

ИССЛЕДОВАНИЕ утилизации шлама водоподготовки ТЭС в качестве СОРБЕНТА ПРИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКЕ **СТОЧНЫХ ВОД** ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Рассмотрена возможность утилизации шлама водоподготовки ТЭС в качестве сорбента в процессе биологической очистки сточных вод промышленных предприятий с целью повышения степени их очистки. Особое внимание уделяется вопросу совместной утилизации осадка, образовавшегося после биосорбционной очистки стоков. Рассматривается возможность совместного сжигания шлама и активного ила.

Введение

С развитием науки и техники все большую актуальность приобретает вопрос утилизации осадков промышленных предприятий. Применение отходов промышленности в технологических процессах позволяет широко использовать их в народном хозяйстве в качестве вторичных материальных ресурсов. В настоящее время значительное количество промышленных осадков остаются не использованными или используются весьма ограниченно. Шлам водоподготовки ТЭС образуется в процессе предварительной очистки природной воды от примесей при проведении процессов известкования и коагуляции в значительных объемах и далее складывается на шламоотвалах. Существуют разнообразные технологии переработки и использования шлама в различных отраслях промышленности, однако до сих пор данной проблеме уделяется недостаточно внимания.

Авторами предлагается возможность утилизации данного отхода ТЭС в качестве сорбента в процесс биологической очистки сточных вод.

Ряд ранних исследований [1-3] показал, что шлам водоподготовки может успешно

Л.А. Николаева*,
кандидат химических наук, доцент кафедры «Технология воды и топлива», ФГБОУ ВПО Казанский государственный энергетический университет

Р.Я. Недзвецкая,
аспирант, ФГБОУ ВПО Казанский государственный энергетический университет

использоваться на стадии биологической очистки сточных вод промышленных предприятий.

Научный интерес представляет совместное применение некоторых методов очистки сточных вод, причем не последовательная их комбинация в общей схеме очистки, а параллельное протекание нескольких процессов на одном из этапов. Примером такой очистки может служить объединение двух технологий – физико-химической (адсорбционной) и биологической. В предложенной технологии шлам водоподготовки выполняет сразу 2 функции: адсорбирует загрязняющие примеси и выступает в качестве носителя клеток микроорганизмов-деструкторов, поэтому можно говорить о том, что происходит процесс биосорбционной (адсорбционно-биологической) очистки сточных вод [4].

Материалы и методы исследования

Для подтверждения предположения о высокой эффективности биосорбционной технологии был проведен ряд лабораторных опытов на биологических очистных сооружениях Казанского завода синтетического каучука им. Кирова (**БОС КЗСК**), в процессе проведения которых изучалась зависимость изменения концентрации фосфатов, аммонийного азота, ХПК и БПК в осветленных водах от введенной дозы шлама. Эксперименты были осуществлены на модельной установке при условиях непрерывного пневматического перемешивания подаваемых сточных вод КЗСК и дозирования шлама водоподготовки. Концентрация добавленного шлама составляла

* Адрес для корреспонденции: Larisanik16@mail.ru

100-900 мг/дм³, концентрация микроорганизмов активного ила соответствовала регламенту БОС и была равна 1,5-2 г/дм³.

Результаты и их обсуждение

По результатам экспериментальных исследований было установлено, что оптимальная доза вводимого шлама водоподготовки для достижения максимально эффективной работы биосорбционной очистки сточных вод в пределах ПДК составляет 600 мг/дм³. Данная доза шлама способствовала снижению в осветленных водах экспериментального аэротенка концентрации фосфатов в среднем на 89 %, аммонийного азота на 65 %, значения БПК на 62 %, ХПК на 25 %, что значительно эффективнее, чем при использовании традиционной биологической очистки.

Достоинством совместной биосорбционной очистки также является отсутствие необходимости внесения принципиальных конструктивных изменений аэротенка, что приводит к минимизации капитальных вложений при внедрении технологии. Биосорбционная обработка сточных вод шламом ТЭС является более эффективным способом очистки, так как концентрация аммонийного азота, фосфатов, а также показатели ХПК и БПК в осветленной воде не превышают ПДК.

Шлам водоподготовки ТЭС имеет ряд достоинств, таких как низкая стоимость, доступность, нетоксичность, важных для использования в биосорбционной технологии. Вводимый адсорбент снижает иловый индекс, уменьшает вспухание активного ила и улучшает его седиментационные свойства. Эти свойства позволяют рекомендовать его качестве эффективного промышленного адсорбента на КЗСК для повышения эффективности работы БОС.

