

## ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОТ ПОВЕРХНОСТНО АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

Марцуль В. Н., Капориков В. П.

*Белорусский государственный технологический университет*

Поверхностно активные вещества (ПАВ) широко применяются в качестве моющих средств, ингибиторов кислотной коррозии, компонентов коагулянтов, солубилизаторов, наполнителей в пищевой технологии, диспергирующих агентов, эмульгаторов и др.

Накапливаясь в водоемах, ПАВ оказывают сильное токсическое действие на флору и фауну, ухудшают органолептические показатели воды, препятствуют процессам самоочищения водных объектов. Большинство ПАВ являются биологически жёсткими веществами и не утилизируются в природе естественным путём.

Следует отметить способность ПАВ воздействовать на другие виды загрязнений сточных вод (СВ), что заключается в повышении их агрегативной устойчивости и усложняет последующую очистку. При взаимодействии с хлором в водопроводной воде некоторые ПАВ трансформируются с образованием токсических продуктов, отличающихся от действия исходных ПАВ.

Основным источником сточных вод, содержащих ПАВ, являются технологические растворы и промывные воды промышленных предприятий большинства отраслей производства. Наибольший объем поступления этих загрязнений приходится на предприятия легкой промышленности, выпускающей продукцию из натуральных, искусственных и синтетических волокон /1/.

Установлено, что все основные категории сточных вод, отводимых с территорий проживания населения и вовлеченных в сферу производства, содержат ПАВ. В настоящее время можно выделить пять категорий сточных вод, содержащих ПАВ, по условиям формирования, концентрации и составу сопутствующих загрязнений:

1. Производственные сильно загрязненные — отработанные моющие растворы с высокой концентрацией сопутствующих загрязнений. Характерны для всех водоемких производств легкой промышленности, пищевой, машиностроения, коммунально-бытового обслуживания и др.

2. Производственные умеренно загрязненные, отводимые от

производственных процессов с использованием ПАВ в качестве эмульгаторов, смачивателей, собирателей, стабилизаторов. Присутствуют практически во всех промышленных отраслях, использующих воду.

3. Хозяйственно-бытовые, содержащие компоненты препаратов бытовой химии.

4. Поверхностные сточные воды, формирующиеся в результате стекания выпавших атмосферных осадков, воды от уборки и полива территорий. Эти воды аккумулируют большое количество растворенных биорезистентных органических загрязнений, включая ПАВ, характеризуются значительными колебаниями величин показателей санитарно-химического анализа и расхода.

5. Локальные. Эта категория сточных вод обусловлена возникновением и миграцией предприятий с малым объемом выпускаемой продукции или занятых в сфере оказания услуг населению. Характерной особенностью локальных сточных вод является высокая неравномерность по всем показателям водоотведения [1].

Обзор литературы показывает, что, несмотря на обилие различных методов, проблема подбора оптимального и эффективного способа очистки сточных вод предприятий сферы услуг, большинства водоемких производств легкой промышленности, а также производственных процессов, включающих ПАВ в качестве смачивателей, эмульгаторов и стабилизаторов, остается нерешенной. Сегодня для удаления ПАВ приходится применять целую цепочку технологических приемов, включающих различные физико-химические методы очистки, каждый из которых имеет ряд недостатков и ограничений, выявляющих необходимость использования дополнительных стимулирующих воздействий.

В настоящее время резко возрос интерес к использованию в процессах очистки СВ и подготовки питьевой воды дополнительных стимулирующих воздействий, таких как озонирование, ультрафиолетовое излучение, ультразвуковая обработка, наложение электрических и магнитных полей.

В сравнении с другими загрязнениями ПАВ обладают специфической особенностью – способностью к мицеллообразованию в водных растворах, благодаря которой данные вещества могут проявлять свойства дисперсных примесей при концентрациях выше критической концентрации мицеллообразования (ККМ) и свойства растворенной органики при более низком содержании. Поэтому существующие методы очистки ПАВ-содержащих сточных вод

могут быть классифицированы не только по характеру воздействия на регенеративные (связанные с извлечением загрязнений из сточной воды) и деструктивные (разрушающие загрязнения до нетоксичных или менее токсичных веществ), но и по диапазону изменения концентраций ПАВ в сточных водах (ниже или выше ККМ). Предложенная классификация методов удаления ПАВ из сточных вод, учитывающая специфические свойства их водных растворов приведена в таблице 1 /2/.

