

## ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД КАРМАНОВСКОЙ ГРЭС ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДА ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ

*В статье рассмотрен комплексный подход к очистке сточных вод электрических станций и утилизации карбонатного шлама – отхода, образующегося на стадии предварительной очистки добавочной воды на объектах энергетики.*

*Ключевые слова: утилизация отхода энергетики, очистка сточных вод, шлам водоподготовки, сорбционный материал.*

Энергетическая отрасль производства является основной для развития всех отраслей промышленности, транспорта, коммунального и сельского хозяйства, так как электрическая и тепловая энергия необходима для производства любого вида продукции и услуг. Поэтому для данной отрасли характерны наиболее высокие масштабы производства, что неизбежно приводит к значительному антропогенному воздействию на окружающую природную среду. Так, например, на электрических станциях образуются следующие виды отходов: твердые (шлак, зола, шлам и т.д.), жидкие (сточные воды, отработанные химически-загрязненные жидкости) и газообразные (продукты сгорания топлива). Поэтому актуальным является вопрос разработки энерго- и ресурсосберегающих технологий на предприятиях энергетического комплекса, которые позволят минимизировать антропогенное воздействие объекта энергетики на окружающую среду.

Кармановская ГРЭС является самой мощной конденсационной электростанцией в Республике Башкортостан, так как на ее долю приходится примерно 40 % электроэнергии, вырабатываемой на ООО «Башкирская генерирующая компания». Кармановская ГРЭС была спроектирована и построена на северо-западе Республики Башкортостан с целью использования в качестве резервного топлива местной высокосернистой нефти. Установленная электрическая мощность составляет 1 831,1 МВт, тепловая — 204 Гкал/ч. В составе электростанции шесть блоков, каждый из которых состоит из парового котла Пп-950-255ГМ производительностью 950 тонн пара в час и турбоагрегата К-300-240 мощностью 300 МВт. Основным топливом на станции выступает природный газ, резервным – мазут.

Водоподготовка на станции представлена стадией предварительной очистки добавочной воды, включающей в себя известкование и коагуляцию, и ионитное химическое обессоливание. Источником водоснабжения станции является Кармановское водохранилище; ежегодно для восполнения потерь пара и конденсата на станции используется около 1 млн. м<sup>3</sup> исходной воды водохранилища.

При подготовке добавочной воды на стадии известкования и коагуляции в осветлителях образуется карбонатный шлам. Карбонатный шлам водоподготовки является крупнотоннажным отходом производства, который десятилетиями складировается на шламоотвалах станции. Это приводит к засолению грунтовых вод, защелачиванию почвы, является причиной отчуждения земель и гибели многих видов растений. Поэтому, несмотря на то, что шлам водоподготовки является практически безопасным (V класс опасности), вопрос эффективной утилизации карбонатного шлама является актуальным для Кармановской ГРЭС. Для исследований состава и свойств шлама водоподготовки проведены качественные и количественные измерения [1]. Рентгенографический качественный фазовый анализ на дифрактометре D 8 ADVANCE фирмы Bruker показал следующий химический состав: кальцит CaCO<sub>3</sub> – 70%, брусит Mg(OH)<sub>2</sub> – 11%; портландит Ca(OH)<sub>2</sub> < 2%; кварц SiO<sub>2</sub> – 0.8%, остальные прочие вещества – 16.2% [1]. Шлам содержит гуминовые вещества – до 11 % от общей массы образца, что обнаружено методом газовой хромато-масс-спектрометрии. С помощью хромато-масс-спектрометра «ThermoFisherSci. Co.» установлено, что на его поверхности типовой набор функциональных групп гуминовых веществ –ОН, =NH, –СН<sub>3</sub>, =СН<sub>2</sub>, ароматических связей, карбоксильных групп и спиртовых групп. Определены основные физико-технические характеристики шлама: насыпная плотность – 535 кг/м<sup>3</sup>, зольность – 86% (масс.), влагоемкость – 53% (масс.), рН водной вытяжки шлама – 8.83, гранулометрический состав представлен в основном фракцией 0.09-0.5 мм (>61 %).

На Кармановской ГРЭС образуется значительное количество сточных вод. Поэтому для нужд станции на территории предприятия находятся очистные сооружения, на которые поступают хозяйственно-бытовые сточные воды (ХБСВ) ГРЭС, промывные воды, дренажные воды с иловых и песковых площадок, а также сточные воды с близлежащего поселка «Энергетик». Очистные сооружения представлены стадией механической, биологической очистки и блоком обеззараживания. Сточные воды, прошедшие все этапы очистки, выпускаются распределенным гидровыпуском непосредственно перед

створом плотины на реке Буй в Кармановское водохранилище. Фактический расход сточных вод составляет 3000 м<sup>3</sup>/сут.

