

# 07, июль 2017

УДК 502.51

## **Исследование процессов сорбции тяжелых металлов из сточных вод при помощи активного ила**

*Алексаия М.М., студент*

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,  
кафедра «Экология и промышленная безопасность»*

*Научный руководитель: Козодаев А.С., к.т.н., доцент  
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,  
кафедра «Экология и промышленная безопасность»*

[E9@mx.bmstu.ru](mailto:E9@mx.bmstu.ru)

Тяжелые металлы, содержащиеся в городских сточных водах, представляют серьезную угрозу для окружающей среды и здоровья людей. Их ионы высоко токсичны для растительных и животных организмов и способны постепенно накапливаться в объектах окружающей среды до опасного уровня.

Проблема биосорбции тяжелых и благородных металлов важна как с экологической, так и с экономической точек зрения. Извлечение драгметалла из сточных вод серебрперерабатывающих предприятий и биосорбция ионов  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  и  $\text{Ni}^{2+}$  из гальванических отходов являются дешевой альтернативой применения традиционных сорбентов - ионообменных смол и активированных углей.

Основной опасностью тяжелых металлов, воздействующих на биологические объекты, является биоаккумуляция тяжелых металлов на клеточной стенке бактерий и их последующий переход в воду и почву.[1]

Для минимизации отрицательного воздействия на почвы, отведенные для хранения отработанного активного ила (ОАИ), рационально использовать данный отход вторично. Несмотря на разработку многочисленных методов и способов утилизации ОАИ, эта проблема до конца не решена. ОАИ после биологической очистки бытовых сточных вод, не содержащих токсичных элементов, таких как тяжелые металлы (ТМ), нефтепродукты (НП) и др., широко используется в качестве удобрений. На промышленных же предприятиях, где стоки содержат токсичные элементы, использовать ОАИ в качестве удобрения без предварительного обезвреживания недопустимо. Поэтому работы,

направленные на разработку технологии обезвреживания ОАИ с целью использования полученного продукта в качестве вторичного сырья весьма, актуальны и имеют большое научное и практическое значение. [2]

Существует множество различных методов очистки сточных вод, содержащие ионы тяжелых металлов: реагентный, электрохимический, мембранный, сорбционный и биологический. Все эти методы имеют свои достоинства и недостатки, поэтому необходимо детальное исследование каждого из них для выбора оптимального способа извлечения тяжелых металлов из городских сточных вод.

В практике очистки от тяжелых металлов производственных сточных вод в настоящее время используются в основном реагентные методы, заключающиеся в переводе растворимых веществ в малорастворимые или нерастворимые соединения при добавлении различных реагентов с последующим отделением образовавшихся осадков. Использование химических реагентов неизбежно ведет к строительству от дельного здания, в котором осуществляется приготовление рабочего раствора и хранение сухих реагентов. Учитывая, что активная часть используемых на практике коагулянтов не превышает 60%, расход этих реагентов оказывается весьма значительным. Отсюда возникает проблема с отведением значительных площадей под шламохранилища или сооружения, позволяющие использовать технологии по утилизации отходов.[3]

*Таблица 1*

Достоинства и недостатки реагентного метода

Достоинства	Недостатки
Универсальность	Не обеспечивается ПДК для рыбохозяйственных водоемов
Возможность применения его для обезвреживания кислотно-щелочных сточных вод различных объемов с различной концентрацией ионов тяжелых	Громоздкость оборудования
Отсутствует необходимость в разделении промывных вод	Значительный расход реагентов
	Дополнительное загрязнение с сточных вод
	Затрудненность извлечения из шлама тяжелых металлов для утилизации

Электрохимические методы выделения цветных металлов из сточных вод нашли широкое применение на гальванотехнических предприятиях. В технологии очистки сточных вод используются процессы анодного окисления и катодного восстановления, электрокоагуляция, гальванокоагуляция, электрофлотация и электролиз. Все эти процессы протекают на электродах при прохождении через водную среду постоянного электрического тока.

Метод электрокоагуляции при очистке сточных вод, содержащих соединения шестивалентного хрома, основан на электролитическом растворении стальных электродов, приводящем к образованию ионов железа на аноде. В результате окислительно-восстановительных процессов происходит восстановление Cr(VI) до Cr(III). При этом на катоде выделяется газообразный водород. Повышение pH водной среды ведет к созданию условий для выделения малорастворимых гидроксидов металлов.[4]

Таблица 2

Достоинства и недостатки метода электрокоагуляции

Достоинства	Недостатки
Высокая производительность	Не достигается ПДК при сбросе в водоемы рыбохозяйственного назначения
Простота эксплуатации	Значительный расход электроэнергии
Малые занимаемые площади	Значительный расход металлических растворимых электродов
Получение шлама с хорошими структурно-механическими свойствами	Невозможность извлечения из шлама тяжелых металлов из-за высокого содержания железа

При выделении из сточных вод коллоидных и нерастворимых соединений тяжелых металлов применяется электрофлотация. Образующиеся при электролизе газы (на аноде — пузырьки кислорода, а на катоде — пузырьки водорода), поднимаясь к поверхности раздела фаз, увлекают коллоидную фракцию с тяжелыми металлами в пену. [5] Основным недостатком данного метода является необходимость

разбавления концентрированных сточных вод.