Таблица 1

Классификация методов удаления ПАВ из сточных вод

Методы	Концентрация ПАВ	
	<ККМ	>ККМ
Деструктивные	Биоокисление Биосорбция Озонирование УФ-облучение (фотолиз) Плазменная обработка	Коагуляция Флокуляция Электрокоагуляция Гальванокоагуляция Электрохимическое окисление Термическая и реагентная деструкции
Регенеративные	Адсорбция Обратный осмос	Флотация Электрофлотация Ультрафильтрация Экстракция Ионный обмен

Проведенным анализом современных технологий очистки сточных вод, содержащих ПАВ и другие стойкие соединения, выявлено ограниченное количество эффективных и одновременно технологически обоснованных методов /1/. Процессы деструкции, последовательно воздействуя на всю массу органических загрязнений, требуют больших доз окислителей или затрат энергии. В то же время применение только разделительных процессов приводит к значительному количеству отходов очистки, трансформируя проблему в область обработки осадков. Широко применяемые в качестве коагулянтов гидролизующиеся соли алюминия и железа, обладают недостаточной эффективностью в области малых концентраций ПАВ. Это приводит к необходимости принятия больших доз реагентов при низкой степени их использования. Поэтому в настоящее время остается актуальной разработка новых высокоэффективных технологий очистки сточных вод, содержащих ПАВ,

которые позволяют проводить процесс с высокой скоростью, при отсутствии громоздкого и дорогостоящего оборудования, низких энергозатратах и несложной утилизации загрязнений, извлеченных из сточных вод /1/.

Необходимость разработки новых методов и оборудования для очистки ПАВ-содержащих сточных вод присуща технологическим процессам, в которых данный вид загрязнителей поступает в сток в количествах сопоставимых или превышающих концентрации других компонентов (т.е. выше ККМ). С другой стороны, условия многокомпонентности ПАВ-содержащих стоков накладывают существенные ограничения на применимость регенеративных технологий водоочистки (на практике более распространены деструктивные методы). Использование коагуляции и флокуляции затрудняется необходимостью реагентного хозяйства. Электрохимическое окисление и гальванокоагуляция характеризуются недостаточной эффективностью удаления сопутствующих компонентов (красителей, нефтепродуктов и др.) /1/.

Даже наиболее распространенный и эффективный сорбционный метод очистки, позволяющий извлечь ПАВ на 90 % и более, имеет ряд существенных недостатков:

- необходимость предварительного удаления сопутствующих компонентов, что приводит к удорожанию процесса очистки;
- зависимость эффекта очистки от начальных концентраций ПАВ и их вида;
- проблемы трудноутилизуемых концентрированных водных растворов ПАВ, полученных после регенерации сорбента /1/.

Большинство существующих регенеративных методов очистки ориентированы на сточные воды с высоким начальным содержанием ПАВ, превышающим ККМ, остаточное же содержание ПАВ в очищенной воде редко снижается до 30-40 мг/дм<sup>3</sup> /2/.

Одним из успешно используемых методов удаления ПАВ является электрофлококоагуляция, которая обладает значительными возможностями для интенсификации, т.к. сочетает в себе несколько физико-химических процессов – электролиз, коагуляцию и флотацию загрязнений. Согласно литературным данным электрокоагуляционные установки используются для очистки сточных вод фабрик-прачечных, красильно-отделочных производств, стоков от мойки цистерн для перевозки нефтепродуктов и др. Преимуществом электрокоагуляционного метода удаления является высокая эффективность в отношении различных типов загрязнений, недос-

татком – значительная энерго- и материалоемкость /2/.

К перспективным методам физико-химической очистки сточных вод от биологически трудноокисляемых загрязнений следует отнести процессы преобразования коллоидных и растворенных веществ в малорастворимые формы, процессы адсорбционно-пузырькового разделения, баромембранные процессы, адсорбцию, экстракцию, электрохимическое окисление и озонирование /1/:

В данной работе проводились сравнительные исследования по обработке ПАВ-содержащих сточных вод с целью разработки способа очистки, характеризующегося высокой эффективностью и экологичностью. В качестве объекта исследования использовалась сточная вода, содержащая анионный ПАВ – сульфэтоксилат натрия. Сточная вода подвергалась обработке различными способами: электрофлотацией, электрокоагуляцией, пневматической флотацией, адсорбцией на активированном угле и др.

