

А. О. БЫСТРАНОВА
С. Ю. ТЕПЛЫХ
Е. А. ТЕПЛЫХ

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД МАСЛОЖИРОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

CLEANING OF OIL-CONTAINING WASTEWATER

Изучены закономерности изменения состава сточных вод, методы очистки и технологические схемы маслоэкстракционной промышленности и процессы образования сточных вод маслоэкстракционного завода ЗАО «Самара-агропромпереработка» и их химико-физические показатели. Исследована эффективность очистки сточных вод реagentными методами с применением известных аналогичных и новых reagentов на модельном растворе. Проведена аналитическая зависимость, описывающая процессы повышения эффективности новых технологических процессов (дискретной и бинарной) reagentной очистки. Определена экономическая эффективность предложенных способов очистки масложиродержащих сточных вод.

Ключевые слова: маслоэкстракция, reagentы, загрязнение водоемов, окружающая среда

Сточные воды промышленных предприятий содержат большое количество органических загрязнений: углеводородные масла, растительные и животные жиры, поверхностно активные вещества и др. В частности, промышленные сточные воды пищевых производств, а также предприятия бытового обслуживания населения содержат до 20000 мг/л жира и других органических веществ [1]. Совместное присутствие вышеназванных загрязнений приводит к образованию устойчивой эмульсии.

Жиры в сточных водах могут находиться в двух агрегатных состояниях – твердом, жидком и коллоидном. В зависимости от условий образования и состава сточных вод жиры могут быть в виде жировой фазы, образующей на поверхности жидкости пленку, диспергированных частиц в воде (эмульсия) и находиться в растворенном состоянии [2]. Наиболее часто в сточных водах наблюдается существование одновременно всех трех состояний жира, что значительно затрудняет определение его концентрации.

Методы определения жира. В литературе [3,4] описаны некоторые методы определения жира в сточных водах, которые основаны на экстракции жира органическими растворителями.

Наиболее широко распространен гравиметрический метод с применением аппарата Соклета, где в качестве растворителя используют диэтиловый

The regularities of changes in the composition of wastewater, methods of cleaning and technological schemes of the oil extraction industry and the processes of formation of wastewater of the oil extraction plant CJSC Samaraagroprompererabotka and their chemical and physical indicators are studied. The effectiveness of wastewater treatment by reagent methods using known, analog and new reagents, on a model solution was investigated. An analytical dependence describing the processes of increasing the efficiency of new technological processes (discrete and binary) reagent purification has been carried out. The economic efficiency of the proposed methods for treating oil-fat-containing wastewater is determined.

Keywords: oil-extracting, reagents, pollution of water, environment

или петролейный эфир [5]. Гравиметрический анализ основан на точном измерении массы определяемого вещества или его составных частей, полученных в результате аналитической реакции и выделенных в химически чистом состоянии или в виде соответствующих соединений.

Методика рефрактометрического анализа основана на изменении показателя преломления жидкого анализируемого вещества (или его раствора). Луч света, проходя из одной прозрачной среды (воздух) в другую (жидкость), падая наклонно к поверхности раздела, меняет свое первоначальное направление, т. е. преломляется. Показатель преломления является характерной величиной для каждого индивидуально вещества и зависит от длины волны падающего света, давления и концентрации (если это раствор).

В данном исследовании приведены результаты определения содержания жиров в модельном растворе с помощью фотометрического метода, основанного на изменении интенсивности света, прошедшего через раствор [6]. Это измерение проводится с помощью специальных оптических приборов – фотокolorиметров. Часть светового потока, проходя через раствор, поглощается; прошедший через раствор световой поток, попадая на фотоэлемент, вызывает в нем электрический ток (фототок), сила которого измеряется гальванометром. Сила тока прямо

пропорциональна интенсивности падающего на фотоэлемент света (КФК-2МП УХЛ4.2).

Изучение по литературным источникам вопроса очистки масложиродержащих сточных вод масложировых предприятий показало, что наиболее широко применяемым локальным методом очистки является метод с применением различных реагентов [7,8].

Экспериментальное исследование. В рамках проведенных исследований обработке подвергались производственные сточные воды, образующиеся на маслоэкстракционном заводе ЗАО «Самараагропромпереработка», г. Безенчук.