Исходя из значений различных показателей качества сточных вод, полученных в процессе испытаний установки, был сделан вывод о линейной зависимости эффективности очистки от введенной дозы шлама. С целью аналитической обработки и представления экспериментальных данных приводятся эмпирические формулы (табл. 1), полученные методом наименьших квадратов. В табл. 1 приведены также коэффициенты корреляции, свидетельствующие о высокой сходимости теоретических зависимостей и экспериментальных данных.

Исключение составляет показатель БПК, для которого коэффициент корреляции имеет достаточно низкое значение, что поз-

Таблица 1

Линейные уравнения регрессии зависимостей эффективности очистки от введенной дозы шлама

Показатель	$Y=kx+b$	Коэффициент корреляции	Показатель достоверности Р
NH ₄ ⁺	$Y=0,1013x-9,8639$	0,97	>0,95
PO ₄ ³⁻	$Y=0,0877x+2,68$	0,95	>0,95
ХПК	$Y=0,0489x-0,82$	0,79	>0,95
БПК	$Y=0,1053x-8,5229$	0,56	<0,95

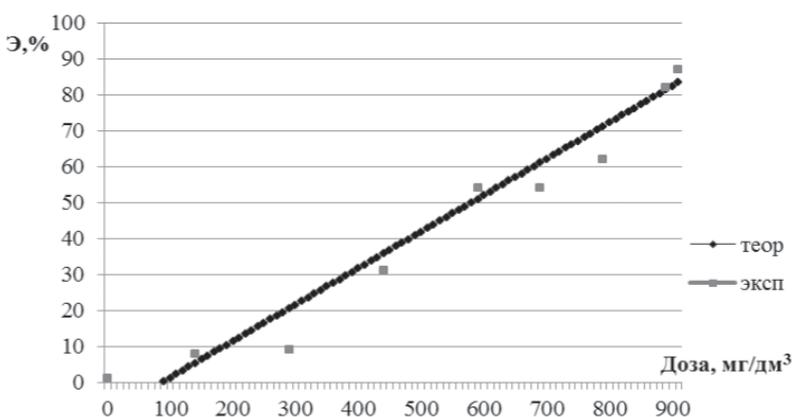


Рис. 1. Аппроксимирующая функция и экспериментальные данные по эффективности очистки сточных вод от аммонийного азота.

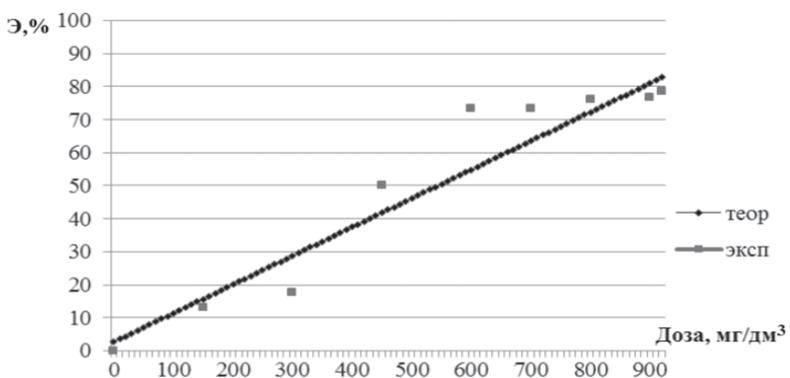


Рис. 2. Аппроксимирующая функция и экспериментальные данные по эффективности очистки сточных вод от фосфатов.

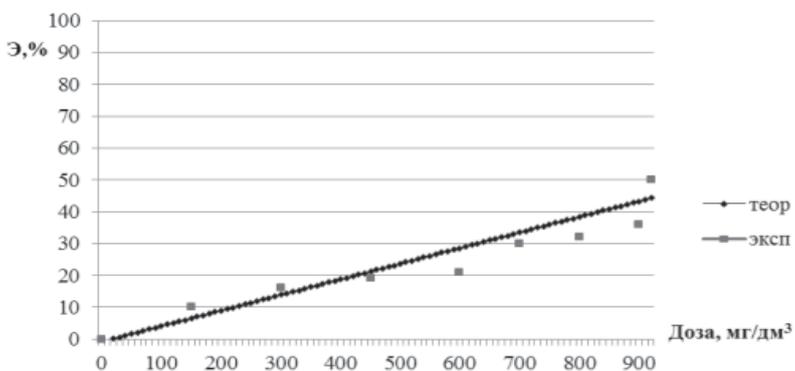


Рис. 3. Аппроксимирующая функция и экспериментальные данные по эффективности очистки сточных вод от фосфатов.

