup> Магистрант кафедры природообустройства, БрГТУ, Брест, Беларусь, [natallyanovosad@mail.ru](mailto:natallyanovosad@mail.ru)

<sup>2</sup> Студент строительного факультета, БрГТУ, Брест, Беларусь, [p0035817@g.bstu.by](mailto:p0035817@g.bstu.by)

<sup>3</sup> Студент факультета инженерных систем и экологии, БрГТУ, Брест, Беларусь, [alexlisovets@icloud.com](mailto:alexlisovets@icloud.com)

<sup>4</sup> Заведующий кафедрой начертательной геометрии и инженерной графики, БрГТУ, Брест, Беларусь, [akylovaolya@yandex.by](mailto:akylovaolya@yandex.by)

## **Аннотация**

В статье рассмотрены современные подходы к проектированию городской среды, связанные с использованием BIM-технологий, ГИС-технологий, технологий расширенной реальности.

**Ключевые слова:** градостроительство, концепция «умного города», информационное моделирование зданий, BIM-технологии, ГИС-технологии, технологии виртуальной реальности.

## **INFORMATION TECHNOLOGIES IN URBAN PLANNING**

*Us N. V.<sup>1</sup>, Kulakov N. I.<sup>2</sup>, Lisovets A. Y.<sup>3</sup>, Akulova O. A.<sup>4</sup>*

### **Abstract**

The article discusses modern approaches to the design of the urban environment related to the use of BIM technologies, GIS technologies, augmented reality technologies

**Keywords:** urban planning, the concept of a "smart city", building information modeling, BIM technologies, GIS technologies, virtual reality technologies.

### **Введение.**

Согласно Указу Президента Республики Беларусь от 07.05.2020 №156 первым приоритетным направлением научной, научно-технической и инновационной деятельности на 2021–2025 годы являются «Цифровые информационно-коммуникационные и междисциплинарные технологии, основанные на них производства», среди которых отмечаются «цифровые пространственные модели, технологии дополненной реальности».

Градостроительство – это одна из наиболее социально значимых отраслей экономики, которая остро нуждается во внедрении современных информационных технологий и повсеместной цифровизации.

**Материалы и методы.** В работе применялся общенаучный метод анализа научной литературы и публикаций по теме научного исследования.

**Результаты и обсуждения.** Современное градостроительство тесно связано с концепцией «умного города» (smart-city), которая предполагает модернизацию инфраструктуры города с принципиально новыми возможностями централизованного управления, новым уровнем сервисного обслуживания и безопасности.

Реализация этой концепции обеспечивается внедрением информационного моделирования (BIM-технологии). Применение BIM-технологий на стадии градостроительства является новым этапом в их развитии. В связи с этим можно выделить два наиболее перспективных направления использования BIM [1]: стратегическое социально-экономическое развитие (создание единой базы

данных о состоянии развития социума и качественных показателей жизни населения); пространственное развитие (создание единой базы данных по уровню развития территории и качественных показателей городской среды). В комплексе это позволит прогнозировать и анализировать возможные сценарии развития города и соответственно принимать эффективные управленческие решения, а также осуществлять мониторинг развития городов и целых регионов.

К элементам городской застройки относят: здания и сооружения (жилые, общественные, административные и др.); элементы благоустройства (детские и спортивные площадки, автостоянки, парки, скверы, площади, водные объекты, набережные, улицы и дороги, транспортные и инженерные коммуникации и др.); линейные объекты (линии связи и электропередач, трубопроводы, автомобильные и железные дороги и др.); подземная часть (инженерные сети, метрополитен, паркинги и др.).

При этом следует учитывать ряд параметров: плотность и площадь застройки, этажность зданий, плотность и численность населения, соответствие зданий санитарным, инсоляционным и противопожарным требованиям, экологические мероприятия и озеленение, оптимизация дорожно-транспортной системы и другие.

На настоящий момент отсутствует отечественное программное обеспечение, позволяющее учитывать все эти нюансы, а использование зарубежного ограничено необходимостью соблюдения государственной тайны в процессе градостроительства.

Важным для градостроительства является возможность объединения BIM-систем и ГИС-систем в единую модель [2]. Ярчайшим примером, успешно реализовавшим такой подход, например, является Сингапур. Для объединения BIM-технологий и ГИС-технологий чаще всего используют следующие системы:

- FME Desktop (features manipulation engine) – разработан Safe Software для манипулирования пространственными и семантическими данными и является идеальным дополнением любой геоинформационной системы, обеспечивающим: трансляцию и конвертацию данных; преобразование систем координат; преобразование данных с использованием библиотеки из более чем 300 преобразователей данных (transformers) и создание собственных для реорганизации, преобразования, модификации, создания элементов и их атрибутов без необходимости кодирования;

- InfraWorks – это программное обеспечение разработано фирмой Autodesk для концептуального проектирования и позволяет специалистам в области архитектурно-строительного проектирования моделировать, анализировать и визуализировать проектные концепции объектов инфраструктуры в контексте антропогенной и естественной среды;

- ESRI CityEngine – это приложение для трехмерного моделирования и планирования городской среды, использующее процедурное моделирование, которое позволяет значительно сократить время создания 3D-моделей городской застройки по сравнению с традиционными методами. Создаваемые в CityEngine города могут быть основаны на реальных ГИС-данных или представлять результат реконструкции, фантазии или сценарий развития городского ландшафта.

Софт генерирует подробные модели города на основе простых процедурных правил, импортируя данные в стандартных форматах файлов, таких как OBJ и DXF и экспортируя в такие форматы, как FBX, Alembic и USD.

В настоящее время визуализация градостроительных проектов в основном осуществляется в специальном программном обеспечении, позволяющем на базе BIM-модели создавать виртуальную (VR) среду. Его условно можно разделить на две группы [3, 4]: с возможностью постобработки и внесения изменений в самой программе (Lumion, LumeneRT, Twinmotion и др.); без возможности постобработки – изменения необходимо вносить непосредственно в информационную модель (Euscapse, Autodesk Live, Fuzor и др.).

Следующим этапом развития VR-технологии является использование средств виртуальной реальности, с помощью которых можно свободно перемещаться в трехмерном пространстве города и изменять параметры объектов в режиме реального времени. Одним из инструментов, позволяющих этого достичь, является приложение Unreal Engine. Оно позволяет реализовать два принципиально разных подхода к созданию виртуальной реальности: кроссплатформенный (с использованием плагина Pixel Streaming) – аудио- и видеопоток генерируются в режиме реального времени, при этом каждый из участников по очереди может вносить изменения в объекты; мультиплеерный (реализуется встроенными средствами) – информация передается между несколькими компьютерами, каждый из участников может управлять своими действиями внутри проекта (напоминает видеоигру).

**Заключение.** В настоящее время в проектах городских комплексов используют высокотехнологичные решения, учитывающие энергоэффективность и защиту окружающей среды. При их проектировании создаются информационные модели зданий и сооружений, а сами проекты сопровождаются большим количеством фотореалистичных изображений, анимацией, а также расширенной реальностью. Изучение этого опыта полезно при разработке градостроительных проектов в Республике Беларусь.

### Список цитированных источников

1. Орловская, Т. Н. Концепция применения BIM-моделирования в управлении социально-пространственным развитием мегаполиса / Т. Н. Орловская // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры : материалы IV Международной научно-практической конференции ; под общ. ред. А. А. Семенова. – Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. – Санкт-Петербург : СПбГАСУ, 2021. – С. 200–204. DOI: <https://doi.org/10.23968/BIMAC.2021.026>.

2. Сеницына, И. А. BIM-моделирование и синтаксические оценки городского пространства / И. А. Сеницына., Ю. М. Моисеев // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры : материалы IV Международной

научно-практической конференции ; под общ. ред. А. А. Семенова. – Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. – Санкт-Петербург : СПбГАСУ, 2021. – С. 401–407. DOI: <https://doi.org/10.23968/VIMAC.2021.050>.

3. Ожиганова, М. Е. Консолидация BIM и VR / М. Е. Ожиганова, А. В. Ремпель // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры : материалы II Международной научно-практической конференции. – Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. – Санкт-Петербург : СПбГАСУ, 2019. – С. 164–169. DOI: <https://doi.org/10.23968/VIMAC.2019.029>.

4. Шакшак, О. М. Оценка BIM проекта на основе многопользовательского VR-тура / О. М. Шакшак, И. А. Евсиков // BIM-моделирование в задачах строительства и архитектуры : материалы III Международной научно-практической конференции. – Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет. – Санкт-Петербург : СПбГАСУ, 2020. – С. 304–310. DOI: <https://doi.org/10.23968/VIMAC.2020.039>.

УДК 628.3:621.3

## **ОЦЕНКА ПРИМЕНИМОСТИ МЕЖДУНАРОДНЫХ СТАНДАРТОВ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ВОДООТВЕДЕНИЯ**

*Шикунец А. Б.<sup>1</sup>, Штена В. Н.<sup>2</sup>, Смелов В. В.<sup>3</sup>, Карнович Д. С.<sup>4</sup>*

<sup>1</sup>Аспирант, Полесский государственный университет, г. Пинск, Беларусь, [leshashikunets@gmail.com](mailto:leshashikunets@gmail.com)

<sup>2</sup>Проректор по научной работе, Полесский государственный университет, г. Пинск, Беларусь, [trproless@gmail.com](mailto:trproless@gmail.com)

<sup>3</sup>Заведующий кафедрой программной инженерии, Белорусский государственный технологический университет, [smw@belstu.by](mailto:smw@belstu.by)

<sup>4</sup>Заведующий кафедрой автоматизации производственных процессов и электротехники, Белорусский государственный технологический университет, [karovich@tut.by](mailto:karovich@tut.by)

### **Аннотация**

Оценены подходы к формализации цифровых двойников, которые применяются в стандартах ГОСТ Р и ISO, выбран второй как базис при решении задач водоотведения. Создана структура цифровых двойников систем водоотведения коммунально-промышленных объектов; обоснованы дальнейшие направления исследований использования цифровых решений в водопроводно-канализационных хозяйствах.

**Ключевые слова:** цифровой двойник, водоотведение, международный стандарт.

# ASSESSMENT OF THE APPLICABILITY OF INTERNATIONAL DIGITAL TWIN STANDARDS FOR SOLVING WATER DISPOSAL PROBLEMS

*Shikunets A. B.<sup>1</sup>, Shtepa V. N.<sup>2</sup>, Smelov V. V.<sup>3</sup>, Karpovich D. S.<sup>4</sup>*

## **Abstract**

Approaches to the formalization digital twins, which are used in GOST R and ISO, have been assessed, the second one was chosen as the basis for solving problems water disposal. The structure digital twins wastewater disposal systems of the municipal and industrial facilities has been created; further directions research into the use of the digital solutions in water supply and sewerage facilities are substantiated.

**Keywords:** digital twin, water disposal, international standard.

**Введение.** Изначально стандарты вводили крупные фирмы для повышения эффективности производств, в последующем появились отраслевые и национальные стандарты, которые в дальнейшем стали международными. Транснациональными нормативными документами, которые имеют важное значение для Беларуси являются:

– ГОСТ Р – базируется на семействе стандартов СССР и функционирует в странах СНГ;

– Международный стандарт ISO (International Organization for Standardization) – создан по инициативе Международной организации по стандартизации, на данный момент к нему присоединилось свыше 170 участников.

Ориентируясь на такие основные документы целесообразно оценить применимость цифровых двойников (ЦД) к решению проблематики водоотведения. Перспективность внедрения таких современных подходов продиктована тем, что область цифрового моделирования растет быстрыми темпами. Так согласно анализа агентства MarketsandMarkets, в 2023 году объем рынка ЦД превысил \$10 млрд.; прогнозируется его увеличение в среднем на 61,3% в год и через 5 лет ожидается \$110 млрд.

Именно поэтому актуально оценить основные концепты базовых нормативных документов ЦД применительно к цифровой трансформации водопроводно-канализационных хозяйств (ВКХ) Республики Беларусь.

