

# Особенности КОАГУЛЯЦИОННОЙ ОЧИСТКИ **СТОЧНЫХ ВОД** молочной промышленности с использованием ФИЛЬТРАЦИОННОГО ОСАДКА СВЕКЛОСАХАРНОГО производства

**Экспериментально обосновано применение в качестве сорбента в процессе реагентной очистки сточных вод молокозаводов фильтрационного осадка свеклосахарного производства после его соответствующей подготовки. Проведен анализ факторов, влияющих на эффективность данного метода. Установлена связь между физико-химическими особенностями загрязнений, присутствующих в сточной воде, и процессами, происходящими при реагентной очистке. Проведенные исследования позволяют расширить область утилизации фильтрационного осадка.**

## Введение

**П**ищевая промышленность является одним из самых крупных потребителей пресной воды, а сточные воды (СВ) относятся к числу наиболее загрязненных. СВ предприятий молочной промышленности содержат значительное количество органических загрязнителей (белки, жиры, углеводы). Их состав зависит от профиля и производительности предприятия, особенностей технологического процесса. Эти воды, сброшенные без надлежащей очистки в водоемы, могут привести к массовой гибели гидробионтов, что обусловлено уменьшением количества растворенного кислорода, расходуемого на окисление органических компонентов.

В настоящее время к одной из приоритетных задач в области защиты окружающей среды относится поиск эффективных и экологически безопасных технологий очистки СВ. Перспективным направлением является технология, основанная на использовании сорбентов. Очевидно, что наиболее перспективно их изготавливать из местных бытовых или

промышленных отходов, в результате чего одновременно будут решаться вопросы переработки и утилизации образующихся отходов производства и потребления [1].

Авторами статьи предлагается использовать фильтрационный осадок свеклосахарного производства после соответствующей подготовки в качестве сорбента в процессе очистки СВ молокозаводов.

## Материалы и методы исследования

**С**ахарные заводы Российской Федерации ежегодно перерабатывают 25–26 млн. т сахарной свеклы, и кроме основной продукции – сахара, получают около 24–24,5 млн. т вторичных ресурсов в виде свекловичного жома – 21–22 млн. т, мелассы – 1,1–1,2 млн. т и фильтрационного осадка – 2,5 млн. т, который утилизируется в меньшем объеме, чем остальные виды образующихся вторичных ресурсов. Утилизацию фильтрационного осадка осуществляют, в основном, внесением в почву для нейтрализации и улучшения структуры почв, использованием для производства местных строительных и асфальтобетонных материалов, а также для укрепления грунтов при строительстве автомобильных дорог и т.п.

Фильтрационный осадок образуется при взаимодействии несахаров диффузионного сока с известью и диоксидом углерода в количестве 10...12 % к массе перерабатываемой свеклы и содержит 75...80 %  $\text{CaCO}_3$  и 20...25 % органических и минеральных несахаров, в том числе азотистых и безазотистых органических соединений (белки, пектиновые

**С.Б. Зуева\***,

кандидат технических наук, доцент кафедры «Инженерная экология и техногенная безопасность», ФГБОУ ВПО Воронежский государственный инженерный университет технологий

\* Адрес для корреспонденции: sveta@zz.vrn.ru

вещества, кальциевые соли щавелевой, лимонной, яблочной и других кислот, сапонин, минеральные вещества и др.) [2, 3].

В ходе проведенных исследований и на основании литературных данных определены физико-механические свойства фильтрационного осадка (табл. 1).

Установлено [4], что фильтрационный осадок, обожженный при температуре 580-600 °С в течение 30 мин, можно использовать в качестве сорбента, т.к. в этих условиях содержащиеся в нем органические вещества не сгорают до конечных продуктов, а подвергаются обугливаю. В результате образуется тонкодисперсный порошок черного цвета, состоящий из частиц  $\text{CaCO}_3$ , покрытых углеродными частицами



Обожженный осадок обладает свойствами сорбента и коагулянта одновременно, т.к.  $\text{CaO}$  является сильным электролитом, вызывающим коагуляцию коллоидных систем. Очистку по взвешенным веществам можно объяснить протеканием сорбционно-коагуляционных процессов.