Одним из перспективных, по нашему мнению, является способ обработки, сущность которого заключается в получении комплекса ПАВ-полиэлектrolит стехиометрического состава, при котором все молекулы ПАВ, связываясь с полиэлектролитом, блокируют его ионогенные группы, а полученный комплекс переходит в нерастворимое состояние и отделяется от очищаемой воды одним из известных методов.

В качестве полиэлектролита в работе использовался промышленный флокулянт серии АК-636 производства Каменского химического комбината (Россия), представляющий собой катиоактивный сополимер полиакриламида и полидиметилэтилметакрилат аммоний сульфата.

Сравнительная характеристика методов очистки СВ от ПАВ, выполненных в ходе экспериментальных исследований представлена в таблице 2.

По результатам проделанной работы видно, что хороший результат получен при использовании для очистки воды методом электрофлотации (95,7%), однако наибольшие степени очистки достигаются при обработке воды предполагающей предварительное образование нерастворимого комплекса ПАВ-ПЭ и последующее его отделение от воды флотацией (98,8%), фильтрованием на полимерной мембране (98,7%), центрифугированием (97,3%).

Достоинством такого способа обработки следует считать возможность очистки сточных вод, концентрация ПАВ в которых колеблется в широком диапазоне. На рисунке 1 представлена зависи-

мость остаточной концентрации и степени очистки от концентрации ПАВ в обрабатываемой воде.

Во всем диапазоне концентраций степень очистки составляет не менее 96%, а начиная со 120 мг/л практически не изменяется (99,3-99,4%). Остаточные концентрации ПАВ в очищенной воде хотя и увеличивается пропорционально их содержанию в обрабатываемой воде, но не превышают значения 2 мг/л.

Известным свойством полиэлектролитных комплексов и в частности рассматриваемого – ПАВ-ПЭ является их способность

Таблица 2

Сравнительная характеристика методов очистки СВ от ПАВ, выполненных в ходе экспериментальных исследований

Метод очистки	Время обработки, мин	Начальная концентрация, мг/л	Остаточная концентрация, мг/л	Степень очистки, %
Электрофлотация	30	58	2,5	95,7
Электрокоагуляция:				
– с алюминиевыми электродами	15	58-60	6-8	86,2-90
– со стальными электродами	15	58-64	5-9	84,5-92,2
Пневматическая флотация	30	64	12,8	80
Адсорбция на активированном угле	30 1440	56 56	10,5 9	81,3 83,9
Обработка полиэлектролитом в стехиометрическом количестве, обеспечивающем образование нерастворимого комплекса ПАВ-ПЭ с последующим его отделением:				
– методом пневматической флотации	30	60	0,7	98,8
– центрифугированием	5	60	1,6	97,3
– фильтрацией на полимерной мембране	20	60	0,8	98,7

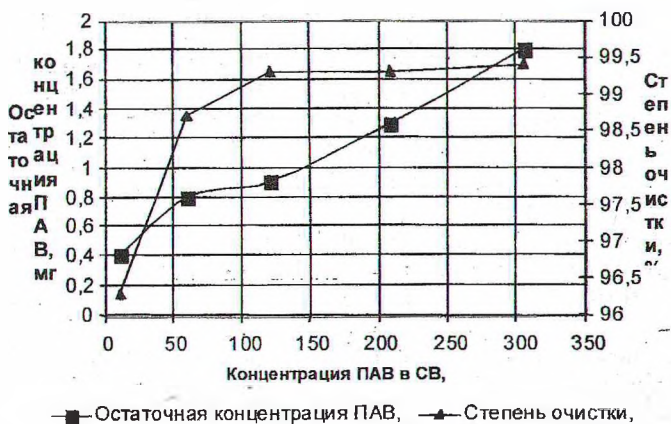


Рисунок 1 – Зависимость остаточной концентрации и степени очистки от концентрации ПАВ в обрабатываемой воде

диссоциировать на исходные компоненты при соблюдении определенных условий /3/. Это дает возможность создавать схемы очистки, позволяющие рекуперировать и повторно использовать дорогостоящие полиэлектролиты, а в некоторых случаях и сами ПАВ.