**Материалы и методы.** В 2021 году в Российской Федерации был принят ГОСТ Р 57700.37 – 2021 «Компьютерные модели и моделирование. Цифровые двойники изделий». Согласно его терминологии: «Цифровая модель изделия – система математических и компьютерных моделей, а также электронных документов изделия, описывающая структуру, функциональность и поведение вновь разрабатываемого или эксплуатируемого изделия на различных стадиях жизненного цикла, для которой на основании результатов цифровых и (или) иных испытаний по ГОСТ 16504 выполнена оценка соответствия предъявляемым

к изделию требованиям». Цифровой двойник – «система, состоящая из цифровой модели изделия и двусторонних информационных связей с изделием (при наличии изделия) и (или) его составными частями».

Ключевым документом, который регулирует ЦД и цифровое моделирование в рамках ISO выступает ISO 23247 «Automation systems and integration – Digital twin framework for manufacturing». Норматив определяет: «Digital Twin (ЦД) – цифровая модель конкретного физического элемента или процесса с подключениями к данным, которая обеспечивает конвергенцию между физическим и виртуальным состояниями с соответствующей скоростью синхронизации».

**Результаты и обсуждение.** Оценка стандартов ГОСТ Р 57700.37 и ISO 23247 демонстрирует более качественную детализацию и проработанность второго, что объяснимо – поскольку первый оперирует только общими положениями. Именно основные постулаты ISO обосновано адаптировать под задачи цифровизации систем водоотведения (рис. 1).

При этом ключевыми трудностями использования классических подходов цифрового моделирования применительно к сфере водоотведения коммунально-промышленных объектов станут [1, 2]:

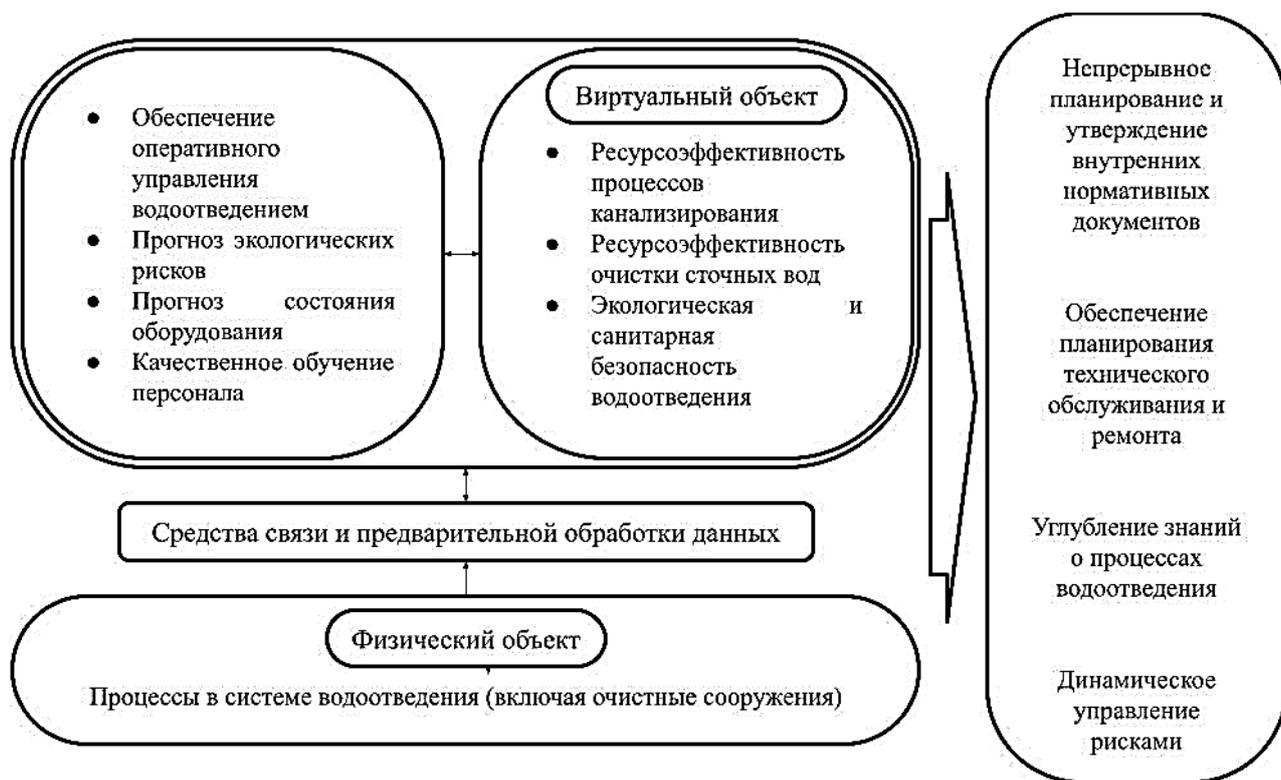
- сложность (невозможность) построения полностью адекватных математических моделей физического объекта в силу многофакторности, нелинейности, нестационарности био-химико-физических процессов одновременно (конкурирующе) протекающих в сети канализования и очистных сооружениях;

- работа в условиях неполноты входной информации, поскольку существующие автоматические измерительные средства обеспечивают получение менее 30% необходимых данных, большая часть из них может быть сформирована только лабораторно;

- необходимость интеграции в виртуальный объект (уровень математического обеспечения) экспертного мнения, в силу отсутствия любых других источников информации кроме человеческих заключений и выводов;

- распределённость точек сбора информации (возможны расстояния в десятки километров) при высокой сложности установки и эксплуатации измерительных средств в контрольных точках, в том числе в агрессивных условиях;

- наличие и использование на коммунально-промышленных объектах отдельных, как правило фрагментарных, программно-аппаратных комплексов, которые сложно интегрировать в ЦД используя концепцию «неразрушающего внедрения».



*Рисунок 1 – Структура цифровых двойников систем водоотведения коммунально-промышленных объектов*

**Заключение.** На данный момент рынок цифровых двойников представляет собой очень перспективный и динамично развивающийся сегмент. Анализ стандартов ГОСТ Р 57700.37 и ISO 23247, которые нацелены на систематизация использование цифровых решений, продемонстрировал лучшую проработанность ISO. На его основе создана структура цифровых двойников систем водоотведения коммунально-промышленных объектов. Дальнейшие исследования целесообразно направить на преодоление сложностей внедрения ЦД, вызванных особенностями ВКХ.

**Благодарности.** Работа выполнена при финансовой поддержке БРФФИ (договор №Ф23У-012 от 02.05.2023 года).

### Список цитированных источников

1. Практическое использование информационно-аналитической системы оценки экологической безопасности водоотведения / В.Н. Штепа [и др.] // II Форум IT-Академграда Искусственный интеллект в Беларуси, Минск, 12-13 октября 2023 года / Объединенный институт проблем информатики. – Минск: ОИПИ НАН Беларуси, 2023. – С. 251–256.

2. Системный анализ компьютерно-интегрированного комплекса мониторинга и прогнозирования рисков возникновения чрезвычайных ситуаций на объектах коммунально-промышленного водоотведения / В.Н. Штепа [и др.] // Инновационные технологии защиты от чрезвычайных ситуаций, Минск, 28 сентября 2023 года. – Минск: УГЗ, 2023. – С. 20–21.

## **СЕКЦИЯ 4**

### **ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ В СИСТЕМЕ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА: ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ**

## РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННЫХ МОДЕЛЕЙ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ В ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ ZULUGIS

*Белицкий О. Ю.<sup>1</sup>*

*Научный руководитель: Коваленко В. Н.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Инженер по расчётам и режимам, ООО «ПроГИС», студент факультета инженерных систем и экологии, БрГТУ, Брест, Беларусь, obeli9835@gmail.com

<sup>2</sup>Аспирант кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов, БрГТУ, Брест, Беларусь, kovalbyu@gmail.com

### **Аннотация**

Геоинформационные системы становятся все более востребованными в современном мире. В них разрабатывают электронные модели, анализируют данные и проводят в них инженерные расчёты. В данной статье представлен обзор разработки электронных моделей систем теплоснабжения с использованием программного обеспечения ZuluGIS.

**Ключевые слова:** система теплоснабжения, геоинформационная система, ZuluGIS, электронная модель, моделирование.

## DEVELOPMENT OF ELECTRONIC MODELS OF HEAT SUPPLY SYSTEMS IN THE GEOINFORMATION SYSTEM ZULUGIS

*Belitsky O. Y.<sup>1</sup>*

### **Abstract**

Geoinformation systems are becoming more and more in demand in the modern world. They develop electronic models, analyze data and perform engineering calculations in them. This article provides an overview of the development of electronic models of heat supply systems using the ZuluGIS software.

**Keywords:** heat supply system, geoinformation system, ZuluGIS, electronic model, simulation.

**Введение.** Системы теплоснабжения играют решающую роль в обеспечении энергетической эффективности и устойчивости городов. Для того, чтобы повысить эффективность и оптимизировать работу систем теплоснабжения, на основе географических информационных систем специалисты разрабатывают их электронные модели. Наиболее популярной в Республике Беларусь является ZuluGIS (разработки ООО «Политерм», Российская Федерация г. Санкт-Петербург) [1, 2].

ZuluGIS – это геоинформационная система, предназначенная для моделирования систем теплоснабжения, водоснабжения, водоотведения и газоснабжения, и визуализации пространственных данных.

Геоинформационная система ZuluGIS позволяет [3]:

- создавать схемы инженерных сетей;
- использовать данные картографических веб-сервисов;
- создавать собственную структуру данных, а именно слои, условные обозначения, таблицы с атрибутами, средства визуализации и т.д.

Схемы инженерных сетей создаются с поддержкой их топологии, что позволяет использовать программные модули для гидравлических расчётов, построения продольных профилей и пьезометрических графиков.

Для гидравлических и теплотехнических расчётов систем теплоснабжения применяется ZuluThermo (см. рисунок ниже), являющийся программным модулем ZuluGIS.

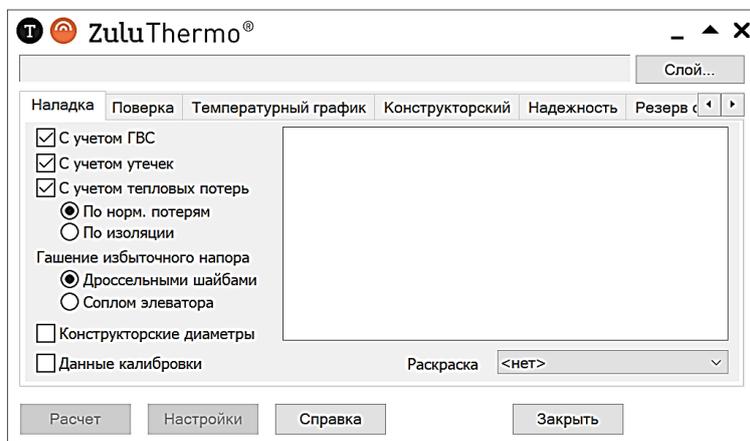


Рисунок 1 – Интерфейс программного модуля ZuluThermo [3]

ZuluThermo позволяет строить пьезометрические графики и проводить следующие технические расчёты [3]:

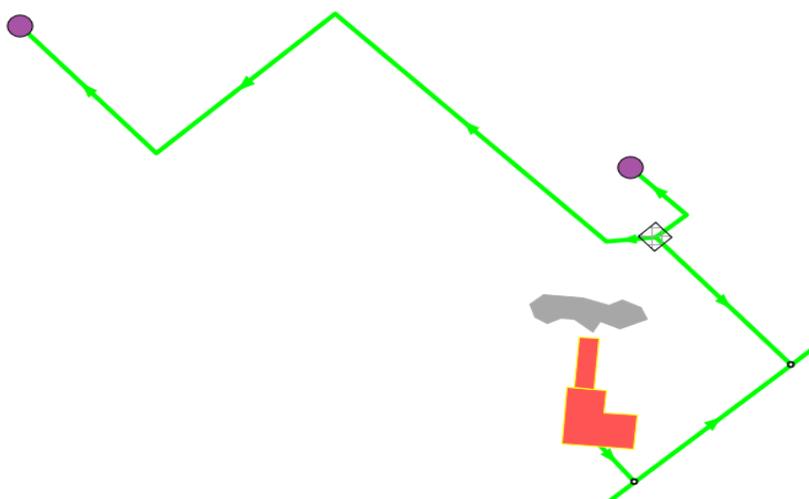
- наладку (осуществляет подбор диаметров дроссельных шайб и сопел элеваторов для обеспечения каждого потребителя оптимальным количеством воды и тепловой энергии за счёт гашения избыточного напора);
- поверку (моделирует тепловые и гидравлические режимы сети);
- калибровку (уточняет математическую электронную модель сети, по данным натурных измерений);
- конструкторский (определяет диаметры трубопроводов тепловой сети)
- расчёт требуемой температуры на источнике (определяет минимально необходимые температуры теплоносителя на выходе из источника, для обеспечения расчётной температуры внутреннего воздуха на заданном потребителе);
- расчёт надёжности системы теплоснабжения (вычисляет количественную оценка надёжности теплоснабжения потребителей систем централизованного теплоснабжения);

- расчёт резерва пропускной способности сети (определяет резерв пропускной способности тепловой сети);
- поиск дефектов (определяет различные гидравлические аномалии в тепловой сети, при совместном использовании гидравлической модели и показаний приборов).

