

УДК 628.543.334

DOI: 10.35211/1990-5297-2024-12-295-66-72

*Ю. В. Шулевич, С. С. Дрябина, Е. Г. Духанина
Д. С. Быков, Ж. Н. Малышева, И. А. Новаков*

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛИМЕР-КОЛЛОИДНЫХ КОМПОЗИЦИЙ
НА ОСНОВЕ ХИТОЗАНА ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД
ОТ ВЕЩЕСТВ БЕЛОК-ЛИПИДНОЙ ПРИРОДЫ***

Волгоградский государственный технический университет

E-mail: shulevich@vstu.ru

В работе исследовано применение полимер-коллоидных композиций на основе хитозана с додецилсульфатом натрия в процессах очистки белок- и жиросодержащих сточных вод. Методом спектрофотометрии были определены высокие степени осветления (93–99 %) модельных сточных вод, как с высоким содержанием белка, так и с высоким содержанием жира. Методами количественного химического анализа проведено определение параметра ХПК и содержания жира в сточных водах и показано, что уже в концентрационном интервале от 1 до 50 мг/л для композиции хитозан-ПАВ рабочего состава достигаются допустимые нормируемые значения – жиры полностью удаляются, а содержание органических примесей уменьшается в 2–4 раза по сравнению с исходной модельной сточной водой.

Ключевые слова: хитозан, поверхностно-активные вещества, додецилсульфат натрия, полимер-коллоидный комплекс, сточные воды пищевых производств, флокуляция

Введение

Проблема очистки сточных вод пищевых производств в настоящее время приобрела особо острое значение. Предприятия пищевой отрасли потребляют значительное количество свежей воды. Отношение количества сброшенных сточных вод к потреблению воды, составляет 80–90 %. Даже для предприятий, оборудованных системами оборотного водоснабжения, количество потребляемой свежей воды в несколько раз превышает объем перерабатываемого сырья. Высокий уровень водопотребления обуславливает и большой объем сточных вод, которые представляют собой сложную дисперсную систему, содержащую эмульгированные белки, углеводы, липиды, минеральные соли, а также взвешенные вещества, имеющие органическое и неорганическое происхождение. Проблема обостряется еще и тем, что большинство предприятий пищевой и перерабатывающей промышленности расположено на территории городов и населенных пунктов, поэтому их загрязненные сточные воды попадают в городскую канализацию. Разработка эффективной технологии очистки с целью снижения отрицательного воздействия на экосистему и обеспечение требуемых показателей очистки является актуальной задачей [1–3].

Очистка сточных вод такой природы представляет собой трудоемкую задачу и заключа-

ется в подборе условий и способов разрушения устойчивости этих систем [4–8].

Применяемые технологии очистки белок- и жиросодержащих производственных стоков отличаются разнообразием. Это зависит, в основном, от состава стоков. Основным способом очистки воды, как от белковых, так и от жировых загрязнений на некоторых предприятиях остается метод напорной флотации с предварительной коагуляцией белка неорганическими полиэлектrolитами. Однако в этом случае требуется большой расход реагентов, что вызывает повторное загрязнение и отрицательно сказывается на качестве извлеченной жиро-белковой массы и увеличивает себестоимость процесса. Более современный и эффективный метод заключается в применении высокомолекулярных заряженных флокулянтов на стадии физико-химической очистки, позволяющих при низких концентрациях добиться полного извлечения загрязняющих веществ [9–11].

Эффективным подходом к очистке жиросодержащих сточных вод также является применение смесевых полиэлектrolитных композиций: бинарных композиций одноименно заряженных полиэлектrolитов [12–14] и комплексов полиэлектrolитов с противоположно заряженными поверхностно-активными веществами (ПК) [15].

Кроме того, с целью повышения экологичности технологических процессов очистки осо-

© Шулевич Ю. В., Дрябина С. С., Духанина Е. Г., Быков Д. С., Малышева Ж. Н., Новаков, И. А., 2024.

* Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Администрации Волгоградской области (соглашение № 3 от 14.12.2022).