Результаты экспериментов показывают принципиальную возможность использования обожженного фильтрационного осадка для очистки СВ молочной промышленности совместно с традиционными коагулянтами и флокулянтами.

При использовании в качестве коагулянтов солей алюминия и железа в результате реакции гидролиза образуются малорастворимые в воде гидроксиды железа и алюминия, которые сорбируют на развитой хлопьевидной поверхности взвешенные, мелкодисперсные и коллоидные вещества и при благоприятных гидродинамических условиях оседают на дно отстойника, образуя осадок [5, 6].

Эффективность реагентного способа очистки СВ, в частности с использованием коагулянтов, можно повысить, установив более строгий контроль за расходом реагентов, параметрами перемешивания, а также физико-химическими характеристиками загрязняющих веществ (их размера и заряда, характеризуемого  $\zeta$ -потенциалом).

С целью изучения процесса коагуляционной очистки СВ молокозавода был проведен ряд экспериментов по определению  $\zeta$ -потенциала и размера образующихся агломератов в зависимости от дозы и вида реагента. В СВ добавляли 10, 20, 30 мкл/дм<sup>3</sup> 10 % раствора сульфата алюминия и флокулянта «АКВА-АУРАТ™30», 0,05 г/дм<sup>3</sup> сорбента, полученного при обжиге фильтрационного осадка, и проводили перемешивание с помощью про-

**И.Н. Матющенко,**  
старший преподаватель кафедры «Инженерная экология и техногенная безопасность», ФГБОУ ВПО Воронежский государственный университет инженерных технологий

**Е.О. Ноздрин,**  
студент, ФГБОУ ВПО Воронежский государственный университет инженерных технологий

пеллерной мешалки при разной продолжительности и скорости перемешивания. Через 90 мин отстаивания в пробах измеряли содержание взвешенных веществ, жира, хлоридов, размер образующихся хлопьев и величину  $\zeta$ -потенциала.

Результаты измерения  $\zeta$ -потенциала и размера образующихся хлопьев в СВ представлены в табл. 2.

## Результаты и их обсуждение

**К**ак показали результаты эксперимента, добавление в СВ сульфата алюминия способствовало увеличению плотности, интенсивности формирования крупных конгломератов и соответствующему увеличению размеров образующихся частиц. Микроко-

**Таблица 1**

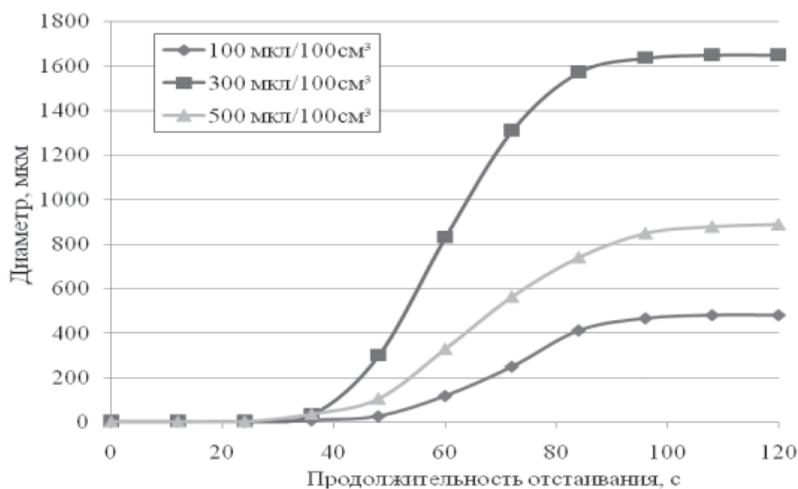
Свойства фильтрационного осадка

Наименование показателя	Величина
Влажность после вакуум-фильтра, %	50..65
Истинная плотность, кг/м <sup>3</sup>	2200..2750
Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	600...1300
Зерновой состав, %, по массе не менее:	
мельче 1,25 мм	100
мельче 0,315 мм	94
мельче 0,071 мм	72
Удельная поверхность частиц, м <sup>2</sup> /кг	750
Угол естественного откоса, °	50..60
Коэффициент внутреннего трения	0,56
внешнего трения	0,53