Также доступны программные модули, позволяющие выполнять коммутационные переключения и анализировать термограммы).

Электронная модель формируется в графическом редакторе ZuluGIS. Модель сети представляет собой схему, где линиями, соединяющими узлы, являются участки трубопроводов. Программа рассчитывает тупиковые и кольцевые сети, с присоединением к сети ИТП и ЦТП по не одним десяткам схемных решений.

Пример схемы тепловой сети в ZuluGIS представлен на рисунке 2.



*Рисунок 2 – Графическая схема электронной модели*

Для каждого объекта в слое формируется уникальная запись в базе данных, которая содержит в себе атрибутивную справочную информацию, поля для исходных данных и поля, в которых будут отображаться значения, полученные в процессе проведения технических расчётов.

Электронную модель можно распечатать на бумагу, перевести в электронный документ формата PDF, конвертировать в другие форматы. Гидравлический расчёт можно сохранить и распечатать в виде электронной таблицы Excel.

**Заключение.** Разработка электронных моделей систем теплоснабжения с использованием геоинформационной системы ZuluGIS – это универсальный инструмент для управления, анализа и оптимизации сетей теплоснабжения, позволяющий повысить их надёжность и эффективность работы.

#### **Список цитированных источников**

1. В. Н. Коваленко, Р. Н. Вострова, Ю. В. Муравьёва, О моделировании работы сетей водоснабжения в географической информационной системе ZuluGIS

// Междунар науч.-практ. конф. (Гомель, 6-7 октября 2022 г.). – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2022. – с. 282-285.

2. В. Н. Коваленко, Социальная и практическая значимость внедрения компьютерных моделей систем водоснабжения и канализации // Водоснабжение, химия и прикладная экология: Междунар. науч.-практ. конф. (Гомель, 22 марта 2022 г.) / М-во трансп. И коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. Гос. ун-т трансп.; редкол.: Е.Ф. Кудина, А.Б. Невзорова, О.Н. Горелая. – Гомель : БелГУТ, 2022. – с. 83–85.

3. Политерм – разработчик географической информационной системы ZuluGIS [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.politerm.com>. – Дата доступа 20.02.2024.

УДК 332.8

## **СТРУКТУРА БРЕСТСКОГО ГОРОДСКОГО ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА В КОНЦЕПЦИИ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ЖКХ БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ**

*Коцуба А. А.<sup>1</sup>*

*Научные руководители: Андреюк С.В.<sup>2</sup>, Волкова Г. А.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Студент факультета инженерных систем и экологии, БрГТУ, Брест, Беларусь, [v0011313@g.bstu.by](mailto:v0011313@g.bstu.by)

<sup>2</sup> Заведующий кафедрой водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов, БрГТУ, Брест, Беларусь, [svandreuyuk@g.bstu.by](mailto:svandreuyuk@g.bstu.by)

<sup>3</sup> Доцент кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов, БрГТУ, Брест, Беларусь, [volga-brest@mail.ru](mailto:volga-brest@mail.ru)

### **Аннотация**

Отражены особенности функционирования системы жилищно-коммунального хозяйства г. Бреста, ее структура и влияние на качество жизни населения. Проанализированы основополагающие направления развития и совершенствования системы жилищно-коммунального хозяйства в Брестской области.

**Ключевые слова:** жилищно-коммунальное хозяйство, концепция развития, водопроводно-канализационное хозяйство.

# THE STRUCTURE OF THE BREST CITY HOUSING AND COMMUNAL SERVICES IN THE CONCEPT OF DEVELOPMENT OF HCSS OF THE BREST REGION

*Kotsuba A. A.*

## **Abstract**

The features of the functioning of the housing and communal services system of the city of Brest, its structure and impact on the quality of life of the population are reflected. The fundamental directions of development and improvement of the housing and communal services system in the Brest region are analyzed.

**Keywords:** housing and communal services, development concept, water supply and sewerage services.

**Введение.** Жилищно-коммунальное хозяйство (далее – ЖКХ) – наиболее близкая людям сфера, поскольку включает большинство сторон нашей повседневной жизни: качественная питьевая вода, тепло в доме, ремонт подъездов, надежность работы лифтов, своевременный вывоз мусора, озеленение населенных пунктов и многое другое.

В Беларуси развитие ЖКХ направлено на обеспечение повышения комфортности проживания и безопасности граждан, экономической эффективности оказания населению жилищно-коммунальных услуг.

**Концепция развития и совершенствования системы жилищно-коммунального хозяйства в Брестской области.** Система жилищно-коммунального хозяйства (далее – ЖКХ) Брестской области ведет целенаправленную работу по выполнению показателей Государственной программы «Комфортное жилье и благоприятная среда» на 2021-2025 годы (далее – Государственная программа), Директивы Президента Республики Беларусь от 4 марта 2019 г. № 7 «О совершенствовании и развитии жилищно-коммунального хозяйства страны», и иных доведенных заданий облисполкомом и Министерством жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь.

Основная цель Государственной программы – обеспечение комфортных условий проживания и благоприятной среды обитания, в первую очередь за счет повышения эффективности и надежности функционирования объектов ЖКХ с одновременным снижением затрат на оказание жилищно-коммунальных услуг (далее – ЖКУ).

Для оценки эффективности реализации Государственной программы в системе ЖКХ Брестской области [1] определены сводные целевые показатели – снижение затрат на оказание ЖКУ населению в сопоставимых условиях (уже за первое полугодие 2023 г. составил 6,8 % при задании не менее 5%) и обеспеченность потребителей водоснабжением питьевого качества, а также целевые показатели подпрограмм.

Для улучшения качества обслуживания населения в Брестской области функционирует единый областной контакт-центр с коротким номером 115 с использованием программного обеспечения коммунального предприятия «Центр информационных технологий Мингорисполкома».

На сегодняшний день у населения Брестской области имеется возможность оставить свою заявку по множеству видов работ, как по короткому номеру 115, так и с использованием мобильного приложения «Моя Республика. 115.бел».

В целях реализации мероприятий по обеспечению улучшения экологического состояния и внешнего вида территорий населенных пунктов, уровня их благоустройства и озеленения в 2023 году предприятиями ЖКХ Брестской области выполнен ремонт (реконструкция) около 2 % придомовых территорий многоквартирных жилых домов.

По итогам работы за 6 месяцев 2023 г. выполнен ремонт (реконструировано) 24 придомовых территорий многоквартирных жилых домов.

Для повышения надежности, технологической и экономической эффективности теплоснабжения в 2023 году были реализованы следующие мероприятия:

- модернизация 21 газовых котельных, включая их перевод в автоматический режим работы;
- модернизация 28 котельных на местных видах топлива с установкой более эффективного котельного оборудования;
- оптимизация 2 схемы теплоснабжения населенных пунктов с ликвидацией неэффективных котельных.

За январь-июнь 2023 г. заменено 21,4 км изношенных тепловых сетей, что составило 120,2 % планового задания; потери в тепловых сетях составили 9 % при задании 9,4 %.

Для восстановления технических и потребительских качеств, а также сохранения эксплуатационной надежности жилищного фонда за 2023 г. было введено в эксплуатацию 374,2 тыс. м<sup>2</sup> общей площади жилых домов после капитального ремонта. С целью обеспечения безопасной эксплуатации лифтового оборудования в жилых домах за 2023 г. заменено 211 лифтов.

Одна из приоритетных задач – выполнение показателя по обеспечению потребителей качественной питьевой водой. В первом полугодии 2023 г. показатель составил уже 97,5 % или 100 % от плана. За первое полугодие 2023 года обеспеченность населения централизованными системами водоснабжения составила 91,4 %, системами водоотведения – 74,3 % при таком же задании. За такой же период времени выполнена перекладка 15,84 км сетей водоснабжения и 5,47 км сетей водоотведения. В целях дальнейшего повышения качества подаваемой потребителям питьевой воды, развития систем питьевого водоснабжения и водоотведения (канализации) и улучшения качества очистки сбрасываемых сточных вод в водные объекты в текущем году с учетом выделенного финансирования было запланировано ввести в эксплуатацию 27 станций обезжелезивания воды, 4 очистных сооружений канализации.

Предприятиями ЖКХ Брестской области за 2023 г. было заготовлено 107,2 тыс. тонн ВМР. Для развития системы сбора и увеличения уровня использования

твердых коммунальных отходов (далее – ТКО) ведется поэтапная реализация мероприятий Концепции по созданию объектов сортировки и использования ТКО и полигонов для их захоронения (далее – Концепция), в соответствии с которой в области определены 6 зон:

– Брестская (г. Брест, Брестский, Жабинковский, Каменецкий, Малоритский районы);

– Барановичская (г. Барановичи, Барановичский, Ганцевичский, Ляховичский районы);

– Пинская (г. Пинск, Ивановский, Пинский районы);

– Березовская (Березовский, Ивацевичский районы);

– Кобринская (Дрогичинский, Кобринский, Пружанский районы);

– Лунинецкая (Лунинецкий, Столинский районы).

Создание трех комплексов запланировано на период 2020 – 2025 гг., трех комплексов в 2026 – 2030 гг.

В настоящее время ведутся строительные-монтажные работы по строительству цеха по переработке загрязненного полиэтилена и расширению существующего полигона для Пинской зоны обслуживания, а также разработка проекта на сортировочный комплекс Пинской зоны.

В 2023 году приступили к строительным-монтажным работам на региональном полигоне Барановичской зоны обслуживания. В целом можно сказать, что при действующей структуре управления Брестской области обеспечивается слаженная работа по управлению отраслью ЖКХ, которая позволяет оперативно и в полной мере решать все поставленные перед отраслью задачи для обеспечения населения качественными и доступными услугами.

**Коммунальное унитарное многоотраслевое производственное предприятие «Брестское городское жилищно-коммунальное хозяйство».**

**КУМПП «Брестское городское ЖКХ»** – коммунальное унитарное многоотраслевое производственное предприятие, которое осуществляет управление хозяйственной деятельностью девяти предприятий ЖКХ города (рисунок 1).

Основные направления деятельности предприятия:

- заказчик, по выполнению работ по объектам внешнего благоустройства города Бреста на конкурентной основе, организации и проведению конкурсов на оказание услуг по обращению с твердыми коммунальными отходами;

- заказчик по обеспечению оказания услуг по техническому обслуживанию, текущему и капитальному ремонту жилых домов, санитарному содержанию вспомогательных помещений жилых домов, техническому обслуживанию лифтов, а также дополнительных жилищно-коммунальных услуг, на конкурентной основе;

- разработка перспективы комплексного развития и совершенствования городского жилищно-коммунального хозяйства;

- планирование объемов работ необходимых для нормального функционирования городского жилищно-коммунального хозяйства;

- координация и оперативное руководство деятельностью подчиненных предприятий;

- координация сбора и сдачи ВМР в городе;
- осуществление технического надзора по строительству, текущему и капитальному ремонту, реконструкции объектов, содержанию объектов внешнего благоустройства города и других субъектов хозяйствования, оценки качества и полноты объема выполненных работ.