бо следует подходить к выбору флокулянтов. В этом случае особенно перспективным представляется включение в состав флокулирующей композиции хитозана, производного природного полисахарида. Уникальные свойства хитозана, биоразлагаемость и высокая сорбционная способность, позволяют его применять в качестве осветлителя и флокулянта [16].

Целью настоящего исследования явилось изучение закономерностей разделения дисперсий, содержащих эмульгированные органические соединения (жиры, белки), полимер-коллоидными композициями на основе хитозана и противоположно заряженного ПАВ.

Экспериментальная часть

В качестве объектов исследования использовали образец хитозана марки CsLMW («Sigma-Aldrich»). Предварительно хитозан был тщательно очищен (от непрореагировавшего хитина и примесей различной природы). Для этого хитозан растворяли в 1 %-ной уксусной кислоте, фильтровали, диализовали через полупроницаемые мембраны MWCO 10000–15000 против уксусной кислоты (1 %), затем высаживали в раствор щелочи (0,3 Н), отмывали дистиллированной водой до нейтральной реакции и лиофильно сушили. Высушенные образцы хитозана хранили в эксикаторе над P_2O_5 .

Исследуемый образец хитозана характеризуется параметрами, определенными ранее в работе [17]: степень деацетилирования равна 74 %, средневязкостная молекулярная масса составляет $165 \cdot 10^3$. ПАВ – додецилсульфат натрия («Sigma-Aldrich») (ДДС) – использовали без дополнительной очистки.

Для приготовления полимер-коллоидных композиций раствор хитозана готовили в ацетатном буфере (рН=4,8) за сутки.

Для изучения флокулирующей способности были использованы модельные сточные воды. Поскольку к основным примесям сточных вод пищевых производств можно отнести белки и жиры, для моделирования были использованы высокобелковый йогурт (содержание белка – 9 г, жира – 2,1 г на 100 г продукта) и печень трески с высоким содержанием жирных кислот (67 %) и низким содержанием белка (2,4 %). Модельные сточные воды готовили путем диспергирования различных количеств соответствующего продукта в дистиллированной воде. После диспергирования в полученных образцах модельных сточных вод определяли содержание жира и показатель ХПК. Для проведения

процесса флокуляции в пробу сточной воды вводили раствор хитозана в количестве, обеспечивающим необходимую концентрацию хитозана, после чего пробу сточной воды перемешивали в течение 15 минут и вводили медленно по каплям раствор ПАВ, в количестве, обеспечивающим не только формирование стехиометрического комплекса, но и минимальную мутность воды. Как правило, количество ПАВ превышало требуемое для стехиометрии на 10–20 %. После формирования в пробе сточной воды стехиометричного полимер-коллоидного комплекса (ПК), пробу отстаивали в течение 30 минут и затем определяли эффективность осветления, содержание жиров и ХПК.

Эффективность осветления (F) модельных сточных вод белок-липидной природы оценивали методом турбидиметрии и рассчитывали следующим образом:

$$F (\%) = (A - A_{ПК}) / A_{ПК},$$

где A – оптическая плотность надосадочной жидкости для исходной модельной воды (через 30 мин отстаивания), $A_{ПК}$ – оптическая плотность надосадочной жидкости модельной воды в присутствии полимер-коллоидной композиции (через 30 мин отстаивания после ее добавления в воду и равномерного перемешивания).

Содержание жиров и ХПК определяли по стандартным методикам [18; 19].