При проведении исследований установлена недостаточная степень существующей очистки сточных вод по некоторым показателям и концентрациям контролируемых примесей (таблица 1).

Таблица 1 - Показатели качества сточных вод Кармановской ГРЭС

Показатель	Исходная вода, поступающая в приемную камеру	Существующая технология очистки	НДС	Превышение НДС
Аммонийный азот, мг/дм <sup>3</sup>	8.1	1.32	0.5	2.6
Фосфаты, мг/дм <sup>3</sup>	7.9	3.1	0.2	15.5
Нефтепродукты, мг/дм <sup>3</sup>	18	7.1	0.05	142
БПК <sub>5</sub> , мг О <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	108	24	2	12
ХПК, мг О <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	163	29	25	1.2

Для повышения качества очистки сточных вод на Кармановской ГРЭС предлагается использование карбонатного шлама водоподготовки в качестве адсорбционного материала на стадии биологической очистки сточных вод, а также объединение всех видов стоков в общесплавную канализацию.

Ранее установлено, что шлам обладает адсорбционными свойствами по отношению к различным веществам [2]. Так, установлена адсорбционная способность шлама по отношению к нефтепродуктам, аммонийному азоту и прочим примесям. Аммонийный азот и фосфаты характерны для хозяйственно-бытовых сточных вод, поступающих на БОС от Кармановской ГРЭС и поселка «Энергетик», нефтепродукты попадают в сточных воды с мазутного хозяйства станции. Из таблицы видно, что наблюдается превышение значений нормативно-допустимого сброса (НДС) по всем вышеперечисленным примесям сточных вод, поэтому представлены исследования, определяющие сорбционную способность шлама по нефтепродуктам и аммонийному азоту, проведенные в статических условиях. На основании полученных данных построены изотермы сорбции по исследуемым примесям.

Выпуклая линия изотерм адсорбции (рисунок 1) относится к I типу по БЭТ, соответствует изотерме Ленгмюра L- типа по классификации

Смита и указывает на наличие в адсорбенте микропор. Изотерма описывается уравнением Фрейндлиха  $A=0.28C^{0.75}$ .

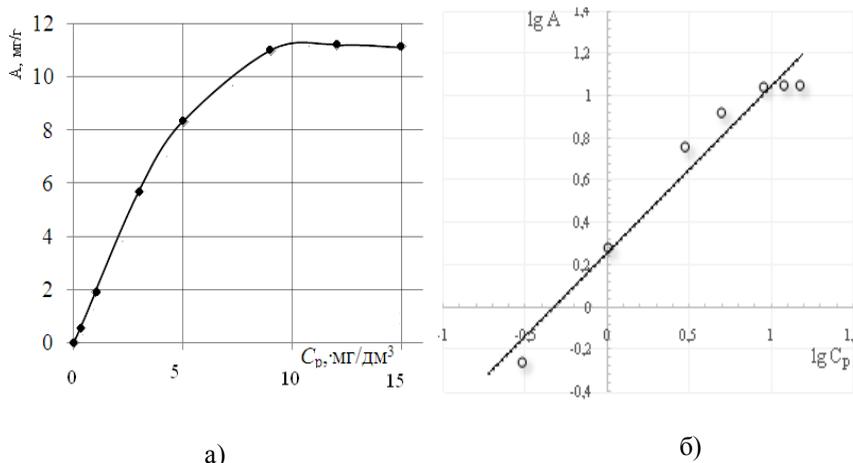


Рис. 1 - Изотерма адсорбции нефтепродуктов карбонатным шламом (а) и ее вид в логарифмических координатах (б)

Изотерма сорбции по аммонийному азоту представлена на рисунке 2.

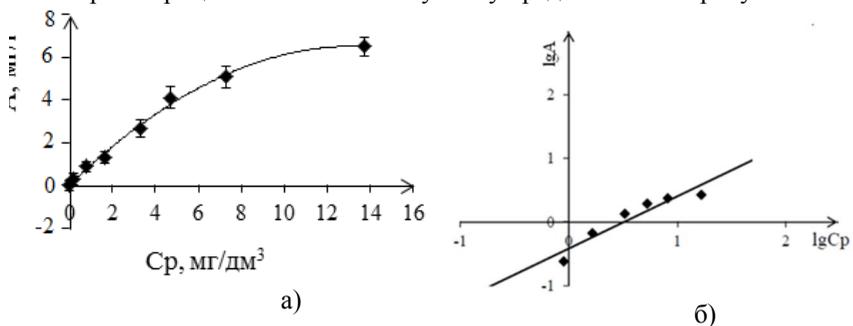


Рис.2 - Изотерма сорбции аммонийного азота карбонатным шламом(а) и ее вид в логарифмических координатах (б)

