

порционально степени сгущения, но при этом снижается разделяемость системы. Наибольший эффект коагуляции и выделения сывороточных белков наблюдается при сгущении в 4...5 раз. А при отсутствии необходимости осветлять сыворотку можно сепарировать её после сгущения приблизительно в 2 раза, что также менее затратно, чем при сепарировании неконцентрированной сыворотки.

Обезвоживание водно-жировой эмульсии используется в технологии производства топленого масла, когда добавлением воды обеспечивается его промывка. При этом из плазмы в результате коагуляции белков формируется тяжелая дисперсная фаза, образующая осадок в шламовом пространстве барабана, а процесс разделения аналогичен сепарированию сливок и может реализовываться в сепараторе для высокожирных сливок.

Параметры процесса следует подбирать в зависимости от качества сырья, а также, от количества добавляемой промывной воды.

При тепловой пластификации чеддеризованной сырной массы в циркулирующем рассоле (широко используется при выработке сыров типа «сулугуни») вместе с сывороткой из сырной массы в рассол переходит и часть молочного жира, а также частицы белка (сырной массы).

Причем содержание жира в рассоле может достигать значения 5 % [3, с. 171], что предполагает необходимость его регенерации путем извлечения этого жира и белковых частиц сепарированием. Но при этом следует учитывать два фактора, влияющих на эффективность центробежного разделения: негативный – возможность дестабилизации жира в рассоле (отсутствие белковых веществ, формирующих там оболочку жировых шариков) и позитивный – более высокую разность плотностей жира и плазмы за счет наличия соли в растворе. Хотя влияние этих факторов, впрочем, как

и процесса обезжиривания рассола требует серьезных исследований.

Изложенные рекомендации являются основой для реализации и совершенствования процессов центробежного разделения молочного сырья.

Всероссийским научно-исследовательским институтом молочной промышленности разработана технология извлечения  $\beta$ -лактоглобулина из очищенной от жира и казеиновой пыли молочной сыворотки с целью обеспечения её гипоаллергенности. В основу технологии положено осаждение белков хитозаном с последующим разделением полученной суспензии в сепараторе-осветлителе. Сепаратор-осветлитель используется и для регенерации хитозана из белкового осадка после его разведения водой.

Эти процессы центробежного разделения можно отнести как к новым, так и к оригинальным.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Липатов, Н.Н. Сепарирование в молочной промышленности [Текст]/ Н.Н.Липатов. – М.: Пищевая промышленность, 1971. – 400 с.
2. Способ выделения белков из молочной сыворотки [Текст]: пат. 2348167 Рос. Федерация: МПК А 23 J 1/20, А 23 С 21/00 / Чеботарев Е.А., Васи́лин С.В.; заявитель и патентообладатель Северо-Кавказский государственный технический университет. – № 2007140103/13; заявл. 29.10.2007; опубл. 10.03.2009, Бюл. № 7. – 4 с.: ил.
3. Чеботарев, Е.А. Сепарирование молока и молочного сырья: История, теория, практика [Текст]/ Е.А.Чеботарев. – Ставрополь: Изд-во СКФУ, 2012. – 299 с.

## ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД С ПРИМЕНЕНИЕМ ИННОВАЦИОННЫХ МЕТОДОВ

*Шамсутдинова Зухра Разифовна*

*студентка Инженерного института Казанского (Приволжского) федерального университета, г. Казань*

*Хафизов Ильдар Ильсурович*

*доцент, к. т. н., заместитель директора по образовательной деятельности, Инженерный институт К(П)ФУ, г. Казань*

*Каратаев Оскар Робиндарович*

*к. т. н., доцент кафедры машиноведения Казанского национального исследовательского технологического университета, г. Казань*

#### АННОТАЦИЯ:

*В работе обсуждаются новые и инновационные методы очистки сточных производственных вод. Предлагаются технология регенерационной очистки сточных вод, загрязненных нефтепродуктами, сочетанием экстракционных и адсорбционных процессов и электрокоагуляция с применением наночастиц.*