**КУП «ЖРЭУ г. Бреста»** – жилищное ремонтно-эксплуатационное управление (численностью 929 человек), основной вид деятельности которого – содержание и эксплуатация жилищного фонда города, оказание жилищно-коммунальных услуг населению. В состав предприятия входят 13 жилищно-эксплуатационных служб, в том числе:

- центр по управлению общежитиями;
- аварийно-диспетчерская служба города,
- центр по начислению жилищно-коммунальных платежей,
- отдел приватизации и обмена жилой площади,
- транспортный участок,
- ремонтно-строительный участок,
- служба субсидирования и финансовой поддержки населения.

На техническом обслуживании в КУП «ЖРЭУ г. Бреста» находится 1230 жилых домов, 45 общежитий и 110 жилых домов ЖСПК. Стабильную работу всех систем жилищного ремонтно-эксплуатационного управления обеспечивают люди, из которых большая часть – высококвалифицированные специалисты.

**КУП «Брестская ФОС»** – физкультурно-оздоровительная служба (численностью около 100 человек), основной вид деятельности которой – оказание населению города физкультурно-оздоровительных и банных услуг, а также прокат спортивного и туристического инвентаря, бытовых предметов.

**КПУП «Брестводоканал»** – предприятие (численностью около 700 человек), основной вид деятельности которого – эксплуатация водопроводно-канализационных систем, оказание услуг по водоснабжению и водоотведению субъектам хозяйствования и населению. Общая протяженность обслуживаемых водопроводных сетей составляет 913,84 км, канализационных сетей – 800,32 км.

В настоящее время водоснабжение г. Бреста осуществляется от пяти водозаборов, расположенных в разных частях города, суммарная мощность которых составляет 101,4 тыс. м<sup>3</sup>/сутки.

Все водозаборы, включающие в себя 77 артезианских скважин забирают воду из подземного сеноманского горизонта глубиной 200-300м и после очистки на фильтрах станций обезжелезивания подают её в общегородскую закольцованную систему общей протяжённостью около 900 км. Сооружения водозаборов позволяют обеспечить подготовку воды до требований СанПиН 10-124 РБ 99. Для надёжного и качественного водообеспечения населения Бреста на водозаборах установлено современное оборудование.

Безаварийную круглосуточную работу сетей водопровода обеспечивают 5 бригад, укомплектованные землеройной и откачивающей техникой, оборудованием и современными материалами, что позволило за последние годы снизить количество порывов на сетях. Кроме того, на водопроводах идет плановая замена всей отслужившей свой срок и устаревшей запорно-регулирующей арматуры на задвижки с эпоксидным покрытием и обрезиненным клином.

Проведённая работа по организации приборного учёта со стопроцентным охватом забора и подачи воды потребителям позволяет сегодня объективно оценивать объёмы водопотребления и потерь воды.

В последние годы отмечается, что подача воды в город постепенно снижается и в работе в среднем задействовано порядка 44 скважин. Ежедневно скважины водозаборов поднимают от 63,0 до 100 тыс. м<sup>3</sup> воды в сутки.

В настоящее время реализуется Государственная программа «Комфортное жильё и благоприятная среда» на 2021-2025 годы подпрограмма 5 «Чистая вода», которая способствует дальнейшему развитию систем питьевого водоснабжения и водоотведения, повышению качества подаваемой питьевой воды и очистки отводимых сточных вод, улучшению защиты подземных и поверхностных источников питьевого водоснабжения от загрязнения и, в конечном итоге, решению важнейших социальных задач – обеспечению населения питьевой водой нормативного качества и созданию благоприятных условий для проживания населения. По городу Бресту социальный стандарт по обеспеченности населения города централизованным водоснабжением составляет 99,63 % от общего количества населения.

**Очистные сооружения г. Бреста** представляют собой комплекс сооружений, предназначенных для механической и полной биологической очистки городских сточных вод от загрязнений (*проектная производительность составляет 105 000 м<sup>3</sup>/сут*). Очистные сооружения осуществляют очистку бытовых сточных вод от населения и производственных сточных вод промпредприятий г. Бреста. Сооружения для очистки сточных вод расположены таким образом, что вода проходит их последовательно, одно за другим. Для удаления неприятного запаха реконструкцией предусмотрено накрытие сооружений механической очистки и устройство блока очистки воздуха.

**Канализационные насосные станции (КНС).** Перекачка сточных вод осуществляется 129-ю канализационными насосными станциями, 72 из них работает в автоматическом режиме. На 41-ой КНС установлена диспетчеризация, благодаря которой диспетчер в реальном времени отслеживает работу насосных станций.

Система канализации города Бреста разделена на три бассейна канализования. Главными канализационными насосными станциями Бреста, перекачивающими сточные воды на городские очистные сооружения, являются три КНС (по улицам Гоголя, Шевченко и Морозова). Для удаления неприятного запаха возле жилых застроек на крупных КНС установлены фильтры для очистки воздуха. КПУП ВКХ «Брестводока-

нал» проводит модернизацию и реконструкцию КНС, используя современные энерго-сберегающие погружные насосные агрегаты с высоким КПД, производится модернизация других вспомогательных механизмов и электротехнического оборудования.

Для выполнения доведённых прогнозных показателей активизировалась работа по строительству сетей водопровода, как в строящихся жилых районах, так и в существующей жилой застройке. В городе бытует практика строительства сетей по долевному финансированию (водопровод – 50% средств населения, 50% – городской бюджет; канализация – 30% средств населения, 70% – городской бюджет). Данная практика позволила улучшить водоснабжение потребителей в населенных пунктах Митьки, Козловичи, Скоки, Тюхиничи, Ковердяки. Построены сети водопровода по улицам в микрорайонах Аркадия, Гершоны, Козловичи, Тельмы-2, Бердичи. В центральной и других частях города прошла комплексная реконструкция водопроводных сетей в связи с благоустройством.

**КУП «Брестское ДЭП»** – дорожно-эксплуатационное предприятие (численностью работающих около 320 человек), основной вид деятельности которого – эксплуатация дорожно-мостового хозяйства и сетей ливневой канализации; содержание городских пляжей.

Предприятие выполняет работы по содержанию и текущему ремонту коллекторов и сетей дождевой канализации, очистных сооружений, открытых водоотводящих устройств, прудов, регуляторов (отстойников) и дорожных сооружений, с целью обеспечения исправного состояния и работоспособности водоотводящей системы.

В задачи участка, производящего работы по содержанию и текущему ремонту ливневой канализации, входит постоянный надзор и круглогодичное содержание водоотводных сооружений, выявление и выполнение работ, обеспечивающих бесперебойную работу водосточной системы.

В рамках текущего ремонта проводятся работы по ремонту колодцев, устройству и восстановлению лотков с целью сохранения продольного уклона, замене решеток и крышек дождеприемных и смотровых колодцев, исправление повреждений трубопроводов ливневой канализации.

Независимо от времени года проводятся аварийные работы, необходимые для устранения аварийных ситуаций, возникших на водосточной сети.

Основной задачей участка по текущему ремонту и содержанию ливневой канализации является недопущение случаев подтопления городских территорий по причине неисправности ливневой канализации.

**ПКУП «Коммунальник»** – унитарное предприятие (численностью работающих 585 человек), основные виды деятельности которого – текущее содержание городских территорий, транспортные услуги, откачка нечистот, изготовление МАФ, озеленение.

**КУПП «Брестское котельное хозяйство»** – предприятие (численностью работающих около 480 человек), основные виды деятельности которого – производство теплоэнергии и транспортирование ее потребителю, оказание услуг по отоплению и горячему водоснабжению.

Во все районы г. Бреста КУПП БКХ осуществляет транспортировку тепловой энергии, полученной центральными тепловыми пунктами (ЦТП) предприятия от Брестской ТЭЦ и других теплоисточников. Общая протяженность обслуживаемых тепловых сетей – 324,48 км. Предприятие, оснащено энергоэффективным оборудованием с автоматизацией и диспетчеризацией основных производственных процессов, осуществляет теплоснабжение районов города Бреста.

За счет деятельности предприятия обогреваются 15 370 квартир (70% населения), задействованы 27 котельных (22% на местных видах топлива), 111 тепловых установок, проложено 322 км тепловых сетей.

Предприятие эксплуатирует котельные, центральные тепловые пункты и тепловые сети, а также выполняет полный цикл работ в области строительства систем теплоснабжения (от разработки проектно-сметной документации до строительно-монтажных и наладочных работ с вводом объектов в эксплуатацию).

В 2022 году предприятие отметило 55-летний юбилей.

**КУП «Парк культуры и отдыха».** Основной вид деятельности предприятия – оказание услуг населению города по организации отдыха и развлечений. Численность работающих – 83 человека (130 в сезон).

В настоящее время в ведении Брестского КУП «Парк культуры и отдыха» находится четыре парковые территории размером земельных участков около 78 га.

Предприятие оказывает услуги КУМПП «Брестское городское ЖКХ» по комплексному содержанию и текущему ремонту объектов внешнего благоустройства парков.

**КУП «Брестское спецпредприятие»** – специальное предприятие (численностью работающих около 110 человек), основной вид деятельности которого – ритуальное обслуживание населения; текущее содержание городских кладбищ.

На балансе предприятия числится 13 городских кладбищ общей площадью 91,6 га, из них 4 действующих. Имеется участок по содержанию и благоустройству территорий городских кладбищ, памятных мест и знаков, на обслуживании которого находится более 200 памятников и мемориальных знаков, 1 мемориальное кладбище.

На предприятии налажено производство малых архитектурных форм (парковые скамейки, урны, цветочницы). Предприятие занимается производством и ре-

ализацией ритуальной продукции, в том числе реализацией и установкой надмогильных сооружений; изготовлением мозаичных изделий по индивидуальным заказам юридических и физических лиц, в том числе малых архитектурных форм; текущим содержанием городских территорий кладбищ, памятников культуры, памятных мест и знаков.

**КПУП «Брестский мусороперерабатывающий завод»** – механико-биологическая установка по обработке 100 тыс. тонн в год твердых бытовых отходов и до 370 тыс. м<sup>3</sup> в год ила и осадков сточных вод в г. Бресте (численность работников 539 человек).

На завод возложены функции по сбору, вывозу, переработке и утилизации твердых бытовых отходов. Таким образом, на данный момент завод осуществляет следующие виды деятельности:

- обезвоживание сырого осадка и активного ила;
- реализация электрической и тепловой энергии;
- закупка, сбор и реализация вторичных материальных ресурсов;
- отлов и содержание безнадзорных животных.

Заводом обеспечивается переработка осадка сточных вод и ила с Брестских очистных сооружений. Результатом переработки данного вида сырья является выработка биогаза.



Рисунок 1 – Действующая структура КУМПП «Брестское городское ЖКХ» и подчиненных предприятий



**Заключение.** Жилищно-коммунальное хозяйство представляет собой важнейшую часть территориальной инфраструктуры, а его деятельность в значительной степени формирует соответствующее качество жизни населения, отражая степень цивилизованности общества, культуры его быта и образ жизни, и служит одной из важнейших предпосылок развития экономического потенциала территорий.

В Брестской области, как в Беларуси в целом, развитие ЖКХ направлено на обеспечение повышения комфортности проживания и безопасности граждан, экономической эффективности оказания населению жилищно-коммунальных услуг.

### **Список цитированных источников**

1. О Концепции совершенствования и развития жилищно-коммунального хозяйства до 2025 года – <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C21701037> – Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь, 06.01.2018, 5/44646.

2. Захарова, Е. В. Роль жилищно-коммунальных услуг в решении социальных проблем общества / Е. В. Захарова // Вестник ИРГТУ. – 2009. – №3 (39). – С.107-112.

3. Развитие и совершенствование системы жилищно-коммунального хозяйства в Брестской области – <https://www.baranovichigik.gov.by/uploads/files/EdinDay/2023/Oblastnaja-tema-1-2-3.pdf>.