Обсуждение результатов

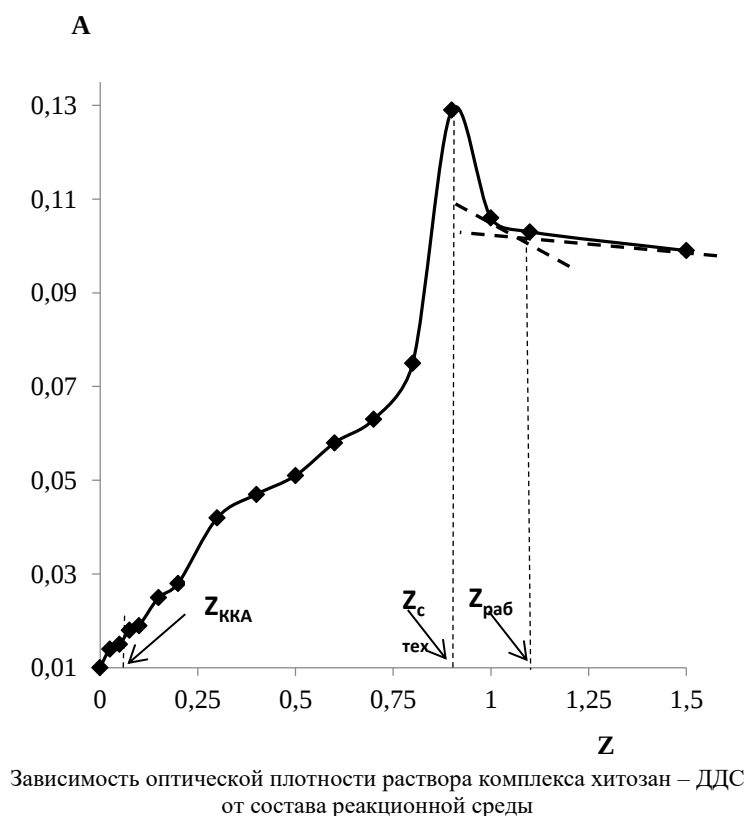
Полимер-коллоидные комплексы полиэлектролит – ПАВ (ПК) являются перспективными реагентами для очистки воды, содержащей эмульгированные органические вещества. Сочетая свойства катионных флокулянтов и солюбилизующую способность ПАВ, комплексы подобного типа способствуют более быстрому и полному разделению дисперсий. При этом несомненным преимуществом комплексов, как реагентов для очистки воды, является тот факт, что формируемый в сточной воде стехиометричный комплекс полиэлектролит – ПАВ, является нерастворимым в воде, и, следовательно, он не может являться стабилизатором дисперсной системы, кроме того, его можно легко выделить из нее.

ПК самопроизвольно образуются при смешении водных растворов компонентов за счет электростатического взаимодействия противоположно заряженных групп полиэлектролита и ПАВ, а также гидрофобных взаимодействий алифатических фрагментов ионов ПАВ, приво-

дящих к их сегрегации и формированию мицеллярной фазы в частицах комплексов. Связывание ионов ПАВ с полиэлектролитом носит кооперативный характер, то есть, начиная с некоторой критической концентрации агрегации ПАВ в растворе (ККА), практически весь ПАВ, добавляемый в систему, связывается с макромолекулами полиэлектролита. В результате, в зависимости от соотношения компонентов в системе вплоть до предельного состава реакционной среды $Z_{\text{пред}}$ (под составом реакционной среды, как правило, понимают отношение мольных концентраций ПАВ и полиэлектролита в системе) образуются растворимые комплексы. При этом растворимость частиц комплекса в растворе обеспечивают свободные, не связанные с ионами ПАВ, участки макромолекулы. При увеличении содержания ПАВ в частице комплекса выше некоторого критического значения, так называемого предельного состава растворимых комплексов, лиофилизующая способность свободных участков полимерных цепей оказывает-

ся недостаточной, и в системе наблюдается фазовое разделение, в результате которого в осадок выделяется нерастворимый в водных средах, как правило, стехиометричный комплекс ($Z_{\text{стех}} = 1$), а в растворе остается комплекс предельного состава. При $Z = 1$ весь полимер оказывается связанным в нерастворимый комплекс [10]. Таким образом, область существования растворимых комплексов определяется гидрофильно-гидрофобным балансом частиц ПК, который, в свою очередь, зависит как от гидрофобности компонентов комплекса, например, длины алифатического фрагмента ПАВ, так и от лиофилизующей способности макромолекулы. Лиофилизующая способность полиэлектролита определяется эффективным зарядом полимерной цепи, а также наличием полярных и неполярных групп в составе макромолекулы, которые могут давать как положительный, так и отрицательный вклад в лиофилизующую способность [21].

Общий характер взаимодействия хитозана и додецилсульфата натрия показан на рисунке.