#### ABSTRACT

*In work the new and innovative methods of industrial wastewater treatment are discussed. The technology regeneration wastewater contaminated with oil products, a combination of extraction and adsorption processes and electrocoagulation using nanoparticles are proposed.*

**Ключевые слова:** *сточные воды, очистка, наночистка, инновация*

**Keywords:** *waste water, cleaning, nano cleaning, innovation.*

Очистка сточных вод может осуществляться химически (окисление, восстановление, конденсация, изомеризация, разложение и др.) или физико-химическими методами (перегонка, экстракция, сублимация, ректификация, осмос, ионный обмен, флотация, коагуляция, коалесценция и др.). Многие из существующих в настоящее время методов и способов очистки сточных вод застаревают и перестают соответствовать современным требованиям. Поэтому актуальной проблемой на сегодняшний день является разработка новых и усовершенствованных методов очистки сточных вод.

Нанотехнологии способны помочь дальнейшему поиску и развитию новых технологий в этой сфере. Целью наночистки является создание инновационных наночастиц и нанослоев, свойства которых можно было бы внедрить в традиционные методы очистки воды. Разрабатываются планы систем водоочистки, которая бы совмещала очистку с помощью наночастиц из композитных материалов и УФ излучения, что позволит добиться высокой эффективности и многофункциональности в работе очистных сооружений. Идея заключается в том, чтобы вода не содержала взвешенные вещества и микроорганизмы, а также химических и биологических примесей [2, с. 336].

Одним из новых направлений является технология регенерационной очистки сточных вод, загрязненных нефтепродуктами, сочетанием экстракционных и адсорбционных процессов. Очистка воды от нефтяного загрязнения осложнена тем, что часть нефти находится в воде в виде эмульсий (наноструктуры). В настоящее время воду чистят флотационными или сорбционными методами, которые малоэффективны и дороги. Предложенная нами двухступенчатая технология предусматривает на первом этапе удаление из воды водо-масляных эмульсий экстракцией маслами, оставшееся количество нефти (2-5 мг/л) удаляется из воды на специальных сорбентах, гидрофобизированных древесных опилках. Древесные опилки предварительно активировали, в результате раскрывали межфибрилярные полости, куда по специальной технологии внедряли парафины (С30 и выше). Такие гидрофобизированные сорбенты не набухали в воде и обладали сорбционной емкостью 5-7 г/г. Остаточное содержание нефти после сорбционной очистки - не менее 0,1 мг/л. Рассчитаны параметры установки для осуществления процесса в непрерывном режиме [1, с. 37].

Экстрагенты с нефтью после определенного цикла работы увеличиваются в объеме (до 100 раз) и поэтому выводятся из цикла, и отработанный экстрагент используется как нефть. Отработанные сорбенты отжимаются, нефть возвращается, остаток сжигается как печное топливо. Внедрение настоящей технологии и ее эксплуатация в промышленных масштабах позволит очистить нефтьсодержащие сточные воды с минимальными расходами энергии, реагентов. При этом процесс не сопровождается образованием отходов и побочных продуктов (шламов и т.п.). Выделенная нефть регенерируется. При этом утилизируются нефтешламы и древесные опилки а на рынке сорбентов появляется недорогой

сорбент нефти, который способен также и очистить нефть с поверхности воды и почвы [4, с. 47].

Еще одним направлением в наночистке сточных вод является электрокоагуляция. При электрокоагуляции образующаяся в ходе электролиза коллоидная суспензия соединений железа может обезвреживать воду и в том случае, если получать его отдельно и затем дозировать в обрабатываемый сток. Параметры рабочего раствора регулировать гораздо легче, чем параметры производственного стока. Можно подобрать раствор с такими характеристиками, которые позволяют получать коагулянт из отходов металла, а не из дорогостоящей стали. Сущность такой технологии сводится к тому, что предварительно в отдельном электролизере проводится анодное растворение указанных металлических отходов с получением суспензии электрогенерированного коагулянта, которая затем направляется в реактор, где происходит смешение ее с очищаемым стоком. Готовый раствор называется ферроферригидрозоле (ФФГ).