УДК 332.8

## **ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА КАК МНОГООТРАСЛЕВОГО КОМПЛЕКСА**

*Коцуба А. А.<sup>1</sup>, Конон А. А.<sup>2</sup>, Андрюк С. В.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Студент факультета инженерных систем и экологии, БрГТУ, Брест, Беларусь, v0011313@g.bstu.by

<sup>2</sup> Студент факультета инженерных систем и экологии, БрГТУ, Брест, Беларусь, v0011210@g.bstu.by

<sup>3</sup> Заведующий кафедрой водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов, БрГТУ, Брест, Беларусь, svandreyuk@g.bstu.by

### **Аннотация**

Представлены основные направления развития и совершенствования системы жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь на современном этапе. Проанализированы основополагающие направления, включающие повышение качества предоставляемых услуг и улучшение работы с населением,

проведение справедливой тарифной политики, тепловую модернизацию жилищного фонда, улучшение качества питьевой воды, совершенствование обращения с твердыми коммунальными отходами.

**Ключевые слова:** жилищно-коммунальное хозяйство, жилищный фонд, водоснабжение, водоотведение, теплоснабжение, вторичные материальные ресурсы.

## MAIN DIRECTIONS OF DEVELOPMENT OF THE HOUSING AND COMMUNAL SERVICES SYSTEM AS A MULTI-INDUSTRY COMPLEX

*Kotsuba A. A.<sup>1</sup>, Konon A. A.<sup>2</sup>, Andreyuk S. V.<sup>3</sup>*

### **Abstract**

The main directions of development and improvement of the housing and communal services system of the Republic of Belarus at the present stage are presented. Fundamental areas have been analyzed, including improving the quality of services provided and improving work with the population, implementing a fair tariff policy, thermal modernization of the housing stock, improving the quality of drinking water, and improving the management of municipal solid waste.

**Keywords:** housing and communal services, housing stock, water supply, sanitation, heat supply, secondary material resources.

**Введение.** Жилищно-коммунальное хозяйство (далее – ЖКХ) – важнейшая многоотраслевая социально-экономическая сфера деятельности, целью которой является обеспечение комфортных условий для проживания граждан и создание благоприятной среды обитания. Ежедневно услугами ЖКХ пользуется все население республики. От качества работы жилищно-коммунальных служб зависит успешное развитие экономики, благосостояние людей, их здоровье, работоспособность и настроения в обществе.

В состав ЖКХ входят жилищное хозяйство, водоснабжение и водоотведение, коммунальная теплоэнергетика, благоустройство и санитарная очистка населенных пунктов, озеленение городов и др. (рисунок 1 [1]).

В настоящее время жилищно-коммунальное хозяйство Республики Беларусь динамично развивается. Знаковым событием, определившим стратегию и тактику совершенствования системы ЖКХ, стал республиканский семинар 2017 года с участием Главы государства.

Результаты семинара легли в основу утвержденной Правительством *Концепции совершенствования и развития жилищно-коммунального хозяйства до 2025 года* (постановление от 29 декабря 2017 г. № 1037) [2]. Дальнейшее развитие системы ЖКХ направлено на повышение качества и доступности всех видов жилищно-коммунальных услуг (далее – ЖКУ), снижение затрат и привлечение инвестиций, совершенствование системы социальной защиты населения

и тарифной политики в сфере оказания ЖКУ, улучшение благоустройства населенных пунктов, повышение эффективности управления, профессионального уровня кадрового состава и др.

Согласно Концепции совершенствования и развития жилищно-коммунального хозяйства Республики Беларусь до 2025 года внедрена система государственной поддержки населения для частичной оплаты жилищно-коммунальных услуг посредством предоставления безналичных жилищных субсидий. В рамках единого расчетного и информационного пространства создана и функционирует автоматизированная информационная система по учету, расчету и начислению платы за жилищно-коммунальные услуги [3].

Вместе с тем уровень организации работы с населением и качество отдельных жилищно-коммунальных услуг еще не в полной мере соответствуют современным требованиям, что вызывает обоснованные нарекания граждан.

Для придания нового качества экономической и производственной деятельности жилищно-коммунального хозяйства в ближайшей перспективе предстоит сосредоточить усилия на основополагающих направлениях, включающих:

- ✓ повышение качества предоставляемых услуг и улучшение работы с населением;
- ✓ проведение справедливой тарифной политики;
- ✓ тепловую модернизацию жилищного фонда;
- ✓ улучшение качества питьевой воды;
- ✓ совершенствование обращения с твердыми коммунальными отходами.

Наибольшую актуальность приобретают сбалансированное развитие и повышение эффективности деятельности организаций, осуществляющих эксплуатацию жилищного фонда и (или) предоставляющих жилищно-коммунальные услуги (далее – организации ЖКХ), реализация высокоэффективных инвестиционных проектов, своевременное и ритмичное финансирование жилищно-коммунальных услуг по установленным нормативам субсидирования [4].

**Жилищный фонд, его содержание и эксплуатация.** В республике Беларусь проводится единая политика в отношении эксплуатации жилищного фонда независимо от форм собственности организаций ЖКХ. Жилищный фонд страны насчитывает свыше 1,5 млн. жилых домов общей площадью около 256 млн. кв. м, в том числе около 170 млн. кв. м (65%) – в многоквартирных домах. В государственной собственности находится менее 6% жилой недвижимости, остальные 94% – частная собственность граждан и юридических лиц.

**Водоснабжение и водоотведение.** Ежедневно организациями водопроводно-канализационного хозяйства системы ЖКХ в квартиры и дома жителей республики подается около 1 млн. куб. м воды.

Доступ к *центральному водопроводу* имеет 98,4% городского населения и 73,2% – сельского, в том числе 85,9% жителей агрогородков.

Все регионы республики и большая часть города Минска обеспечиваются водоснабжением из подземных источников, что позволяет *получать качественную воду*. На сегодняшний день только 30% населения г. Минска обеспечивается водоснабжением из поверхностного источника.

Такие результаты обеспечены в том числе благодаря реализации *Государственной программы по водоснабжению и водоотведению «Чистая вода»*, которая стартовала в 2000 году. В 2023 году планировалось ввести в эксплуатацию около 150 станций обезжелезивания [5]. Свыше 15 лет в республике не регистрируются вспышки острых кишечных инфекций, связанных с питьевым водоснабжением населения.

Несмотря на значительный объем работ, проблема качества питьевой воды до конца не решена. Обеспечение потребителей до 2025 года качественной питьевой водой остается приоритетной задачей, поставленной главой государства и правительством перед организациями водопроводно-канализационного хозяйства.

**Теплоснабжение.** Тепло в наших домах – еще один важный аргумент стабильности работы организаций жилищно-коммунального хозяйства.

На современном этапе главная цель – *повышение эффективности* путем оптимизации схем теплоснабжения населенных пунктов, модернизации котельного оборудования, снижения потерь тепловой энергии.



Рисунок 1 – Структура жилищно-коммунального хозяйства

**Основные направления совершенствования** системы обращения с ТКО нашли отражение в *Национальной стратегии по обращению с ТКО и вторичными материальными ресурсами в Республике Беларусь на период до 2035 года* (утверждена постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 28 июля 2017 г. № 567). Данным документом предусматриваются мероприятия по минимизации вредного воздействия ТКО на здоровье человека, окружающую среду и рациональному использованию природных ресурсов путем максимально возможного извлечения компонентов, содержащихся в отходах (органика, металлолом, бумага и картон, стекло, полимеры, текстиль, изношенные шины и другое), вовлечения их в хозяйственный оборот и энергетическое применение в виде RDF-топлива.

**Поддержание и дальнейшее улучшение благоустройства населенных пунктов.** Приезжающие в нашу страну гости и туристы из других стран зачастую удивляются, насколько чисты и ухожены населенные пункты Беларуси: от небольших агрогородков, райцентров и до столицы. За всем этим – повседневный кропотливый труд работников жилищно-коммунальной отрасли.

**Заключение.** Благоустройство городов и сел – это дело не только работников жилищно-коммунального хозяйства, но и каждого белоруса – по месту жительства, работы, учебы. Одна из приоритетных задач в наведении порядка на земле – максимальное вовлечение населения и всех субъектов хозяйствования в проведение работ по благоустройству. Чувство собственника, хозяина на своей земле не рождается само по себе, оно воспитывается годами, в том числе бережным отношением к окружающей среде, равнодушием к состоянию своего дома, участием в работах по благоустройству малой родины.

Не случайно ЖКХ часто расшифровывается «Живи Как Хозяин». Жилищно-коммунальная служба – это та сфера, успешная деятельность которой зависит не только от профессионализма специалистов, но и от чувства ответственности всех граждан.

### **Список цитированных источников**

1. Иванов, А. Р. Жилищно-коммунальное хозяйство как многоотраслевой комплекс / А. Р. Иванов // Вестник ТГУ. – 2012. – № 3 (107). – С. 86-89.

2. Директива президента республики Беларусь от 4 марта 2019 г. № 7 «О совершенствовании и развитии жилищно-коммунального хозяйства страны» - <https://president.gov.by/ru/documents/direktiva-7-ot-4-marta-2019-g-20629>.

3. Статья – Основные направления развития и совершенствования системы жилищно-коммунального хозяйства – <https://scrb.by/informatsiya/informatsionnye-materialy/109-informatsionnye-materialy-2018-god/1212-osnovnye-napravleniya-razvitiya-i-sovershenstvovaniya-sistemy-zhilishchno-kommunalnogo-khozyajstva>.

4. О Концепции совершенствования и развития жилищно-коммунального хозяйства до 2025 года – <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C21701037> – Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь, 06.01.2018, 5/44646.

5. Статья - В Беларуси с начала года построили 111 станций обезжелезивания воды - <https://www.belta.by/society/view/v-belarusi-s-nachala-goda-postroili-111-stantsij-obezzhelezivaniya-vody-597362-2023>.

## **СЕКЦИЯ 5**

### **ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ И ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ОПЫТ ПРИ ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ДЛЯ ОТРАСЛЕЙ ЖКХ**

**АКТИВИЗАЦИЯ ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
НА ЛЕКЦИОННЫХ ЗАНЯТИЯХ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ  
«ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ»**

*Другомилова О. В.<sup>1</sup>, Другомилов Р. А.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Старший преподаватель, УО БГСХА, Горки, Беларусь, olya\_drug87@mail.ru

<sup>2</sup> Доцент, УО БГСХА, Горки, Беларусь, roman\_drug@mail.ru

**Аннотация**

В статье представлен практический опыт использования нетрадиционных видов лекций и приемов технологии развития критического мышления на занятиях по дисциплине «Техническая эксплуатация зданий и сооружений».

**Ключевые слова:** приемы технологии развития критического мышления, лекция, студенты, дисциплина, техническая эксплуатация зданий и сооружений.

**ACTIVATION OF THE COGNITIVE ACTIVITY AT LECTURES  
ON THE DISCIPLINE «TECHNICAL MAINTENANCE  
OF BUILDINGS AND STRUCTURES»**

*Drugomilova O. V.<sup>1</sup>, Drugomilov R. A.<sup>2</sup>*

**Abstract**

The article presents practical experience in using non-traditional types of lectures and techniques for the technology of the critical thinking development at lectures on the discipline «Technical maintenance of buildings and structures».

**Keywords:** techniques for the technology of the critical thinking development, lecture, students, discipline, technical maintenance of buildings and structures.

**Введение.** Грамотный инженерный подход в проектировании и выполнении строительно-монтажных работ не является гарантией обеспечения нормативного срока службы построенного объекта. Продолжительность безотказной работы элементов зданий и инженерных систем во многом зависит от качества их технической эксплуатации, что в свою очередь обеспечивается профессионально подготовленными специалистами. Указ № 375 Президента Республики Беларусь «Об объявлении 2024 года Годом качества» направлен на повышение качества в различных сферах жизни белорусского народа, в том числе и образовании [1]. Информационная революция последних лет привела не только к утверждению новых видов и средств передачи и потребления знаний, но и к существенному

изменению давно сложившихся способов, методов обучения и подходов к организации учебного процесса. Чтобы повысить эффективность лекционных и практических занятий, активизировать познавательную деятельность студентов, в учебный процесс в последние годы внедряются элементы диалога, дискуссии, проблемного изложения, широкого использования современных технических средств обучения и т.д.