воляет сделать вывод о нелинейности зависимости вводимой дозы шлама ТЭС и снижения показателя БПК в осветленных водах. На *рис. 1-3* приведены аппроксимирующие функции наиболее близко описывающие полученные экспериментальные данные.

При внедрении предлагаемой биосорбционной технологии очистки сточных вод КЗСК шламом ТЭС возникает вопрос о вторичной утилизации смешанного осадка. Отработанный в процессе биосорбции осадок выносятся во вторичные отстойники, после осаждения в которых появляется проблема, связанная с его дальнейшим использованием. Осадок, полученный после вторичных отстойников, представляет собой шлам, покрытый биопленкой из микроорганизмов активного ила.

Существуют различные пути по совместной утилизации избыточного активного ила и осадков, полученных на различных технологических стадиях самых разнообразных отраслей промышленности. Перспективным методом вторичной утилизации полученного осадка представляется его сжигание с возможностью регенерации тепла. Принципиальная технологическая схема процесса сжигания смешанного осадка на КЗСК представлена на *рис. 4*.

Шлам совместно с активным илом после вторичных отстойников поступает в бункер приема шлама 1, далее происходит самотечное поступление в резервуар уплотнитель 2, где происходит уплотнение смеси, которая поступает в приемное отделение 3, оборудо-

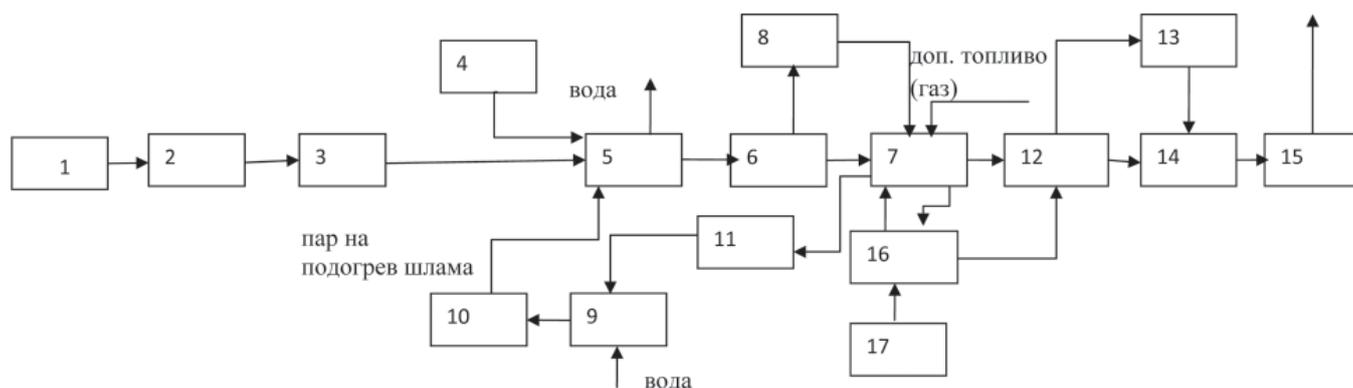
ванное питателем и передвижным бункером с секторным затвором. Шламохранилище 4 предусмотрено для оттаивания и хранения смеси в холодный период года. Далее смесь подается в сушильное отделение 5, в котором происходит осушка шлама до 10-12 % за счет попутного пара из паросборника 10 и смесь – кек – со стабильными свойствами (например, с влажностью 10-12 %) поступает на помольное отделение 6, где на установке тонкого растирания смесь размалывается до размеров не более 1,5 мм. Затем происходит подача смеси на сжигание в камеру сгорания 7. В случае избытка смеси после размола она поступает в бункер хранения 8. Смесь высоконапорными насосами обезвоженного шлама подают на инжекторы шлама камеры сгорания 7 одной печи. В ней в псевдоожиженном слое песка за счет предварительно нагретого (до 605 °С) в воздухо-воздушном теплообменнике 16 воздуха псевдоожижения, подаваемого нагнетателем 17, происходит сушка и сжигание шлама. В стабильном режиме выделяющегося тепла достаточно для поддержания горения. В других случаях недостаток тепла компенсируется подачей в камеру сгорания дополнительного топлива в виде природного газа через инжекторы дополнительного топлива. В нормальном режиме температура псевдоожижения равна 760 °С, а температура уходящих газов – 870-880 °С.