Ферроферригидрозоле состоит из наночастиц с очень большой поверхностью, которая содержит химически активные группы, действующие как специфические адсорбенты, и содержит соединения железа (II) и железа (III). ФФГ используется для нейтрализации и удаления тяжелых металлов, а также для обезвреживания других сопутствующих загрязнителей, таких как фосфаты, органические соединения, остатки смазочно-охлаждающих жидкостей, красителей и детергентов. Такая возможность достигается благодаря одновременно работающим различным механизмам, а именно: сорбции, коагуляции, восстановления, ферритизации. Метод пригоден для очистки сточных вод с размещением отходов в соответствии с природоохранными законами и внедрён в нескольких восточно- и западноевропейских странах. Результаты подтверждены в сертифицированных лабораториях разных стран [3, с. 35].

Полученный после очистки шлам можно безопасно захранивать на городских свалках или использовать как сырье для производства различных технических продуктов, таких как керамика, пигменты и т.д. Обезвреженная вода может использоваться в технологических процессах. Таким образом, мы имеем безопасную для окружающей среды технологию и сберегающий ресурсы промышленный процесс. Применение ФФГ вместо традиционно применяемых технологий может дать лучшие результаты при удалении из стоков ионов тяжелых металлов  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Cr}^{4+}$ . Результаты, полученные при работе с моделированными стоками, показали, что наиболее эффективное удаление упомянутых металлов происходит при pH 7-9.

Это позволяет уменьшить концентрацию ионов металлов до допустимых норм. Процесс успешно применялся для очистки стоков гальваники и печатных плат. Допустимые нормы  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cr}^{4+}$  и других загрязнителей достигались уже через 10-20 мин. Метод показал себя более эффективным и более быстрым в сравнении с реагентным методом, что видно в таблице 1 [5, с. 53].

Таблица 1. Сравнение обезвреженных сточных вод традиционным реагентным методом и при помощи ФФГ

Основные критерии оценки технологии	Традиционный реагентный метод	Метод очистки ферроферригидрозодем
Достижение ПДК	Достижение мягких норм ПДК	Достижение ПДК в соответствии с требованиями ЕС
Возврат воды в производство	Не возвращается	Возвращается в техническую или оборотную системы
Количество очищенной воды	Дополнительное засоление. Тест с дафниями дает отрицательный результат	Нет дополнительного засоления. Тест с дафниями дает положительный результат
Депонирование осадка	В свалках опасных отходов	В свалках безопасных отходов
Утилизация осадка	Отсутствует	В керамику, пигмент, черепицу
Использование токсичных реагентов	Используются кислота, щёлочь, бисульфит и др.	Используется незначительное количество щёлочи для доведения pH
Необходимость раздельной обработки стоков	Отдельно обрабатываются кислотнo-щелочные и хромсодержащие стоки	Всё в одном потоке
Очистка в присутствии комплексообразователей	Металлы не осаждаются из комплексов до ПДК	Тяжёлые металлы осаждаются до ПДК
Спектр загрязнений	Узкий	Широкий: тяжёлые металлы очищаются в присутствии органических веществ, красителей, детергентов и пр.
Зависимость осаждения от степени кислотности раствора (pH)	Разные металлы осаждаются в разных интервалах pH	Все металлы — в одном диапазоне pH
Необходимость отстойников	Отстаивание в течение 4–24 ч	Отстойники не требуются, что снижает объём строительно-монтажных работ и занимаемых площадей

Преимущества обработки стоков при помощи ФФГ: возможность чистить разные стоки в одном потоке, а очищенную воду использовать в технических целях или подключить к рециркуляции. Обработанная имеет высокое качество, что видно из таблицы 2.