Анализируя представленную кривую турбидиметрического титрования, можно отметить следующее: для системы хитозан – ДДС характерен резкий рост оптической плотности раствора, начиная с первых добавленных порций ПАВ. На рисунке для наглядности отмечен

состав реакционной среды, соответствующий теоретическим значениям ККА, поскольку известно, что для большинства синтетических катионных полиэлектролитов ККА составляет $5 \cdot 10^{-5}$ моль/л [20]. Нарастание оптической плотности раствора сразу с момента формирования

в реакционной среде ПК показывает, что лиофилизующей способности макромолекул хитозана оказывается недостаточно для формирования водорастворимых комплексов. Начиная с состава реакционной среды соответствующего ККА, и вплоть до стехиометричного состава, в реакционной среде формируется нерастворимый стехиометричный комплекс, который сосуществует с макромолекулами «свободного» хитозана, еще не прореагировавшего с ПАВ. Выявленный характер взаимодействия хитозана с ДДС показывает, что нет необходимости добавлять ПАВ в очищаемую воду дробно, в два этапа, как это было сделано для ранее изученной системы политриметилметакрилоилоксиэтиламмоний метилсульфат – ДДС [10; 11]. Более того, добавление всего ПАВ сразу представляется технологически более выгодным, так как сокращает продолжительность этапа очистки.

Поскольку в процессе очистки любых сточных вод, в том числе и жиросодержащих, необходимо достижение минимальной мутности (оптической плотности), то «рабочий» состав реакционной среды ($Z_{\text{раб}}$), который превышает значение стехиометричного состава и обеспечивает минимальную оптическую плотность сточной воды после обработки реагентами, во всех исследованиях составил 1,1–1,2.

Очистка сточных вод с высоким содержанием белка

Состав сточных пищевых производств и, в первую очередь, соотношение жира и белка в них, оказывает значительное влияние на эффективность процесса очистки. Белки представляют собой полимеры, макромолекулы которых имеют сложную структуру, вследствие водородных и гидрофобных взаимодействий. В результате этих взаимодействий доступность заряженных групп в макромолекулах белков для взаимодействия с флокулянтами оказывается низкой. Поэтому сточные воды с высоким содержанием белка являются очень стабильными. Возможность взаимодействия макромолекул белка с флокулянтами зависит от наличия жира в сточной воде, так как белки сорбируются на молекулах жира. Адсорбция белка сопровождается разворачиванием пептидных цепей белка с высвобождением дополнительных функциональных групп.

В результате проведенных исследований по очистке сточных вод с высоким содержанием белка (соотношение белок/жир составляет 4,3) была изучена эффективность очистки в присутствии полимер-коллоидной композиции на основе хитозана и ДДС в широком концентрационном интервале (от 1 до 100 мг/л). В табл. 1 представлены результаты исследований.

Таблица 1

Очистка модельной сточной воды с высоким содержанием белка

Показатели образцов исходной воды		Концентрация полимер-коллоидной композиции ХТЗ – ДДС, мг/л	Эффективность осветления, F, %	Показатели очищенной воды*	
Содержание жира, мг/л	ХПК, мг/л			Содержание жира, мг/л	ХПК, мг/л
105	5978	1	74	35	4900-5700
		5	93	20	
		10	93	20	
		25	97	60	
		50	89	20	
		100	90	40	
145	11334	1	99	15	3200-3400
		5	97	20	
		10	98	20	
		25	93	15	
		50	98	15	
		100	97	15	

*Примечание – Норма допустимых значений показателей в сточной воде по ХПК составляет 500 мг/л, по жиру – 50 мг/л. (Постановление правительства РФ № 644 от 29.07.2013, ред. от 28.11.2023).

Для сравнения были изучены два образца сточной воды с различным содержанием жира

(105 и 145 мг/л). Как видно из табл. 1, эффективность осветления достаточно высока для

всех изученных концентраций, причем максимальная очистка для воды с содержанием жира 105 мг/л, наблюдается в интервале 25–50 мг/л и составляет 90–97 %. Для сточной воды с более высоким содержанием жира (145 мг/л) флокулирующее действие композиции более выражено. Максимальный эффект осветления в 99 % достигается уже при концентрации 1 мг/л. Для этих концентраций были определены количественные показатели содержания жира и органических примесей. Необходимо отметить, что применение указанной полимер-коллоидной композиции позволяет резко сократить количество жиров (до нормируемых показателей, ниже 50 мг/л). Извлечение же органических примесей более эффективно происходит в воде с большим содержанием жира (при этом показатель ХПК уменьшается примерно в 3 раза).

