

обезвреженных отходов, что составляет 92,29 тыс. тонн. Этот метод был в основном применен для обезвреживания отходов химических производств и производств, связанных с ними (87,66 тыс. тонн или 82,93 % от общего объема отходов, обезвреживаемых термическим методом), а также небольшого количества медицинских отходов (2,03 %).

Другими методами в 2023 году было обезврежено следующее количество отходов: 2,76 тыс. тонн (2,61% от общего объема обезвреживаемых в стране отходов) – химическим способом; физико-химическим – 3,04 тыс. тонн (или 2,87 %); и остальными методами – 2,23 %. [2]

#### **Литература:**

1. Официальный сайт Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://minpriroda.gov.by> – Дата доступа: 07.04.2025

2. Аналитическая записка. Ведение государственного кадастра отходов (заключительная). – г. Минск, 2024. – 701 с.

УДК 621.311.22

### **АНАЛИЗ НАИЛУЧШИХ ДОСТУПНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ВОДОПОДГОТОВКИ НА ТЕПЛОЭЛЕКТРОЦЕНТРАЛЯХ**

**Пискурович Е.В., Азерская П.А., учащиеся УО «Национальный детский технопарк»**

***Научные руководители – Зеленухо Е.В., Скуратович И.В.***

***Белорусский национальный технический университет, Беларусь***

*В работе рассмотрены технологии водоподготовки на теплоэлектроцентралях, рекомендуемые в качестве наилучших доступных технических методов.*

*Ключевые слова: теплоэнергетика, теплоэлектроцентраль, водоподготовка, наилучшие доступные технические методы.*

К объектам энергетики Республики Беларусь относятся теплоэлектроцентрали (ТЭЦ). Это разновидность тепловых электростанций, которая не только производит электрическую энергию, но также является источником тепловой энергии в централизованных системах теплоснабжения жилых и промышленных объектов. На территории Беларуси расположено 38 крупных ТЭЦ.

ТЭЦ использует большие количества воды. Потребляемая вода расходуется для: пароводяного цикла (25-35%), подпитки теплосети (20-30%), добавки в систему охлаждения (35-55%). Потребление воды зависит от сезонности. В летний период в связи с отключением отопления жилых, общественных и производственных помещений расход воды на теплосеть снижается, а на цели охлаждения увеличивается.

Удельные расходы воды на ТЭЦ составляют  $14 \text{ м}^3/(\text{кВт}\cdot\text{ч})$ , из них  $0,06 \text{ м}^3/(\text{кВт}\cdot\text{ч})$  свежей воды и  $0,08 \text{ м}^3/(\text{кВт}\cdot\text{ч})$  оборотной и повторно используемой.

К обязательным элементам функционирования ТЭЦ относится водоподготовка. Она является важным этапом, обеспечивающим необходимые условия для оборудования, находящегося в контакте с водой. Как правило, для крупных объектов теплоэнергетики Республики Беларусь основным источником воды для производственных нужд являются поверхностные водные объекты. Вода из данных источников имеет различные примеси. При нагревании теплоносителя на теплоэлектроцентралях эти примеси способствуют появлению твердого осадка (накипи). Оседая на внутренних стенках труб, накипь уменьшает диаметр магистрали, что приводит к снижению производительности ТЭЦ, а также возникновению риска повреждения оборудования.

В зависимости от источника водоснабжения и качества исходной воды выделяют следующие основные этапы водоподготовки на теплоэлектроцентралях (рис. 1).