Таблица 2. Обезвреживание сточных вод при помощи ФФГ

Сорт сточных вод	Ионы металлов	Концентрация, мг/л	
		до очистки	после очистки
Гальваника	Zn	23,1	0,005
	Cr	96,0	0,01
	Cu	46,0	0,01
Печатные платы	Zn	0,31	0,002
	Pb	1,56	0,05
	Ni	1,05	0,05
	Fe	113,0	0,005

Появление такого продукта как коагулянт ферроферригидрозоля из наночастиц позволяет улучшить технологию очистки сточных вод и достичь более высокого качества очищаемой воды, пригодной для повторного использования, а также использовать нетоксичные шламы для производства технически полезных материалов.

С наибольшей эффективностью ФФГ может применяться для обезвреживания стоков следующих производств:

- обработка поверхности металлов — гальваническое покрытие, изготовление печатных плат, травление металлов и т.д.;
- красильные процессы при изготовлении хлопковых и шерстяных тканей, синтетических материалов;
- меховое и кожевенное производство, особенно очистка их стоков от красителей, соединений хрома и поверхностно-активных веществ;
- некоторые виды химических производств, в выбросах которых содержатся соли металлов, фосфаты и т.д. Кроме того, эта технология успешно применялась на станциях биологической очистки стоков, а также в процессах водоподготовки как в промышленности, так и в сельском хозяйстве.

Также возможно применение композиции ФФГ для очистки коммунальных стоков или для приготовления питьевой воды.

Для перехода к обезвреживанию отработанных производственных вод суспензией ферроферригидрозоля не обязательно строить новые очистные сооружения. Там, где уже работают традиционные реагентные станции, их оборудование можно адаптировать к новой технологии. Набор оборудования для осуществления технологии очистки сточных с помощью ФФГ наряду с традиционным оборудованием реагентных водоочистных станций имеет специальный генератор для получения коагулянта ФФГ из отходов железа и реакторы для проведения реакции нейтрализации обезвреживания стоков.

Основные преимущества метода очистки сточных вод с использованием ФФГ:

1. ФФГ обеспечивает более глубокую очистку стоков, чем традиционные реагенты.
2. Биологический тест на экотоксичность воды показал, что обработанная ФФГ вода нетоксична.
3. В отличие от обычных реагентов, ФФГ не вызывает дополнительного засоления стоков. Этим облегчается возврат воды в производство. рН очищенной воды составляет около 8,5–9.

4. При использовании ФФГ нет необходимости разделять стоки по характеру загрязнений.
5. ФФГ не является химически агрессивным веществом.
6. Условия гигиены для обслуживающего персонала на водоочистной станции значительно лучше.
7. Присутствие различных лигандов (пирофосфаты, ЕДТА, аммоний и др.) в стоках не препятствует удалению ионов тяжёлых металлов до требуемых норм.
8. Аппаратная реализация технологии позволяет полностью осуществлять традиционный реагентный способ, который в подавляющем большинстве случаев применяется в развитых странах как с помощью ФФГ, так и обычных реагентов (щёлочь, сода, бисульфит натрия и т.д.).
9. Нет необходимости использовать флокулянт для ускорения осаждения, т.к. ФФГ является коагулянт-ом.
10. Получаемый после обработки стоков ФФГ осадок малотоксичен и пригоден к вывозу на обычные свалки. Этот же осадок может служить исходным сырьем для производства стройматериалов, пигментов и глазурей.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Будиловскис Д. Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2004. № 11. С. 36–38.
2. Виноградов С. С. Экологически безопасное гальваническое производство. Глобус. Москва. 2002. С. 336–337.
3. Макаров В. М. Комплексная утилизация осадков сточных вод гальванических производств (гальваншламов). Автореферат докторской диссертации. Тезисы. Иваново. 2001. С. 35.
4. Мухаматдинова А. Р., Сафаров А. М., Магасумова А.Т., Хатмуллина Р.М. Оценка влияния предприятий нефтехимического комплекса на объекты окружающей среды. *Георесурсы*. 2012 Т. 50 № 8, с 46-50.
5. Каратаев О. Р., Новиков В. Ф., Шамсутдинова З. Р. Проблема аналитического контроля и экологической безопасности водоснабжения. *Вестник Казанского национального исследовательского технологического университета* №14, 2013г., с52-54.