**Основная часть.** В учреждении образования «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» учебная дисциплина «Техническая эксплуатация зданий и сооружений» преподается студентам 3 курса мелиоративно-строительного факультета и входит в цикл специальных дисциплин учебного плана по специальности «Сельское строительство и обустройство территорий». Лекционный курс по данной дисциплине строится с учетом максимального учета профессиональных знаний, умений и навыков, полученных на предыдущих курсах. Профессиональная направленность курса «Техническая эксплуатация зданий и сооружений» обеспечивается путем подбора учебного материала, ориентированного на профессиональные знания; составлением и решением задач прикладного характера; применением проблемно-поисковых и исследовательских заданий; использованием связи обучения с жизнью и будущей профессиональной деятельностью как стимул для самообразования.

Для активизации познавательной деятельности студентов на лекциях по учебной дисциплине «Техническая эксплуатация зданий и сооружений» используются следующие методы: проверка знаний студентов в конце прочтения лекции; вовлечение в диалог путем использования проблемных вопросов; использование нетрадиционных видов лекций; использование приемов технологии развития критического мышления.

Как правило, студенты на лекциях нацелены не столько на усвоение предлагаемого им материала, сколько на его дословное конспектирование, что существенно снижает обучающую функцию лекции. Проведение во время лекций экспресс-контроля усвоения излагаемого материала стимулирует активную его рефлексию. Задания на лекциях по предмету «Техническая эксплуатация зданий и сооружений» выдаются на листках индивидуально каждому студенту и не требуют для своего выполнения более 5 минут. Конечно, подготовка таких заданий к каждой лекции, а затем проверка сданных студентами работ требует значительной затраты времени. Но это окупается тем, что по качеству ответов студентов сразу удается судить о степени понимания ими рассматриваемого материала.

На лекционных занятиях по учебной дисциплине «Техническая эксплуатация зданий и сооружений» успешно используется такой нетрадиционный вид лекции как лекция-визуализация с использованием мультимедийного сопровождения. Использование анимационных технологий и видеофрагментов дает возможность в реальности представить будущим инженерам объекты профессиональной деятельности: здания, сооружения, варианты усиления конструкций, инженерные системы и др.

Для активизации познавательной деятельности студентов на лекциях по учебной дисциплине «Техническая эксплуатация зданий и сооружений» широко используются приемы технологии развития критического мышления.

Технология критического мышления была разработана в конце XX в. американскими педагогами Дж. Стилл, К. Мередитом и Ч. Темплом. Специфика данной технологии состоит в организации процесса обучения в трехфазной структуре: вызов, осмысление содержания, рефлексия [2]. Исследователями В.П. Зинченко, А.А. Тюковым, В.М. Розиным и др. обоснован факт, что студент может получить полноценное знание только при условии развития критического мышления. Поэтому в современном высшем образовании необходимо перенесение акцента с информационного обучения на смыслопоисковое [3].

Стадия вызова является неотъемлемой для проведения на каждом занятии, так как позволяет актуализировать и систематизировать уже имеющиеся у студентов знания по рассматриваемой теме либо проблеме, вызвать интерес к ее изучению, сформировать мотивацию к учебной деятельности и активной работе [3]. На стадии вызова используются следующие приемы: составление рассказа-предположения по ключевым словам, графическое обобщение имеющейся информации (составление кластеров, схем), прием «перепутанные логические цепочки», прием «верные – неверные утверждения», прием «корзина идей». На лекциях по учебной дисциплине «Техническая эксплуатация зданий и сооружений» большой объем материала выдается в виде таблиц и схем (например, классификация объектов недвижимости, структура качества среды обитания, состав и взаимосвязь элементов системы технической эксплуатации зданий и сооружений, структура управления ЖКХ и др.).

Следующей стадией является стадия осмысления информации, в ходе которой студенты получают объем новых сведений, целенаправленно и осмысленно работая с разнообразными источниками знаний (текстом, аудио- и видеоматериалами, речью преподавателя и т.д.), делая необходимые маркировки, зарисовки, «пометки». В ходе работы над новыми источниками знаний студенты сознательно соотносят новые сведения с уже имеющимися, осуществляют их критический анализ и синтез [3]. При организации работы с текстовыми источниками информации можно использовать прием «чтение с остановками». Данный прием способствует развитию у студентов умений анализировать текст, выделять в нем основные смысловые блоки, формулировать вопросы, отстаивать свою точку зрения, высказывать личное мнение [4]. Подобный прием используется на лекциях по учебной дисциплине «Техническая эксплуатация зданий и сооружений» при изучении основных нормативных документов по технической эксплуатации (например, СН 1.04.01-2020 «Техническое состояние зданий и сооружений», СП 1.04.01-2021 Ремонт и модернизация зданий и сооружений, ТКП 180-2009 Капитальный ремонт и модернизация жилищного фонда. Нормы продолжительности и др.).

Заключительной стадией технологии развития критического мышления является стадия рефлексии, в ходе которой студенты обмениваются мнениями, обобщают и систематизируют полученные сведения, формируют личностное отношение к изучаемому вопросу [3]. Приемы работы на стадии рефлексии также

многочисленны и различны. Например, одним из интересных является написание синквейна. Это прием, позволяющий в нескольких словах изложить учебный материал на определенную тему.

**Заключение.** Характер предоставляемой информации на лекционных занятиях, безусловно, необходимо менять. Обучение становится более эффективным при вовлечении студентов в активную деятельность, организуемую с использованием нетрадиционных видов лекций и внедрением приемов технологии развития критического мышления. Это подтверждается анализом результатов проведенных опросов студентов по итогам применения данных приемов на занятиях.

#### **Список цитированных источников**

1. Об объявлении 2024 года Годом качества [Электронный ресурс] : Указ Президента Респ. Беларусь, 27 нояб. 2023 г., № 375 // Официальный интернет-портал Президента Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://president.gov.by/bucket/assets/uploads/documents/2023/375uk.pdf>. – Дата доступа: 19.02.2024.

2. Грудзинская, Е. Ю. Активные методы обучения в высшей школе / Е. Ю. Грудзинская, В. В. Марико. – Нижний Новгород, 2007. – 182 с.

3. Загашев, И. О. Критическое мышление: технология развития / И. О. Загашев, С. И. Заир-Бек. – СПб.: Изд-во «Альянс «Дельта», 2003. – 284 с.

4. Муштавинская, И. В. Технология развития критического мышления на уроке и в системе подготовки учителя. – М.: Каро, 2009. – 144 с.

УДК 691.408

## **ЭКОЛОГИЗАЦИЯ СОЗНАНИЯ СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ**

*Протасевич А. А.*

Старший преподаватель, БрГТУ, Брест, Беларусь, vitanna22@list.ru

#### **Аннотация**

Активизация экологического мировоззрения у студентов технического университета способствует углубленному изучению дисциплин основного профиля, что позволит будущим молодым специалистам более основательно и грамотно принимать решения в их производственной деятельности, опираясь на разноплановый подход к профессиональным проблемам.

**Ключевые слова:** экологическая грамотность, энергосбережение, рациональное природопользование, минерально-сырьевые и энергетические ресурсы, антропогенное воздействие, технологический процесс, техносфера.

## ECOLOGIZATION OF THE STUDENT'S CONSCIOUSNESS IN THE TECHNICAL UNIVERSITY

*Protasevich A. A.*

### **Abstract**

Ecologization of the student's consciousness in the technical university helps them to deep study of fundamental disciplines, to solve problems and to make a decision competently in their future professional sphere.

**Keywords:** ecological literacy, energy saving, rational nature management, mineral and energy resources, man's impact, technological process, technosphere.

«Экология – наука будущего, и, возможно, само существование человека на нашей планете будет зависеть от её прогресса.»  
Ф.Дре

**Введение.** Сегодня перед мировым сообществом в целом и каждым государством в частности стоит задача не допустить экологической катастрофы и сохранить благоприятную обстановку для существования настоящего и будущих поколений. Важная роль в достижении поставленной цели принадлежит экологическому образованию и воспитанию молодёжи, особенно учащихся высших учебных заведений, кому становятся доступны методы управления как производством, так и состоянием природной среды.

На современном этапе развития науки, техники и технологии в связи с ростом объёмов производства и сопутствующим антропогенным воздействием на окружающую среду всё большее значение приобретает экологизация сознания студентов технических специальностей. Поэтому введение интегрированной дисциплины «Основы эколого-энергетической устойчивости производства» в учебные планы на строительном факультете (для профилизаций: «Промышленное и гражданское строительство», «Автомобильные дороги», «Производство строительных изделий и конструкций», др.) весьма актуально и своевременно, что способствует всестороннему развитию мышления будущих молодых специалистов.

Изучение данной дисциплины является одним из условий фундаментальной подготовки специалистов широкого профиля, которое отвечает требованиям экологизации высшего образования и государственной политике ресурсо- и энергосбережения. Цель курса заключается в формировании у студентов системы знаний, необходимых в их будущей деятельности для обеспечения экологической

и энергетической безопасности, решения проблем эффективного использования топливно-энергетических и сырьевых ресурсов.

Дисциплина охватывает широкий круг вопросов, нацеленных на изучение теоретических основ общей экологии и энергосбережения, охраны окружающей среды и рационального природопользования. Значительное внимание уделяется исследованию экологических факторов, классификации сырьевых ресурсов, законов экологии, принципов природопользования, способов экологизации производства, видов антропогенного воздействия на экологические системы и его последствий, методов очистки сточных вод и промышленных выбросов в атмосферу от загрязняющих веществ. Кроме того, в рамках курса рассматриваются основные понятия энергетики, виды энергетических ресурсов, механизмы практической реализации энергосбережения, пути достижения энергоэффективности, а также состояние топливно-энергетического комплекса Республики Беларусь.

Предмет включает в себя как лекционные занятия, так и практические, где учащиеся приобретают знания и навыки, которые будут способствовать их научной и практической деятельности в области решения задач экологизации производства. Необходимость введения такой дисциплины очевидна, так как именно в сфере материального производства происходят значительные изменения в окружающей среде и наиболее остро стоят вопросы охраны природы на промышленных предприятиях, в том числе стройиндустрии. Данный предмет синтезирует экологические, географические, геологические, энергетические, технологические, социальные, экономические, юридические и другие аспекты, т. е. является интегральной наукой о гармоничном взаимодействии общества и природы.

В процессе освоения курса удаётся акцентировать внимание на существующих экологических проблемах: как мировых, так и региональных, а также путях их преодоления, что способствует формированию экологической грамотности. Глобальные проблемы современности включают в себя следующие: изменение климата планеты, парниковый эффект, разрушение озонового слоя, выпадение кислотных осадков, образование фотохимического смога, истощение запасов невозобновляемых ресурсов, опустынивание, деградация почв, снижение площади тропических лесов, накопление поллютантов, захоронение ядерных и радиоактивных отходов, распространение заболеваний, употребление трансгенных продуктов, сокращение биоразнообразия живых организмов, чрезвычайные ситуации техногенного и природного характера. К региональным экологическим проблемам РБ относятся загрязнение атмосферы, гидросферы и литосферы выбросами промышленных предприятий и автотранспорта, скопление производственных и бытовых отходов, радиоактивное загрязнение территории в результате аварии на ЧАЭС, химизация сельского хозяйства, мелиорация, дегумификация и эрозия почв, техногенная деградация ландшафтов, урбанизация, демографическая дестабилизация, ухудшение состояния здоровья населения, нарастание общей психологической усталости. При этом необходимо отметить, что опираясь на знание механизма функционирования биосферы, используя достижения технического прогресса, смягчение экологических проблем и оздоровление окружающей среды вполне достижимы.