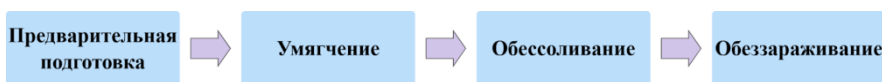


Рисунок 1 – Основные этапы водоподготовки

В работе проведен анализ наилучших доступных технических методов (НДТМ) водоподготовки на теплоэлектроцентралях. Характеристика технологий водоподготовки, рекомендуемых в качестве НДТМ, приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Технологии водоподготовки на теплоэлектроцентралях рекомендуемые в качестве НДТМ

Наименование технологии	Принцип метода
<b>Предварительная водоподготовка</b>	
Грубая фильтрация	Удаление взвешенных частиц с использованием фильтрующих материалов
Предварительная биологическая очистка	Использование микроорганизмов для разложения органических загрязнителей
Флотация	Отделение частиц из жидкости путем прикрепления их к пузырькам воздуха, которые поднимаются на поверхность
Отстаивание	Гравитационное отделение взвешенных частиц из воды путем их оседания на дно резервуара

Наименование технологии	Принцип метода
Фильтрация	Пропускание воды через пористые материалы или фильтры, которые удерживают взвешенные частицы и примеси
Мембранное отделение	Мембрана выступает как полупроницаемый барьер, который отделяет и пропускает вещества через себя избирательно
Умягчение воды	
Ионный обмен	Замена ионов кальция и магния на натрий или водород с использованием ионообменных смол для умягчения воды
Нанофильтрация	Использование нанофильтрационных мембран, удаляющих соли жесткости и крупные молекулы, оставляя мелкие ионы
Электрохимическое умягчение	Удаление солей жесткости с помощью электрического тока, преобразующего ионы кальция и магния в осадок
Обессоливание	
Ионный обмен	Ионообменные смолы или мембраны обменивают ионы из растворов на свои собственные, эффективно удаляя или заменяя нежелательные ионы
Электродиализ	Использование электрического поля для переноса ионов через полупроницаемые мембраны, разделяя раствор на очищенную воду и концентрированный раствор солей
Электродеионизация	Комбинированное использование ионного обмена и электродиализа для удаления ионов из воды, при этом электрическое поле способствует непрерывной регенерации ионообменных смол
Обратный осмос	Вода под давлением проходит через полупроницаемую мембрану, которая задерживает соли и другие примеси
Обеззараживание	
УФ облучение	Обеззараживание воды с помощью ультрафиолетового излучения, уничтожающего микроорганизмы путем разрушения их ДНК
Обработка паром	Использование насыщенного пара для теплового воздействия с целью стерилизации, удаления

Наименование технологии	Принцип метода
	примесей или улучшения ее физико-химических свойств

В результате водоподготовки на ТЭЦ образуется осадок, который является отходом 3 класса опасности и подлежит захоронению. Однако в составе осадка присутствуют ценные компоненты, применение которых возможно в различных отраслях народного хозяйства. Такой подход будет способствовать уменьшению площадей шламохранилищ и снизит нагрузку на компоненты окружающей среды.

### **Литература:**

1. ТКП 17.02-17-2019 (33140) Охрана окружающей среды и природопользование. Наилучшие доступные технические методы для топливосжигающих установок теплоэнергетики. – 84 с.

2. Карелин В.А. Водоподготовка. Физико-химические основы процессов обработки воды: учебное пособие / В.А. Карелин; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 97 с.

УДК 004.89:623.746.3:614.841.43(476)

## **ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ МОНИТОРИНГА, ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ТУШЕНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ**

**Пичковский Н.И., Кригер Н.А., студенты**

***Научный руководитель Кляусова Ю.А.***

***Белорусский национальный технический университет, Беларусь***

*В статье рассматриваются современные технологии мониторинга, прогнозирования и тушения лесных пожаров с использованием искусственного интеллекта (ИИ) и беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Особое внимание уделено опыту внедрения этих технологий в Республике Беларусь. Показаны преимущества БПЛА в оперативном обнаружении очагов возгорания, а также роль ИИ в анализе данных и прогнозировании развития пожаров. Рассмотрены перспективы дальнейшего развития технологий для повышения эффективности борьбы с лесными пожарами.*

*Ключевые слова: искусственный интеллект, беспилотные летательные аппараты, лесные пожары, мониторинг, прогнозирование, тушение, Республика Беларусь.*