Очистка сточных вод с высоким содержанием жира

Для очистки сточных вод с высоким и преимущественным содержанием жира выбрана модельная вода, приготовленная на основе печени трески, соотношение белок/жир составляет 0,04. Следует отметить одинаково высокую эффективность осветления (выше 99 %) при концентрации полимер-коллоидной композиции от 1 мг/л до 50 мг/л (табл. 2). При этом очистка воды от жира и органических примесей также максимальна. Извлечение жира в модельной воде с применением композиции хитозана с противоположено заряженным додецилсульфатом натрия происходит полностью. Кроме того, необходимо отметить более эффективную очистку от органических примесей, показатель ХПК снижается более, чем в 4 раза, по сравнению с показателями по модельной воде с высоким содержанием белка.

Таблица 2

Очистка модельной сточной воды с высоким содержанием жира

Показатели исходной воды		Концентрация полимер-коллоидной композиции ХТЗ – ДДС, мг/л	Эффективность осветления, F, %	Показатели очищенной воды	
Содержание жира, мг/л	ХПК, мг/л			Содержание жира, мг/л	ХПК, мг/л
845	1300	1	99,5	0	330
		5	99,7		322
		10	99,4		317
		25	93,8		310
		50	99,4		308

Необходимо отметить, что в сравнении с ранее проведенными исследованиями флокулирующей способности хитозана в условиях жиросодержащих сточных вод, комплекс ХТЗ-ДДС оказывается более эффективным. Так, применение флокулирующей композиции, полученной смешением хитозана и полиэлектролита синтетической природы [14] позволяло достичь нормируемых показателей лишь при небольшом содержании хитозана в смеси (до 20 %), увеличение доли хитозана в смеси приводило к резкому снижению эффективности очистки.

Таким образом, результаты исследований показывают, что применение полимер-коллоидных композиций на основе хитозана с противоположно заряженным поверхностно-активным веществом – додецилсульфатом натрия – обладают высокой эффективностью при очистке модельных сточных вод, содержащих вещества белок-липидной природы. Их применение позволяет снизить содержание жиров в сточной воде и уменьшить содержание органических

веществ до нормируемых показателей. При этом, используя композицию на основе хитозана, необходимо учитывать соотношение белок/жир в сточной воде. При увеличении доли жировой составляющей дисперсной фазы происходит уменьшение оптимальной дозы композиции, что объясняется меньшей химической активностью жировой составляющей по сравнению с белковой.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тимофеева, С. С. Современные методы очистки сточных вод на предприятиях пищевой промышленности / С. С. Тимофеева // Химия и технология воды. – 1993. – Т. 15, № 7–8. – С. 571–577.
2. Буракаева, А. Д. Бактерии *Stenotrophomonas* – перспективные агенты для очистки жиросодержащих сточных вод / А. Д. Буракаева, Г. В. Петрова, А. Г. Гончаров // Экология и промышленность России. – 2023. – Т. 27, № 7. – С. 43–47.
3. Ксенофонтов, Б. С. Интенсификация очистки жиросодержащих сточных вод / А. Д. Полякова, Б. С. Ксенофонтов // Безопасность жизнедеятельности. – Сантехника. – 2019. – № 5. – С. 30–33.