Отличительной особенностью промышленного производства является специфика его технологических процессов. От их качественных и количественных параметров зависит характер взаимодействия производства с природной средой. С учетом многообразия параметров технологических процессов и практически неповторимых экологических условий изучение этого взаимодействия требует разработки особого научно-методологического подхода. Производство строительных изделий и конструкций включает в себя различные технологические операции и процессы, которые оказывают воздействие на окружающую среду:

1. добыча минерального сырья (гипс, ангидрит, гранит, кварцевый песок, известняк, доломит, мел, глина, песчано-гравийная смесь, др.), что связано непосредственно с истощением невозполнимых природных ресурсов; уничтожением плодородного почвенно-растительного слоя; гибелью естественных сообществ и экосистем; деградацией среды в связи с шумом и сотрясением от взрывных работ; трансформацией ландшафтов; размещением отвалов пустой породы на значительных площадях; изменением микроклимата в зоне интенсивных разработок полезных ископаемых;

2. механическое измельчение (дробление, помол), транспортировка и разгрузка сыпучих материалов, просеивание заполнителей, перемешивание исходных компонентов, сопровождаемые образованием пыли, которая представляет собой опасную гигиеническую вредность и оказывает раздражающее, токсическое, фиброгенное, канцерогенное воздействие на организм человека;

3. сварочные работы при изготовлении арматурных сеток, каркасов, закладных деталей для ЖБК, при которых интенсивно выделяется сварочный аэрозоль, состоящий из оксидов железа, марганца, хромового ангидрита, оксида углерода, окислов азота и фтористых соединений;

4. термическая обработка сырьевых материалов и полуфабрикатов из них (варка гипсового камня, сушка и обжиг кирпича керамического и цементного клинкера, тепло-влажностная обработка железобетонных изделий, автоклавирование силикатных изделий), в результате чего в атмосферу выбрасывается углекислый газ при сгорании топлива и выделяется значительное количество теплоты;

5. химическое загрязнение атмосферы выбросами вредных веществ: сернистого ангидрита, углеводорода, диоксида серы, диоксида азота, фенола, пентана, пыли органической и неорганической, формальдегида, аммиака и проч.);

6. шумовое и вибрационное загрязнение, связанное с работой на строительных площадках и в цехах специальной техники и производственного оборудования (электродвигателей, бетоносмесителей, дозаторных установок, бетоноукладчиков, виброплощадок, кассетных установок с навесными вибраторами, ручного механизированного инструмента с электро- и пневмоприводом и т.д.)

7. образование отходов производства, в том числе некондиции, обрезков, а также образцов материалов после проведения разрушающих методов испытаний.

Рациональное использование сырьевых и энергетических ресурсов является важной производственной задачей. Поэтому инженер-строитель-технологу следует знать и применять методы максимальной экономии природного сырья,

топлива, тепловой и электрической энергии. Такой специалист должен предупреждать произвольные потери энергии, способствовать разработке энергосберегающих технологий, обоснованно требовать соблюдения технологической дисциплины при том, что РБ может обеспечить не более 10% своих потребностей в энергии собственными источниками.

Следует отметить, что преобразованная технической деятельностью часть биосферы носит название техносферы. Антропогенные воздействия, принявшие глобальный характер, интенсифицируют круговорот веществ, изменяют состав и структуру его компонентов [1]. Особенно жёсткому воздействию со стороны хозяйственной деятельности природные комплексы стали подвергаться последние двести лет. В результате биосфера изменила свою пространственно-временную структуру и энергетическую сущность. Кроме того, в техносфере появился новый, не свойственный биосфере элемент – техновещество, которое обладает огромной геологической силой. Только осознанный переход техносферы в сферу управляемой человеком биосферы может обеспечить выживание вида. Концепция управляемого развития предполагает формирование новой нравственности, ведущей к росту качества сознания человека. Разумное ограничение своих материальных потребностей в интересах потомков наряду с превалированием духовных ценностей является неизбежным этапом человеческого поведения в эпоху интенсивного развития. В настоящее время в РБ разработаны национальные стратегии устойчивого развития, которые определяют тактические программы бесконфликтного взаимодействия общества с окружающей средой (НСУР-2030) [2].

**Заключение.** Формирование экологического мировоззрения будущих специалистов технических специальностей на основе изучения интегративной дисциплины позволит им бережно относиться к природе, экономно использовать природные и энергетические ресурсы, здраво оценивать состояние окружающей среды, анализировать возможные последствия воздействия производственной деятельности на неё, принимать экологически обоснованные решения в рамках действующих законодательных и нормативно-правовых актов.

### **Список цитированных источников**

1. Колесников С.И. Основы экологии для инженеров. Ростов н/Д: «Феникс», 2003. – 352с.
2. Челноков А.А. Основы промышленной экологии: Учеб. пособие/А.А.Челноков, Л.Ф.Ющенко.– Мн.: Выш. шк., 2001. – 343с.

## ИНТЕРАКТИВНАЯ КАРТА ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ БЕЛАРУСИ НА БАЗЕ ОБЛАЧНОЙ ГИС: ARCGIS ONLINE

*Усс Н. В.<sup>1</sup>*

*Научный руководитель: Волчек А. А.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Магистрант кафедры природообустройства, БрГТУ, Брест, Беларусь, natallyanovosad@mail.ru

<sup>2</sup> Профессор кафедры природообустройства, БрГТУ, Брест, Беларусь, volchak@tut.by

### **Аннотация**

Благодаря своей простоте использования, интерактивные карты получили широкое распространение по всему миру. Карта является важным инструментом для визуализации, анализа и исследования географических объектов, а также для обмена географическими знаниями с другими пользователями. В данной статье описаны функциональные возможности облачной геоинформационной системы ArcGIS Online, которые применяются при создании интерактивной карты рек и водоемов Беларуси. Данная карта включает в себя информацию о различных водных объектах, с возможностью просмотра основных характеристик и их описания.

**Ключевые слова:** геоинформационные системы, облачная платформа ArcGIS Online, информационное окно, водные объекты Беларуси, визуализация.

## INTERACTIVE MAP OF WATER BODIES OF BELARUS BASED ON CLOUD GIS: ARCGIS ONLINE

*Us N. V.*

### **Abstract**

Due to its ease of use, interactive maps have become widely used around the world. The map is an important tool for visualization, analysis and research of geographical objects, as well as for sharing geographical knowledge with other users. This article describes the functionality of the cloud geoinformation system ArcGIS Online, which are used to create an interactive map of rivers and reservoirs in Belarus. The interactive map includes information about various water bodies, with the ability to view the main characteristics and their descriptions.

**Keywords:** geoinformation systems, the cloud platform ArcGIS Online, information window, water bodies of Belarus, visualization.

**Введение.** В современном мире геоинформационные системы играют важную роль в жизни общества. Они помогают понять и оценить пространственные взаимосвязи между различными объектами и явлениями, а также предоставляют инструменты для принятия решений, связанных с окружающей средой, экономикой, социальной сферой и многим другим. Интерактивная карта, созданная на базе облачной ГИС ArcGIS Online, позволяет наглядно визуализировать пространственные данные и делать их доступными для широкого круга пользователей, необходимым только доступ в интернет. В частности, интерактивные карты водных объектов представляют большой интерес для различных отраслей, включая экологию, гидрологию, строительство, транспорт, туризм и др. Данная карта разрабатывается с целью предоставления актуальной и точной информации о различных водных объектах Беларуси, таких как реки, озера, водохранилища и др.

**Материалы и методы.** При разработке интерактивной карты водных объектов Беларуси применялся картографический метод исследования, включающий использование картографических инструментов для изучения конкретного объекта исследования, от сбора информации для создания карты до практических результатов, полученных с ее помощью [1], а также методы анализа, синтеза и моделирования.

**Результаты и обсуждения.** ArcGIS Online является одним из самых популярных и мощных инструментов для создания интерактивных карт, благодаря своим широким возможностям и удобному интерфейсу.

Этот онлайн-сервис является полноценной облачной геоинформационной системой, в которой можно хранить и публиковать свои пространственные данные, карты, приложения и сервисы, а также обмениваться и управлять ими. Более того, ArcGIS Online уже содержит готовые базовые карты, данные и пакеты сервисов, а также полезные инструменты, которые могут сразу использоваться в работе.

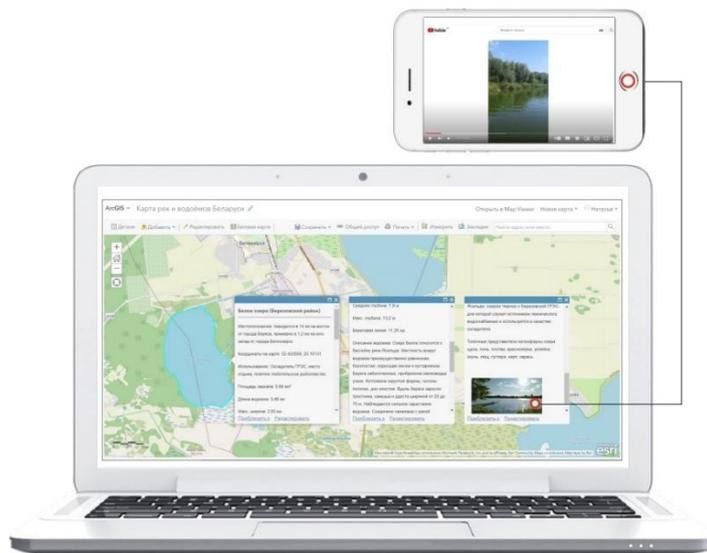
Таким образом, можно загружать в «облако» свои данные (шейп-файлы, табличные базы данных, пакеты карт и слоев, веб-карты), а также давать ссылки на готовые веб-карты, сервисы, приложения. Доступ к данным, хранящимся на ArcGIS Online, осуществляется через Интернет из любого продукта ArcGIS или с помощью веб-браузера, что позволяет пользователям работать с географической информацией в режиме реального времени, независимо от их местоположения. Даже работая в обычном веб-браузере, с помощью простых операций можно быстро создавать веб-карты и приложения без установки на компьютер специализированного программного обеспечения. ArcGIS Online позволяет настраивать права доступа для различных групп пользователей.

Портал дает широкие возможности по использованию опубликованного контента: его можно загружать для дальнейшей обработки специализированным программным обеспечением, можно создавать презентации, интегрировать контент в личный блог, веб-сайт или социальные сети, разрабатывать веб-приложения.

ArcGIS Online является открытой платформой, полностью построенной на мировых отраслевых стандартах и поддерживающей различные типы данных и сервисов: WMS, KML, GPX, CSV, SHP и др. [2]. ArcGIS Online интегрируется с другими продуктами и сервисами Esri, такими как ArcGIS Pro и ArcGIS Enterprise, что позволяет пользователям создавать комплексные решения

с использованием различных инструментов. Функциональность взаимодействия с ArcGIS Online встроена во все продукты линейки ArcGIS 10.1. и выше.

Используя возможности этой платформы, создана интерактивная карта рек и водоемов Беларуси на собственной базе данных, которая отражает географическое расположение водных объектов, их основные характеристики и описание. (Рис.1) Описание может включать фотографию, интерактивную 3D-панораму или полезные ссылки на интернет-ресурсы, связанные с изучаемым водным объектом. Данные ресурсы доступны при нажатии на фотографию объекта.



*Рисунок 1 – Всплывающее информационное окно интерактивной карты рек и водоемов Беларуси в ArcGIS Online*

**Заключение.** Разработанная интерактивная карта на базе облачной платформы ArcGIS Online может служить основой для создания веб-приложения «Водные объекты Беларуси». Данная карта будет полезна широкому кругу пользователей, включая ученых, студентов, специалистов в области гидрологии, экологии и природопользования, а также всем, кто интересуется географией и водными ресурсами Беларуси. Рассматриваются возможности дальнейшего развития и улучшения карты для более детального изучения водных объектов и их взаимодействия с окружающей средой.

### **Список цитированных источников**

1. Екеева, Э. В. Методы географических исследований: учебное пособие. – Горно-Алтайск: РИО ГАГУ, 2010.- С. 48.

2. ArcGIS Online для организаций — ArcReview [Электронный ресурс] – Режим доступа <https://arcreview.esri-cis.ru/2012/10/03/arcgis-online-for-organizations/> – Дата доступа: 25.02.2024.