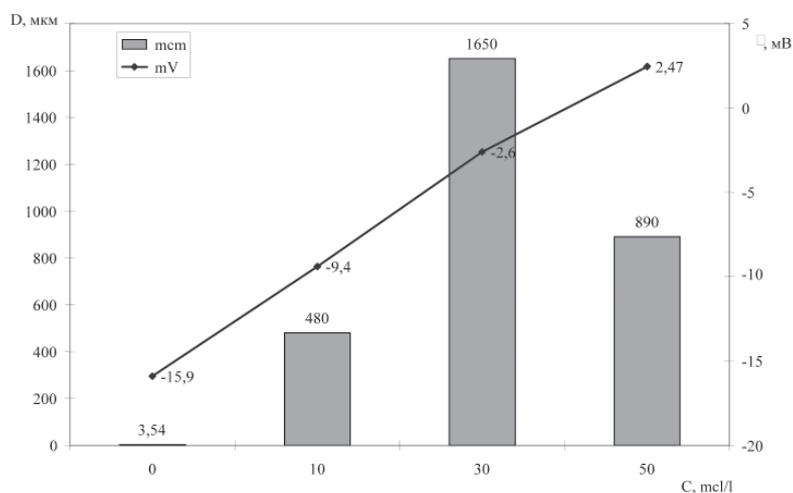
**Таблица 2**

Влияние дозы и вида реагента на процесс коагуляции взвешенных веществ в сточной воде

Реагент	$\zeta$ -потенциала, мВ	Размер хлопьев, мкм
Исходная сточная вода	-15,9	3,54
Сточная вода + $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	100 мкл/100 см <sup>3</sup>	-9,4
	300 мкл/100 см <sup>3</sup>	-2,6
	500 мкл/100 см <sup>3</sup>	2,47
Сточная вода + «АКВА-АУРАТ™30»	50 мкл/100 см <sup>3</sup>	-8
	100 мкл/100 см <sup>3</sup>	-5,24
	400 мкл/100 см <sup>3</sup>	10,2
Сорбент	0,5 г/100 см <sup>3</sup>	-17,7
Сточная вода + $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ + сорбент	100 мкл/100 см <sup>3</sup>	-8,45
Сточная вода + «АКВА-АУРАТ™30» + сорбент	100 мкл/100 см <sup>3</sup>	-2,27



**Рис. 1.** Кинетика коагуляции частиц дисперсной фазы сточной воды молокозавода в зависимости от дозы сульфата алюминия.



**Рис. 2.** Влияние дозы сульфата алюминия на ζ-потенциал и размер образующихся хлопьев.

пирование проб СВ показало, что при введении в СВ молочного завода коагулянта в дозе 100 мкл/100 см<sup>3</sup> средний диаметр образовавшихся хлопьев составил 480 мкм, тогда как введение 300 мкл/см<sup>3</sup> коагулянта способствовало увеличению частиц до 1650 мкм. Последующее увеличение дозы коагулянта, продолжительности и интенсивности перемешивания приводило к разрыхлению конгломератов и фрагментированию с последующим образованием более мелких частиц (890 мкм). Максимальная скорость седиментации наблюдалась при введении 300 мкл/см<sup>3</sup> сульфата алюминия. Кинетика роста хлопьев представлена на рис. 1.

Результаты измерения величины ζ-потенциала образующихся в результате коагуляции хлопьев представлены на рис. 2. При величине ζ-потенциала, близкой к нулю, коагуляция проходит с максимальной интенсивностью (размер образующихся хлопьев максимален), состояние коллоидной сис-

темы в этом случае близко к изоэлектрическому.