Таблица 3

Достоинства и недостатки электрофлотации

Достоинства	Недостатки
Очистка до требований ПДК	Незначительное (до 30%) снижение общего солесодержания очищаемых стоков
Незначительный расход реагентов	Необходимость разбавления концентрированных вод
Простота эксплуатации	Большой расход электроэнергии, ее дороговизна
Малые площади, занимаемые оборудованием	Регулярная замена электродов
Возможность очистки от жиров, масел и взвешенных частиц	
Высокая сочетаемость с другими методами	

Мембранный метод основан на фильтрации растворов через полупроницаемые мембраны под давлением, превышающем осмотическое давление. Мембраны пропускают молекулы растворителя, задерживая растворенные вещества. Благодаря использованию этих методов возможно применение оборотного цикла с возвращением до 60% очищенной воды, причем одновременно выделяются тяжелые металлы.[6]

Таблица 4

Достоинства и недостатки метода обратного осмоса

Достоинства	Недостатки
Возможность очистки до требований ПДК	Необходимость предварительной очистки сточных вод от масел, ПАВ, растворителей, органики, взвешенных веществ
Возврат очищенной воды до 60% в оборотный цикл	Дефицитность и дороговизна мембран
Возможность утилизации тяжелых металлов	Сложность эксплуатации, высокие требования к квалификации персонала
Возможность очистки в присутствии	Большие количества осадка и сложность

лигандов, образующих прочные комплексные соединения	его обезвоживания
	Высокие капитальные затраты

Процесс биологической очистки загрязняющих веществ в аэротенках происходит при непосредственном контакте сточных вод с оптимальным количеством организмов активного ила в присутствии соответствующего количества растворенного кислорода (в течение необходимого периода времени) с последующим отделением активного ила от очищенной воды во вторичных отстойниках.

В процессе биохимической очистки часть ионов тяжелых металлов аккумулируется илом. При этом происходит образование комплексов ионов с белком активного ила, следствием чего является, с одной стороны, накопление соединений металлов в осадках, а с другой - снижение качества очистки сточных вод, так как сорбированные металлы концентрируются в активном иле и с возвратным илом неоднократно попадают в аэротенк, где значительная часть подаваемого кислорода воздуха затрачивается не на эффективное биологическое окисление загрязнений, а на восстановление свойств активного ила после токсического повреждающего воздействия.[7]

*Таблица 5*

Достоинства и недостатки биологического метода

Достоинства	Недостатки
Высокая степень очистки сточных вод	Длительность процесса очистки
Не требует регулярной закупки расходных материалов	Образование избыточного ила, требующего дополнительной очистки
Простота конструкции	
Низкие затраты энергии	
Очистка больших объемов стоков	

В рамках данной работы подробно был изучен биологический метод извлечения тяжелых металлов из водного стока благодаря своей экономичности и эффективности очистки сточных вод от тяжелых металлов, а также способности обрабатывать большие объемы сточных вод.

Широкое распространение биологического метода очистки сточных вод от органических и неорганических антропогенных токсикантов в современных условиях привело к возникновению новой экологической проблемы - необходимости поиска методов обезвреживания избыточных илов и осадков от тяжелых металлов, высокие концентрации которых не позволяют применять илы и осадки в сельском хозяйстве. Основным методом обезвреживания илов и осадков во всем мире до сих пор - захоронение в шламонакопителях. Однако пригодных земель для размещения полигонов на разрешенном расстоянии от населенных пунктов уже почти не осталось. Известные методы обезвреживания избыточного активного ила, содержащего тяжелые металлы (химическая, термическая и термохимическая обработка), несмотря на внешнюю привлекательность, экологически не безопасны, поскольку в той или иной мере происходит загрязнение атмосферы, требуются сложные системы очистки газовых выбросов от загрязняющих веществ, очистки вторичных сточных вод. [8]

Таким образом, возник острый вопрос в разработке эффективного метода обеззараживания активного ила для последующего его использования в сельском хозяйстве в качестве удобрения.

#### Список литературы

- [1]. Зыкова И.В. Обезвреживание избыточных активных илов и сточных вод от тяжелых металлов: автореф. дис. .... докт. хим. наук. СПб, 2008. 32 с.
- [2]. Солодкова А.Б. Обезвреживание отработанного активного ила с получением материалов для решения: дис. ... канд. тех. Наук. Саратов, 2014. 158 с.
- [3]. Гвоздев В.Д., Ксенофонтов Б.С. Очистка производственных сточных вод и утилизация осадков. М.: Химия, 1988. 112 с.
- [4]. Ксенофонтов Б.С., Козодаев А.С., Таранов Р.А., Виноградов М.С., Балина А.А., Петрова Е.В. Разработка основ технологии извлечения ценных компонентов из зольно-шлаковых отвалов объектов тепло и электрогенерации // Экология и промышленность России. 2013. № 8. С. 9-12.
- [5]. Ксенофонтов Б.С., Козодаев А.С., Капитонова С.Н., Дьяченко Д.В., Морозов С.Д., Дулина Л.А. Интенсификация флотационной очистки сточных вод и насыщения их кислородом // Безопасность жизнедеятельности. 2006. № 1. С. 36-38.
- [6]. Чернышев В.Н., Кижаяев В.Ф. Биотехнология глубокой минерализации осадков

городских сточных вод, содержащих ионы тяжелых металлов // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. 2010. № 6. С. 225-231.

[7]. Гудков А.Г. Биологическая очистка городских сточных вод: учебное пособие. Вологда: ВоГТУ, 2002. 127 с.

[8]. Горелова О.М. Исследования по утилизации избыточного активного ила // Ползуновский вестник. 2015. № 4. С. 114-118.