3. Акулова, О. А. Интерактивная карта рек и озер Республики Беларусь / О. А. Акулова, . Н. Розумец, А. А. Лисицкая, Е. В. Горбачук // Актуальные научно-технические и экологические проблемы сохранения среды обитания : сб. трудов V Междунар. науч.-практ. конф, Брест, 26–28 октября 2022 г. : в 2 ч. / Брест. гос. техн. ун-т ; редкол.: А. А. Волчек [и др.] ; науч. ред. А. А. Волчек, О. П. Мешик. – Брест: БрГТУ, 2022. – Ч. 2. – С. 245–252.

# СОДЕРЖАНИЕ

## СЕКЦИЯ 1

<b>ВОДОСНАБЖЕНИЕ, ВОДООТВЕДЕНИЕ, ОЧИСТКА ПРИРОДНЫХ И СТОЧНЫХ ВОД.....</b>	<b>3</b>
<b>ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД.....</b>	<b>4</b>
Абуова Г. Б., Харламова А. Э., Кузнецова А. С.	
<b>РАСЧЕТ ОПТИМАЛЬНЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЛОТКОВЫХ КАНАЛОВ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ.....</b>	<b>7</b>
Алимбаев Е., Зулпибекова С., Калыбекова Е. М.	
<b>ЗАДАЧИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРИ ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ.....</b>	<b>11</b>
Алферчик В. В., Семикашева Э. Э., Ануфриев В. Н., Волкова Г. А.	
<b>МОДЕЛИРОВАНИЕ ОРОСИТЕЛЬНЫХ НОРМ НА ПРИМЕРЕ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР .....</b>	<b>14</b>
Асаулов Р. В., 14 Научный руководитель: Мешик О. П.	
<b>ВЛИЯНИЕ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ СРЕДНЕГО ГОРОДА НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД СОЕДИНЕНИЯМИ АЗОТА.....</b>	<b>18</b>
Басалай Е. Н., Засимович Т. С.	
<b>ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ БРЕСТА В РЕТРОСПЕКТИВЕ .....</b>	<b>22</b>
Воробей И. А., Акулич Т. И.	
<b>ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ВОДООБЕСПЕЧЕННОСТИ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ ЮГА КАЗАХСТАНА.....</b>	<b>26</b>
Дюйсенхан А. А., Мирдадаев М. С., Научный руководитель: Алдиярова А. Е.	
<b>УПРАВЛЕНИЕ ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЕМ НА ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИДРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ .....</b>	<b>29</b>
Жандияр Е. Г., Калыбекова Е. М.	
<b>ПОДГОТОВКА БУТИЛИРОВАННОЙ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ МЕТОДОМ ОЗОНИРОВАНИЯ.....</b>	<b>32</b>
Заяц Е. Д., Шляжко О. В., Белов С. Г., Наумчик Г. О.	
<b>AFGHANISTAN’S SHARE FROM AMU DARYA RIVER WATER ALLOCATION AGREEMENTS OVER THE YEARS .....</b>	<b>38</b>
Zhaparkulova E. D., Mohseni Z., Esabekova A.	
<b>ВЫБОР ГИБРИДНЫХ ВИДОВ ТОПОЛЕЙ ДЛЯ ПОЛИВА СТОЧНОЙ ВОДОЙ В АЛМАТИНСКОМ РЕГИОНЕ .....</b>	<b>43</b>
Женис М., Набиоллина М.С., Вагапова А.Р. <sup>3</sup>	
<b>ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДИЧЕСКИХ ОСНОВ И РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЕТА НЕОБХОДИМЫХ ТИПОРАЗМЕРОВ ПАКЕРНЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ С ЭЖЕКТОРОМ К ПОГРУЖНЫМ ЭЛЕКТРОНАСОСАМ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИИ БЕСТРУБНОГО ВОДОПОДЪЕМА ИЗ СКВАЖИН .....</b>	<b>47</b>
Ильясова Н. Х., Жакупова Ж. З., Саркынов Е. С. , Мешик О. П	

<b>ЦИФРОВИЗАЦИЯ УЧЕТА ВОДЫ НА ОРОСИТЕЛЬНЫХ КАНАЛАХ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ .....</b>	<b>54</b>
Калыгулов А., Жандияр Е., Научный руководитель: Калыбекова Е. М.	
<b>О ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯХ ЧАСТОТЫ ДЛЯ ПОГРУЖНЫХ НАСОСОВ СКВАЖИННЫХ ВОДОЗАБОРОВ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ .....</b>	<b>57</b>
Коваленко В. Н., Житенёв Б. Н.	
<b>ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ АЭРАТОРОВ .....</b>	<b>61</b>
Кузьмич Д. А., Ильеня Е. С. Научный руководитель: Акулич Т. И.	
<b>СТЕПЕНЬ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД РАЗЛИЧНЫМИ СЛОЯМИ СЕРОЗЕМНЫХ ПОЧВ .....</b>	<b>65</b>
Мусахан А., Набиоллина М. С., Вагапова А. Р.	
<b>ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОДОНАПОРНЫХ БАШЕН .....</b>	<b>68</b>
Назарян Е. М., Акулич Т. И.	
<b>МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД С УЧЕТОМ ВЕРОЯТНОСТИ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ .....</b>	<b>73</b>
Никулин О. Н., Шиккульская О. М.	
<b>ПРИМЕНЕНИЕ ИЗМЕЛЬЧЕННОГО БРИКЕТИРОВАННОГО ТОРФА ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ИОНОВ КАДМИЯ .....</b>	<b>78</b>
Сенчук Д. Д., Житенёв Б. Н.	
<b>ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ КОАГУЛЯЦИИ С ЦЕЛЬЮ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ВОДОПОДГОТОВКИ ПРИРОДНЫХ ВОД .....</b>	<b>81</b>
Сергиевич А. С., Мацкович О. А., Научные руководители: Андреюк С. В., Волкова Г. А.	
<b>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА РЕАГЕНТНОГО УДАЛЕНИЯ ФОСФОРА В ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД .....</b>	<b>85</b>
Слинка Е. А., Каперейко Д. В., Научные руководители: Акулич Т. И., Андреюк С. В.	
<b>СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД. МЕТОД МЕМБРАННОЙ ОЧИСТКИ .....</b>	<b>91</b>
Шпигун А. В., Антонюк Е. К.	

## СЕКЦИЯ 2

<b>ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ИНЖЕНЕРНЫЕ АСПЕКТЫ ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ .....</b>	<b>95</b>
---	-----------

<b>АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ РЕЧНОГО СТОКА И ОСОБЕННОСТЕЙ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА РЕК БАССЕЙНА Р. СЫРДАРΙΑ .....</b>	<b>96</b>
Ахметова М., Жакупова Ж. З., Саркынов Е. С., Мешик О. П.	
<b>ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ЗИМНЕГО ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ .....</b>	<b>112</b>
Городнюк Ю. П. Научный руководитель Волчек А. А.	
<b>РОЛЬ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ АМФІВІА И РЕРТИЛІА В ТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЯХ ГОРОДА БРЕСТА .....</b>	<b>116</b>
Демянчик В. Т., Демянчик В. В., Кунаховец Д. А.	

<b>РЕДКИЙ ОРНИТОКОМПЛЕКС ВОДОВЫПУСКА КАНАЛИЗАЦИОННОГО КОЛЛЕКТОРА ГОРОДА БРЕСТА.....</b>	120
Демянчик В. Т., Рабчук В. П., Демянчик В. В., Кунаховец Д. А.	
<b>АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ПРОБЛЕМАМ ОХРАНЫ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОД ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ БЕЛАРУСИ.....</b>	128
Зань М. В., Крук А. С., Научный руководитель: Андреюк С. В. ....	
<b>ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МЕЛИОРАТИВНЫХ И ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ И РОЛЬ БОБРА РЕЧНОГО (<i>CASTOR FIBER L, 1758</i>) В ИХ ФУНКЦИОНИРОВАНИИ.....</b>	139
Лях Ю. Г., Ахатова А. М.	
<b>ОЦЕНКА АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ.....</b>	143
Мамырбекова Г. К., Калыбекова Е. М.	
<b>ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОДИФИЦИРОВАННЫХ КРЕМНЕЗЕМОВ В КАЧЕСТВЕ СОРБЕНТОВ НЕФТЯНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ.....</b>	146
Писарев В. Ю., Злотников И. И.	
<b>МЕТОД УСКОРЕННОГО ПОВЫШЕНИЯ ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ ДЕГРАДИРОВАННЫХ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ.....</b>	150
Тангирбергенова А. С., Жолдас Ж. Научный руководитель: Мадибеков А. С.	
<b>ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБЛАСТИ ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.....</b>	153
Хвещук М. Я., Антонюк Е. К.	

### СЕКЦИЯ 3

<b>ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОЕКТИРОВАНИИ, ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОМ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ...156</b>	
<b>ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ.....</b>	157
Гатило В. А., Ласкович М. В., Адамов И. А. Научный руководитель: Андреюк С. В.	
<b>РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО РАЗРАБОТКЕ СТРУЙНОГО ТЕПЛООВОГО МОДУЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА И ТЕПЛООБРАЗУЮЩИХ УСТРОЙСТВ.....</b>	162
Жакупова Ж. З., Саркынов Е. С., Абсамат Д.	
<b>ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВЕ.....</b>	170
Усс Н. В., Кулаков Н. И., Лисовец А. Ю., Акулова О. А.	
<b>ОЦЕНКА ПРИМЕНИМОСТИ МЕЖДУНАРОДНЫХ СТАНДАРТОВ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ВОДООТВЕДЕНИЯ.....</b>	174
Шикунец А. Б., Штепа В. Н., Смелов В. В., Карпович Д. С. ....	

## СЕКЦИЯ 4

**ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ В СИСТЕМЕ  
ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА: ЭКСПЛУАТАЦИЯ И  
ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ.....178**

**РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННЫХ МОДЕЛЕЙ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ В  
ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ ZULUGIS ..... 179**

Белицкий О. Ю., Научный руководитель: Коваленко В. Н.

**СТРУКТУРА БРЕСТСКОГО ГОРОДСКОГО ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО  
ХОЗЯЙСТВА В КОНЦЕПЦИИ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ЖКХ  
БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ ..... 182**

Коцуба А. А. Научные руководители: Андреюк С.В., Волкова Г. А.

**ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ЖИЛИЩНО-  
КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА КАК МНОГООТРАСЛЕВОГО КОМПЛЕКСА. 192**

Коцуба А. А., Конон А. А., Андреюк С. В.

## СЕКЦИЯ 5

**ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ И ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ОПЫТ ПРИ  
ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ДЛЯ ОТРАСЛЕЙ ЖКХ .....198**

**АКТИВИЗАЦИЯ ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ЛЕКЦИОННЫХ  
ЗАНЯТИЯХ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ «ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ  
ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ» ..... 199**

Другомилова О. В., Другомилов Р. А.

**ЭКОЛОГИЗАЦИЯ СОЗНАНИЯ СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКИХ  
СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ.....202**

Протасевич А. А.

**ИНТЕРАКТИВНАЯ КАРТА ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ БЕЛАРУСИ НА БАЗЕ  
ОБЛАЧНОЙ ГИС: ARCGIS ONLINE.....207**

Усс Н. В. Научный руководитель: Волчек А. А.

Научное издание

# **ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ**

**Сборник научных статей  
Международной научно-практической конференции молодых  
учёных, приуроченной ко Всемирному дню Водных ресурсов  
28 марта 2024 г.**

*Текст печатается в авторской редакции,  
орфографии и пунктуации*

Ответственный за выпуск: Андреюк С. В.  
Редактор: Винник Н. С.  
Компьютерная верстка: Горбач А. А.

---

Издательство БрГТУ

Подписано в печать 27.02.2023 г. Формат 60x84 1/16.

Бумага «Performer». Гарнитура «Times New Roman».

Усл. печ. л. 12,43. Усл. изд. л. 13,38. Заказ № 362.

Тираж 30 экз. Отпечатано на ризографе учреждения  
образования «Брестский государственный технический  
университет». 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Свидетельство о государственной регистрации издателя,  
изготовителя, распространителя печатных изданий  
№1/25 от 24.03.2014 г.

ISBN 978-985-493-624-6