Для повышения эффективности очистки СВ от растворенных примесей и увеличения скорости осаждения проведены эксперименты по изучению совместного использования сульфата алюминия и сорбента, полученного из отхода сахарной промышленности.

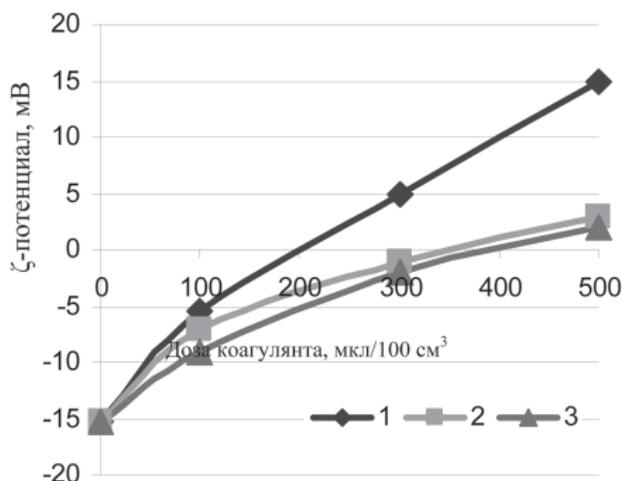
Результаты исследований показали, что средний диаметр частиц полученного сорбента составил 505 нм, а величина ζ-потенциала его поверхности в дистиллированной воде – 17,7 мВ. При совместном добавлении фильтрационного осадка и коагулянта (дозой 100 мкл/100 см<sup>3</sup>) ζ-потенциал СВ изменяется до -8,45 мВ (рис. 3, 4).

## Заключение

**Р**езультаты проведенных исследований позволяют сделать следующие выводы.

При введении коагулянта максимальный эффект очистки СВ по таким показателям, как содержание взвешенных веществ, жиров, хлоридов соответствует изоэлектрической точке, при которой ζ-потенциал образующихся хлопьев близок к нулю.

Совместное использование сорбента и сульфата алюминия (предварительное введение в СВ сорбента, а затем сульфата алюминия) позволяет повысить величину ζ-потенциала и эффект очистки практически в два раза. Частицы сорбента играют роль дополнительных центров конденсации продуктов гидролиза, что способствует ускорению коагуляции, утяжеляются хлопья коагулированной взвеси, увеличивается их гидравлическая



**Рис. 3.** Влияние добавления фильтрационного осадка на величину ζ-потенциала: 1 – сточная вода + 10 %-й Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>; 2 – сточная вода + фильтрационный осадок (0,05 г/дм<sup>3</sup>) + 10 %-й Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>; 3 – сточная вода + фильтрационный осадок (0,05 г/дм<sup>3</sup>) + 10 %-й «АКВА-АУРАТ™30».

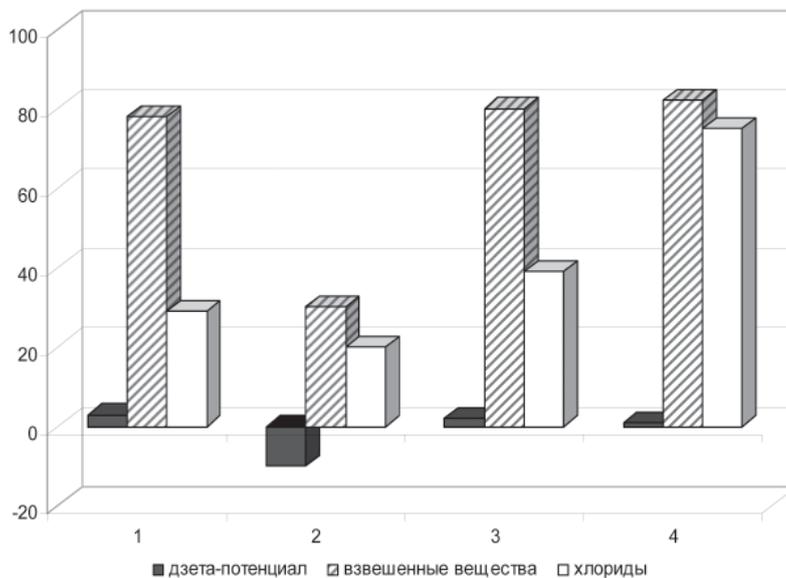
крупность. С другой стороны, из СВ сорбируются растворенные примеси, повышается степень очистки и облегчаются условия коагуляции.