4. Пат. 2110484 РФ. МПК C02F 1/00. Способ очистки сточных вод / Р. А. Стрёмовский. Заявка №94020647/25; Заявл. 02.06.1994; Опубл. 10.05.1998.
5. Пат. 2323166 РФ. МПК C02F 9/04. Способ очистки жирно- и белоксодержащих сточных вод/ ООО «НИЖНИ-ИМЕСТПРОМ». Заявка № 2006143071/15; Заявл. 05.12.2006; Опубл. 27.04.2008.
6. Пат. № 2414435 РФ. МПК C02F9/08, C02F1/56, C02F103/32. Способ очистки сточных вод молочной промышленности / ЗАО «Средняя Волга». Заявка № 2009135545/05; заявл. 23.09.2009; опубл. 20.03.2011.
7. Пат. 2042642 РФ. МПК: C02F1/52. Способ очистки сточных вод меховой и мясомолочной промышленности/ Научно-внедренческая фирма «Торос-Лтд». Заявка № 93025943/26; заявл. 30.04.1993; опубл. 27.08.1995.
8. Пат. 2531931 РФ. МПК C02F1/52, C02F3/02, C02F1/36. Способ физико-химической очистки сточных вод/ ФГОУВПО «МГТУ». Заявка № 2013126761/05; заявл. 05.06.2013; опубл. 27.10.2014.
9. Specifics of kaolin dispersion flocculation due to a polyelectrolyte complex formation on particle surface / С. С. Дрябина, М. С. Руденко, Ю. В. Шулевич, А. В. Навроцкий, И. А. Новаков // *Colloid and Polymer Science*. – 2020. – Vol. 298, Issue 6. – P. 519–533.
10. Очистка жиросодержащих сточных вод комплексом на основе поли-N,N,N-триметил[метакрилоилокси-этил]аммоний метилсульфата и додецилсульфата натрия / Ю. В. Шулевич, Нгуен Хыу Тхуи, А. В. Навроцкий, И. А. Новаков // *Журнал прикладной химии*. – 2009. – Т. 82, вып. 9. – С. 1484–1487.
11. Purification of fat-containing wastewater using polyelectrolyte-surfactant complexes / Ю. В. Шулевич, НгуенХыуТхуи, Д. С. Тутаяев, А. В. Навроцкий, И. А. Новаков // *Separation and Purification Technology*. – 2013. – Vol. 113 (24 July 2013). – С. 18–23.
12. Дестабилизация водных дисперсий катионными полиэлектролитами: монография / С. С. Дрябина, Ж. Н. Малышева, А. В. Навроцкий, И. А. Новаков; ВолгГТУ. – Волгоград, 2020. – 168 с.
13. The flocculation of kaolin aqueous dispersion by two cationic polyelectrolytes / С. С. Дрябина, К. М. Фотина, А. В. Навроцкий, И. А. Новаков // *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. – 2017. – Vol. 515. – С. Р. 12–21.
14. Treatment of Fat-Containing Wastewater Using Binary Flocculant Mixtures Based on Chitosan and Quaternary Salt of Poly(2-dimethylamino)ethyl Methacrylate / Dryabina, S. S., Fotina, K. M., Shulevich, Y. V., Navrotskii, A. V., Novakov, I. A. // *Journal of Polymers and the Environment*. – 2019. – V. 27, № 7. – P. 1595–1601.
15. Пат. 2324659 РФ, МПК C 02 F 1/56, C 02 F 103/32. Способ очистки технологических вод / И. А. Новаков, Ю. В. Шулевич, О. Ю. Ковалева, А. В. Навроцкий, В. А. Навроцкий; ВолгГТУ; Заявл. 09.01.2007; Опубл. 20.05.2008.
16. Adsorption and flocculation of bentonite by chitosan with varying degree of deacetylation and molecular weight / J. Li, X. Song, J. Pan, L. Zhong, S. Jiao, Q. Ma// *Int. J. Biol. Macromol.* – 2013. – V. 6. – P. 4–12.
17. Изучение гидродинамических свойств хитозана в бинарных растворах уксусная кислота-вода / Е. Г. Духанина, С. С. Дрябина, Д. С. Быков, Т. П. Богданова, Ю. В. Шулевич, И. А. Новаков // *Известия ВолгГТУ : научный журнал* № 12 (283) / ВолгГТУ. – Волгоград, 2023. – (Серия «Химия и технология элементоорганических мономеров и полимерных материалов»). – С. 106–112.
18. ПНД Ф 14.1:2.122-97 Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации жиров в пробах природных и очищенных сточных вод гравиметрическим методом – М., 1997. – 7 с.
19. ПНД Ф 14.1:2.100-97 Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений химического потребления кислорода в пробах природных и очищенных сточных вод титриметрическим методом. – М., 1997. – 23 с.
20. *Goddard, E. D. Ananthapadmanabhan K. P. Interactions of Surfactants with Polymers and Proteins*. – New York: CRC Press, 1993. – 427 p.
21. Влияние лиофилизирующей способности полимерной цепи на закономерности образования комплексов полиэлектролит – поверхность – активное вещество / Ю. В. Шулевич, О. Ю. Ковалева, А. В. Навроцкий, В. Г. Скребнева, И. А. Новаков // *Журнал прикладной химии*. – 2008. – Т. 81, вып. 1. – С. 112–117.