С целью утилизации полученного в результате очистки СВ осадка, представляющего собой комплекс ПАВ-ПЭ, была исследована возможность использования отделённого от воды комплекса в качестве кондиционирующего агента в процессах обезвоживания осадков.

Испытания проводили на глинистой водной суспензии и избыточном активном иле минской очистной станции аэрации. Осадки обрабатывались как непосредственно отделенным от очищенной воды комплексом ПАВ-ПЭ, так и предварительно диссоциированным на исходные компоненты.

В ходе исследований определяли удельное сопротивление фильтрованию по стандартной методике /4/, скорость фильтрования и остаточную концентрацию ПАВ в фильтрате. Результаты эксперимента приведены в таблице 3.

Полученные данные свидетельствуют о том, что удельное сопротивление фильтрованию во всех случаях обработки значительно уменьшалось, а скорость фильтрования увеличивалась в сравнении с исходными осадками.

Таблица 3

Сводная таблица эксперимента по обезвоживанию осадков сточных вод

Объект исследования	Удельное сопротивление фильтрованию, кг/м <sup>2</sup>	Скорость фильтрования, м/ч	Остаточная концентрация ПАВ в фильтрате, мг/л
Водная глинистая суспензия:			
– необработанная	$2,32 \cdot 10^{11}$	0,29	–
– обработанная комплексом ПАВ-ПЭ	$1,16 \cdot 10^{11}$	0,5	0,4
– обработанная продуктами диссоциации комплекса	$0,74 \cdot 10^{11}$	0,8	9
Избыток ила активный ил:			
– необработанный	$7,05 \cdot 10^{11}$	0,07	–
– обработанный комплексом ПАВ-ПЭ	$4,07 \cdot 10^{11}$	0,1	0,2
– обработанный продуктами диссоциации комплекса ПАВ-ПЭ	$3,36 \cdot 10^{11}$	0,13	1,2

Как и предполагалось, лучшие результаты по обезвоживанию осадков были получены при использовании продуктов диссоциации комплекса. Это объясняется тем, что несвязанный ПАВ полиэлектролит способен в полной мере реализовать свои кондиционирующие свойства. Однако при этом в значительной степени возрастает содержание высвободившихся из комплекса ПАВ в полученном фильтрате. Причем все вышеописанные тенденции справедливы для обоих видов осадков.

Таким образом, результаты выполненных исследований по сравнительному испытанию методов очистки ПАВ-содержащих сточных вод показали, что одним из перспективных является способ обработки, предполагающий получение непосредственно в очищаемой воде нерастворимого комплекса ПАВ-полиэлектролит и последующее его отделение флотацией, фильтрованием или другим способом. Такая обработка обеспечивает стабильно высокие результаты по степени очистки и остаточному содержанию ПАВ в очищенной воде в широком диапазоне их концентраций в сточных водах. Кроме того, данный способ очистки имеет возможности, позволяющие рекуперировать с целью повторного использования



полиэлектролит, а возможно в некоторых случаях и ПАВ. Полученный в результате очистки комплекс ПАВ-ПЭ обладает кондиционирующими свойствами.

#### Литература

1. Исследование новых способов очистки воды от ПАВ и др. дисперсных загрязнителей / Алексеев Е.В., Шинибаев А.Д. // Социально-экономическое развитие областей в условиях самоуправления и самофинансирования. Проблемы и пути их решения: Тезисы докладов Международной научно-практической конференции – Караганда, 1990.

2. Очистка от ПАВ производственных сточных вод / Галин М.И., Филиппов В.Н., Барахнина В.Б., Зиновьев А.П. // Материалы XLIX научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, посвящённая 50-летию Уфимского гос. нефтяного технич. ун-та. Секция экологическая. – Уфа.: Изд. УГНТУ, 1998.

3. Зезин А.Б., Кабанов В.А. Новый класс комплексных водорастворимых полиэлектролитов. // Успехи химии, 1982. Т. 51. вып. 9. с. 1447-1483.

4. Туровский И.С. Обработка осадков сточных вод. – М.: Стройиздат, 1988. – 256 с.