Как показали результаты экспериментов, при совместном использовании предлагаемого сорбента и флокулянта скорость осаждения увеличивается в 8-10 раз за счет утяжеления хлопьев. Образуется более плотный осадок, объем которого в 1,5–2 раза меньше, чем объем осадка, образующегося при осаждении хлопьев при добавлении только флокулянта.

Таким образом, проведенные исследования иллюстрируют процесс коагуляции частиц дисперсной фазы и позволяют расширить область утилизации фильтрационного осадка свеклосахарного производства.

### Литература

1. Завьялов В.С. Сорбционная емкость материалов по отношению к нефтепродуктам // Экология и промышленность России. 2006. № 8. С. 7-9.
2. Савостина О.А. Отходы сахарного производства / О.А. Савостина, Е.Б. Крицкая // Успехи современного естествознания. 2008. № 7. С. 137-139
3. Кирейчева Л.В. Отходы сахарного производства и их использование в сельском хозяйстве / Л.В. Кирейчева, А.А. Славянский, Л.Н. Пузанова // Сахар. 2009. № 10. С. 48-49.
4. Свергузова Ж.А. Использование дефеката при очистке сточных вод молокоперерабатывающих заводов и автозаправочных станций / Ж.А. Свергузова, А.М. Благодырева // Экология и промышленность России. 2008. № 6. С. 10-13.



**Рис. 4.** Влияние способа введения коагулянта и сорбента на величину  $\zeta$ -потенциала и эффект очистки сточной воды: 1 – сточная вода + 30 мкл 10 %-ого  $Al_2(SO_4)_3$ ; 2 – сточная вода + сорбент ( $0,05 \text{ г/дм}^3$ ); 3 – суспензия (сорбент ( $0,05 \text{ г/дм}^3$ ) + 30 мкл 10 %-ого  $Al_2(SO_4)_3$ ) + сточная вода; 4 – сточная вода + сорбент ( $0,05 \text{ г/дм}^3$ ) + 30 мкл 10 %-ого  $Al_2(SO_4)_3$

### Ключевые слова:

молочная промышленность, сточные воды, методы очистки сточных вод, фильтрационный осадок свеклосахарного производства

5. Кульский Л.А. Физико-химические основы очистки воды коагуляцией / Л.А. Кульский, А.М. Когановский, И.Т. Гороновский, М.А. Шевченко. Киев: Издательство АН УССР, 1950. 108 с.
6. Дикаревский В.С. Отведение и очистка производственных сточных вод / В.С. Дикаревский, А.М. Курганов, А.П. Нечаев, М.И. Алексеев. М.: Стройиздат, 2006. 224 с.

S.V. Zueva, I.N. Matyushchenko, E.O. Nozdrina

## COAGULATION WASTEWATER TREATMENT OF DAIRY INDUSTRY USING FILTER SEDIMENTS OF SUGAR BEET PRODUCTION

Filter sediments of sugar beet production after special treatment were used as sorbents in reagent treatment of dairy industry. The factor influence on the process has been carried out. The dependence between

physical-chemical characteristics of contaminants present in waste water and the processes occurring in the reagent purification has been found. The studies can extend the area where filter sediments might be implemented.

**Key words:** dairy industry, waste water, waste water treatment methods, filter sediments of sugar beet production