Утилизацию тепла уходящих газов осуществляют в воздухо-воздушном теплообменнике 16 с дальнейшим поступлением остывших газов в основную линию на золоуловитель 12 и при помощи испарительных пакетов 11, подключенных к котлу-утилизатору 9 с паросборником 10. В результате их температура снижается до 250 °С.

Очистку уходящих газов от золы осуществляют в золоуловителе (электрофильтре) 12. Золу отводят из системы через систему сбора и удаления золы и подают в бункер хранения золы 13. Уходящие газы очищают в адсорбере 14 от различных вредных приме-

↓ **Рис. 4.** Схема обработки и совместного сжигания смеси «шлам и активный ил».

1 – резервуар шлама и активного ила; 2 – уплотнитель смеси; 3 – приемное отделение; 4 – шламохранилище; 5 – сушильное отделение; 6 – помольное отделение; 7 – камера сгорания; 8 – бункер хранения смеси; 9 – котел утилизатор; 10 – паросборник; 11 – испарительные пакеты; 12 – золоуловитель (электрофильтр); 13 – бункер хранения золы; 14 – адсорбер; 15 – дымовая труба; 16 – воздухо-воздушный теплообменник; 17 – нагнетатель.



сей. Загрузка адсорбера осуществляется золой из бункера 13. Далее очищенные уходящие газы подаются в дымовую трубу 15. Выбор золы в качестве сорбента обусловлен наличием сведений [5] о высокой сорбционной способности золы, образующейся после сжигания твердого топлива, по отношению к различным токсичным газообразным соединениям.

Таким образом, предложенный метод является целесообразным для проведения вторичной утилизации смеси «шлам и активный ил», так как при его внедрении решается проблема очистки, осуществляется регенерация тепла уходящих дымовых газов, а также реализуется технология замкнутого цикла, в связи с тем, что производится вторичное использование золы в адсорбере для очистки газов от вредных примесей.

Выводы о возможности совместного сжигания шлама водоподготовки ТЭС и активного ила были сделаны на основании серии экспериментов по определению теплоты сгорания смешанного осадка. В процессе исследований производилась сушка и сжигание при температуре 900 °С различных массовых соотношений шлама и активного ила, взятых исходя из реальных концентраций при нормальном режиме работы станции БОС КЗСК. Процентный массовый состав сжигаемых смесей представлен в *табл. 2*.

Калориметрически определено среднее значение удельной теплоты сгорания смешанного осадка (1860 ккал/кг). После сжигания была получена зола (*рис. 5*), которую предполагается использовать с целью очистки уходящих газов. Несмотря на то, что шлам имеет высокую зольность (42 %), при сжигании смешанного осадка этот показатель не следует рассматривать как весомый недостаток, так как оставшаяся после сжигания в камере сгорания зола активно используется в качестве адсорбента с целью очистки уходящих газов.

Произведено технико-экономическое обоснование внедрения биосорбционной очистки сточных вод предприятия КЗСК со шламом ХВО ТЭС, представленное в *табл. 3*.

Таблица 2

Массовые соотношения проб для сжигания шлама и активного ила

№ пробы	1	2	3	4
Шлам водоподготовки ТЭС, г	0,6	0,3	0,6	0,9
Активный ил, г	1,5	1,5	2	1,5