REFERENCES

1. *Timofeeva, S. S. Modern methods of sewage treatment at the enterprises of meat industry / S. S. Timofeeva // Khimiya i tekhnologiya vody*. – 1993. – Т. 15. – № 7–8. – С. 571–577.
2. *Bakterii stenotrophomonas – perspektivny'e agenty` dlya ochistki zhirosoderzhashchih stochny`kh vod / A. D. Burakaeva, G.V. Petrova, A.G. Goncharov // E'kologiya i promy`shlennost' Rossii, 2023. T. 27. # 7. S. 43–47.*
3. *Ksenofontov, B. S. Intensifikaciya ochistki zhirosoderzhashchih stochnyh vod / A. D. Polyakova, B. S. Ksenofontov // Bezopasost' zhiznedeyatel'nosti.- Santechnika.- 2019 .- № 5. - S. 30 – 33.*
4. Пат. 2110484 RF. МПК C02F 1/00. Sposob ochistki stochnyh vod/ R.A. Stremovskij. Zayavka №94020647/25; Zayavl. 02.06.1994; Opubl. 10.05.1998.
5. Пат. 2323166 RF. МПК S02F 9/04. Sposob ochistki zhiro- i beloksoderzhashchih stochnyh vod/ ООО «NIZHNIIMESTPROM». Zayavka № 2006143071/15; Zayavl. 05.12.2006; Opubl. 27.04.2008.
6. Пат. № 2414435 RF. МПК C02F9/08, C02F1/56, C02F103/32. Sposob ochistki stochnyh vod molochnoj promyshlennosti/ ЗАО «Srednyaya Volga». Zayavka №2009135545/05; zayavl. 23.09.2009; opubl. 20.03.2011.
7. Пат. 2042642 RF. МПК: C02F1/52. Sposob ochistki stochnyh vod mekhovoy i myasomolochnoj promyshlennosti/ Nauchno-vnedrencheskaya firma «Toros-Ltd». Zayavka №93025943/26; zayavl. 30.04.1993; opubl. 27.08.1995.
8. Пат. 2531931 RF. МПК S02F1/52, C02F3/02, C02F1/36. Sposob fiziko-himicheskoy ochistki stochnyh vod/ FGOUVPO «MGTU». Zayavka №2013126761/05; zayavl. 05.06.2013; opubl. 27.10.2014.
9. Specifics of kaolin dispersion flocculation due to a polyelectrolyte complex formation on particle surface / S.S. Dryabina, M.S. Rudenko, Yu.V. Shulevich, A.V. Navrotskii, I.A. Novakov // *Colloid and Polymer Science*. - 2020. - Vol. 298, Issue 6. – P. 519-533.
10. Purification of fat-containing wastewater with a complex based on poly-n,n,n,n- tri methyl[methacryloyloxyethyl]ammonium methyl sulfate and sodium dodecyl sulfate/ Shulevich Y.V., Nguen T.K., Navrotskii A.V., Novakov I.A.// *Russian Journal of Applied Chemistry*.- 2009. Vol. 82. № 9. P. 1582-1586.
11. Purification of fat-containing wastewater using polyelectrolyte-surfactant complexes / Yu.V. Shulevich, Nguen-KhyuTkhui, D.S. Tutaev, A.V. Navrocckij, I.A. Novakov // *Separation and Purification Technology*. - 2013. - Vol. 113 (24 July 2013). - P. 18-23.
12. Destabilizaczia wodny`kh dispersij kationny`mi polie'lektrolitami: monografiya / S.S. Dryabina, Zh.N. Maly`sheva, A.V. Navrocckij, I.A. Novakov; VolgGTU. - Volgograd, 2020. - 168 s.