Как видно из рисунка 2 изотерма адсорбции относится к I типу по классификации БЭТ. Из этого следует, что в карбонатном шламе присутствуют микропоры. Начальный участок кривой описывается линейной зависимостью по закону Генри, затем кривая выходит на равновесие, что соответствует теории Ленгмюра об образовании

мономолекулярного слоя на поверхности сорбента. Повышение концентрации аммонийного азота приводит к насыщению шлама и достижению сорбционного равновесия, адсорбционная емкость материала по аммонийному азоту составляет 3.2 мг/г. Изотерма описывается уравнением Фрейндлиха  $A=2.51C_p^{0.52}$

Таким образом, полученные изотермы сорбции свидетельствуют о возможности использования карбонатного шлама в качестве сорбционного материала для повышения качества биологической очистки сточных вод.

Предлагается производить ввод осушенного карбонатного шлама в аэротенк для совместного проведения биологической и сорбционной (биосорбционной) очистки.

В настоящее время на очистные сооружения Кармановской ГРЭС подаются преимущественно ХБСВ и дренажные воды с иловых площадок. Однако в случае использования карбонатного шлама водоподготовки в качестве сорбционного материала возможна также подача в приемную камеру промывных вод с водоподготовительных установок (от промывок механических фильтров, регенерации ионообменных фильтров, отстающие шламовые воды), нефтесодержащих сточных вод, полученных при промывке оборудования и в результате нагрева мазута с мазутного хозяйства.

Подачу незагрязненных вод, поступающих с охлаждения оборудования станции, предлагается производить в камеру смешения перед выпуском очищенных сточных вод, что позволит исключить вредное тепловое воздействие на Кармановское водохранилище.

Таким образом, предлагаемая технология позволит избежать необходимости складирования и длительного хранения шлама водоподготовки на шламоотвалах, реализовать экологически чистое малоотходное производство, а также повысить эффективность работы БОС Кармановской ГРЭС и снизить экологическую нагрузку на водоем Кармановского водохранилища. Введение шлама в аэротенк на стадии биологической очистки эквивалентно доочистке сточных вод на биофильтрах, однако связано с гораздо меньшими энергетическими и материальными затратами.

Проведение биосорбционной очистки шламом водоподготовки при подаче всех сточных вод станции на очистные сооружения является целесообразным и рентабельным подходом к очистке сточных вод на Кармановской ГРЭС. Использование шлама водоподготовки в качестве сорбционного материала на стадии биологической очистки сточных вод позволит решить двойную экологическую задачу на промышленных объектах топливно-энергетического комплекса:

утилизация крупнотоннажного отхода производства и повышение качества очистки всех видов сточных вод без их локальной обработки. исследование выполнено в рамках гранта Российского научного фонда № 18-79-10136.

### **Библиографический список**

1. Николаева Л.А. Адсорбционная очистка промышленных сточных вод модифицированным карбонатным шламом : дисс. ... д-ра техн. наук.: 03.02.08. –Казань, 2016.–267 с.
2. Николаева Л.А., Интенсификация биологической очистки сточных вод предприятий нефтехимического комплекса / Николаева Л.А., Исакова Р.Я. // Водоснабжение и санитарная техника. - 2016. - №11. - С. 50-55.

**УДК 693.547**

**Казлитина О.В., канд.техн.наук, доц.  
Сопин Д.М., маг.,  
Казлитин С.А., канд.техн.наук  
Мартынова К.Ю., маг.  
(БГТУ им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)**

### **КОМПОЗИЦИОННОЕ ВЯЖУЩЕЕ НА ПРОМЫШЛЕННОМ СЫРЬЕ ДЛЯ ДИСПЕРСНО-АРМИРОВАННЫХ БЕТОНОВ**

*В настоящее время всю большую популярность набирают бетоны, армированные дисперсными волокнами. Такие бетоны могут иметь больший срок эксплуатации и надежности. Для качественных фибробетонов целесообразно применение качественных вяжущих. В статье рассмотрены составы бетонов на разработанном композиционном вяжущем с использованием промышленных отходов.*

*Ключевые слова: композиционное вяжущее, дисперсное армирование, монолитное строительство, фибробетоны, промышленные отходы.*

Строительная индустрия, в настоящее время, не мыслима без использования бетона. Растущие объемы и темпы строительства требуют все больших и больших объемов его производства. Одновременно растет и уровень требований, предъявляемых к изделиям из бетона. Бетон должен выдерживать серьезные механические нагрузки, противостоять усадке и образованию трещин, иметь устойчивость к атмосферному влиянию и перепадам температур, обладать необходимой химической стойкостью.

Поэтому современный бетон является сложным композиционным материалом, модифицируемым различными добавками влияющими на его реологические, физико-механические и химические свойства.