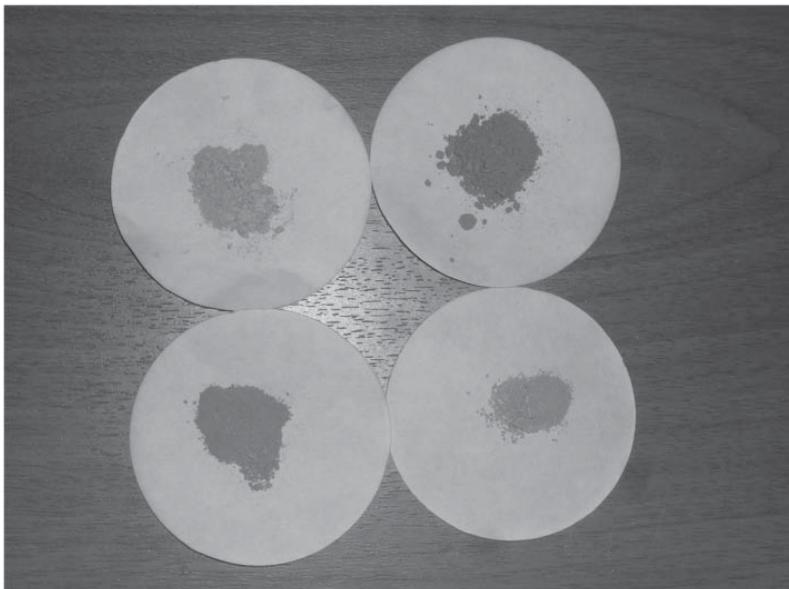


Рис. 5. Зола, полученная при совместном сжигании шлама и активного ила.

Таблица 3

Экономический эффект внедрения биосорбционной очистки сточных вод КЗСК

№	Экономический показатель	Значение, руб./год
1.	Экономическая оценка предотвращенного ущерба от сокращения объема загрязнений	4 112 000
2.	Прирост упущенной выгоды	411 000
3.	Экономический результат водоохранных мероприятий	4 523 000
4.	Капитальные затраты	49 102 руб./ -
5.	Эксплуатационные затраты	815 078
6.	Приведенные затраты	820 970
Чистый экономический эффект		3 702 029



В соответствии с методикой оценки экономической эффективности водоохранных мероприятий было установлено, что при внедрении биосорбционной технологии шлам водоподготовки ТЭС в существующую систему очистки сточных вод завода вложения, затраченные на ее реализацию, вполне окупятся за месяц, а чистый экономический эффект для КЗСК составит 3702029 руб/год. Приведенные экономические показатели рассчитаны без учета реализации схемы утилизации смешанного осадка.

Заключение

Таким образом, внедрение новой биосорбционной технологии очистки сточных вод шлам водоподготовки ТЭС позволит решить несколько значительных проблем производственно-промышленных комплексов и снизить антропогенное воздействие на окружающую среду.

Литература

1. Николаева Л.А. Сорбционные свойства шлама осветлителей ТЭС при биологической очистке сточных вод промышленных предприятий / Л.А. Николаева, А.В. Сотни-

Ключевые слова:
шлам водоподготовки
ТЭС,
биосорбция,
утилизация,
очистка сточных вод

ков, Р.Я. Недзвецкая // Энергетика Татарстана. 2010. № 3 (19). С. 68-72.

2. Николаева Л.А. Ресурсосберегающая технология биосорбционной очистки сточных вод промышленных предприятий / Л.А. Николаева, Р.Я. Недзвецкая // Энергосбережение и водоподготовка. 2011. № 2 (70). С. 28-30.

3. Николаева Л.А. Биосорбционная технология очистки сточных вод промышленных предприятий / Л.А. Николаева, Р.Я. Недзвецкая // Тез. докл. II Международной практической межотраслевой конференции «Химические решения для водооборотных систем промышленных предприятий». М.: Изд-во «Перо», 2011. С. 24-28.

4. Воробьева Т.Г. Минимизация техногенного воздействия на гидросферу в промышленных центрах. Состояние биосферы и здоровье людей / Воробьева Т.Г. Шлёкова И.Ю. // Сборник статей 7-й Международной научно-практической конференции. Пенза, 2007. С. 48-51.

5. Буваков К.В. Свойства минеральных сорбентов применительно к технологиям топливосжигания. Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Томск, 2007. 19 с.



L.A.Nikolaeva, R.Ya. Nedzvetskaya

WATER TREATMENT SLUDGE DISPOSAL TPP AS A SORBENT FOR BIOLOGICAL WASTEWATER TREATMENT INDUSTRY

A new direction of water treatment sludge disposal TPP as a sorbent in the process of biological wastewater treatment, industrial enterprises to increase their degree of purification. Particular attention is paid to the joint utilization of the precipitate formed after biosorption wastewater treatment. The possibility of co-combustion of sludge and sludge.

Key words: slime water TES, biosorption, recycling, waste water treatment