13. The flocculation of kaolin aqueous dispersion by two cationic polyelectrolytes / S.S. Dryabina, K.M. Fotina, A.V. Navrockij, I.A. Novakov // *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. - 2017. - Vol. 515. - C. P. 12-21.

14. Treatment of Fat-Containing Wastewater Using Binary Flocculant Mixtures Based on Chitosan and Quaternary Salt of Poly(2-dimethylamino)ethyl Methacrylate / Dryabina, S.S., Fotina, K.M., Shulevich, Y.V., Navrotskii, A.V., Novakov, I.A. // *Journal of Polymers and the Environment*. -2019, V. 27, № 7.- P. 1595–1601.

15. Pat. 2324659 RF, MPK C 02 F 1/56, C 02 F 103/32. Sposob ochistki tekhnologicheskikh vod / I.A. Novakov, YU.V. SHulevich, O.YU. Kovaleva, A.V. Navrockij, V.A. Navrockij; VolgGTU; Zayavl. 09.01.2007; Opubl. 20.05.2008.

16. Adsorption and flocculation of bentonite by chitosan with varying degree of deacetylation and molecular weight / J. Li, X. Song, J. Pan, L. Zhong, S. Jiao, Q. Ma// *Int. J. Biol. Macromol.*-2013.- V. 6.- P. 4–12.

17. Izuchenie gidrodinamicheskikh svoystv khitozana v binarny`kh rastvorakh uksusnaya kislota-voda / E.G. Dukha-

nina, S.S. Dryabina, D.S. By`kov, T.P. Bogdanova, Yu.V. Shulevich, I.A. Novakov // *Izvestiya VolgGTU. Ser. Khimiya i tekhnologiya e`lementoorganicheskikh monomerov i polimerny`kh materialov*. - Volgograd, 2023. - № 12 (283). - C. 106-112.

18. PND F 14.1:2.122-97 Kolichestvenny`j khimicheskij analiz vod. Metodika vy`polneniya izmerenij massovoj koncentraczii zhirov v probakh prirodny`kh i ochishhenny`kh stochny`kh vod gravimetricheskim metodom – M., 1997. – 7 s.

19. PND F 14.1:2.100-97 Kolichestvenny`j khimicheskij analiz vod. Metodika vy`polneniya izmerenij khimicheskogo potrebleniya kisloroda v probakh prirodny`kh i ochishhenny`kh stochny`kh vod titrimetricheskim metodom. – M., 1997. – 23 s.

20. *Goddard, E. D., Ananthapadmanabhan K.P.* Interactions of Surfactants with Polymers and Proteins. - New York: CRC Press, 1993. - 427 p.

21. Influence of the lyophilizing power of the polymer chain on the relationships in formation of polyelectrolyte-surfactant complexes Shulevich Yu.V., Kovaleva O.Yu., Navrotskii A.V., Skrebneva V.G., Novakov I.A. *Russian Journal of Applied Chemistry*. 2008. T. 81. № 1. C. 108-113.

Yu. V. Shulevich, S. S. Dryabina, E. G. Dukhanina, D. S. Bykov, Zh. N. Malysheva, I. A. Novakov

USAGE OF POLYMER-COLLOID COMPOSITIONS BASED ON CHITOSAN FOR WASTE WATER TREATMENT FROM IMPURITIES OF PROTEIN-LIPID NATURE

Volgograd State Technical University

Abstract. The paper studies the use of polymer-colloidal compositions based on chitosan with sodium dodecyl sulfate in the processes of purification of protein- and fat-containing wastewater. Using spectrophotometry, high (93–99 %) degrees of clarification were determined under conditions of model wastewater, both with a high protein content and with a high fat content. Using quantitative chemical analysis methods, the COD parameter and fat content in wastewater were determined and it was shown that already in the concentration range from 1 to 50 mg/l for the chitosan-surfactant composition of the working composition, permissible standardized values are achieved - fats are completely removed, and the content of organic impurities decreases by 2-4 times compared to the original model wastewater.

Keywords: chitosan, surfactant, sodium dodecyl sulfate, polymer-colloid complex, waste water of food industry, flocculation