Как показали результаты контроля, сточные воды предприятий масложировой промышленности мутные, серого цвета с хлопьевидной взвесью. Жир чаще всего присутствует в виде растительных масел, небольшие количества которых покрывают зеркало воды, затрудняя реаэрацию и растворение кислорода. Проходя по канализационным сетям, эти масла прилипают к стенкам канала, происходит слипание загрязнений, отчего уменьшается сечение потока [9]. Кроме этого, в сточных водах присутствуют органические кислоты и азотсодержащие вещества, которые после нейтрализации загнивают, образуя из разлагающихся белков и восстанавливающихся сульфатов сероводород. Показатели поступающих сточных вод по контролируемым показателям приведены в табл. 1.

На основании полученных данных был приготовлен модельный раствор. В качестве основного компонента было использовано растительное масло. В водопроводную воду, предварительно доведенную до температуры 40–60 °С, вносили загрязнения в виде растительного масла, и, согласно определенным хи-

мическим показателям масла, рассчитывалась доза вводимого загрязнения. Затем модельный раствор охлаждали до температуры 20–22 °С.

Пользуясь предварительно построенным градуированным графиком, определяли концентрацию жиров в растворе (модельный раствор имеет концентрацию жиров, наиболее приближенную к концентрации стока).

Одним из наиболее распространенных методов очистки производственных сточных вод является их очистка при использовании коагулянтов. Серия экспериментов по выбору оптимальной схемы реагентной обработки заключалась в подборе оптимальных марок коагулянтов и определении удельных расходов (доз) реагентов.

Основным процессом коагуляционной очистки производственных сточных вод является гетерокоагуляция – взаимодействие коллоидных и мелкодисперсных частиц сточных вод с агрегатами, образующимися при введении в сточную воду коагулянтов [6].

Затем осуществляли подбор наиболее рационального введения коагулянта в очищаемую воду:

1. Раствор коагулянта добавляли к очищаемой воде непрерывно одной порцией.

2. Фракционированное коагулирование (дробный или частичный способ коагулирования) предусматривает добавление расчетного количества коагулянта к воде не одной, а двумя или несколькими последовательными порциями. Обработку воды разными последовательно добавляемыми коагулянтами можно также рассматривать как фракционированное коагулирование.

Технологический эффект, достигаемый при фракционированном коагулировании, почти всегда объясняют с кинетической точки зрения – образованием в результате гидролиза первых порций коагулянта твердой фазы, выступающей в роли центров хлопьеобразования при гидролизе последующих порций коагулянта. Как известно, скорость налипания мелких частиц на крупные может в несколько раз превышать скорость взаимной коагуляции мелких частиц.

Для каждой серии опытов был приготовлен 10 %-й реагентный раствор, который наливали в 6 цилиндров вместимостью 1000 мл:

– с использованием сульфата алюминия $Al_2(SO_4)_3$ дозу коагулянта варьировали в интервале от 100–400 мг/л (эффект очистки достигнут при 400 мг/л);

– с использованием алюминия азотнокислого 9-водного $Al(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$ дозу коагулянта варьировали в интервале от 100–250 мг/л (эффект очистки достигнут при 200 мг/л);

– с использованием гипохлорита натрия $NaOCl$ дозу коагулянта варьировали в интервале от 100–300 мг/л (эффект очистки достигнут на 250 мг/л).

Содержимое всех цилиндров интенсивно перемешивали мешалками в течение 30–40 с, а затем в течение 3–5 мин пробу перемешивали медленно. Далее пробу оставляли для отстаивания на 60 мин, наблюдая за процессом хлопьеобразования. После

Таблица 1
Показатели поступающих сточных вод
маслоэкстракционного завода
ЗАО «Самараагропромпереработка», г. Безенчук,
мг/дм³

Наименование параметра	Значения
Взвешенные вещества	180±9,1
БПК	8,60±0,12
СПАВ	0,017±0,006
Нитра-ион	2,35±0,71
Аммоний-ион	3,63±0,76
Нитрит-ион	0,38±0,023
Фосфаты по фосфору	0,28±0,042
Хлорид-ион	950,08±39,70
Железо общее	0,78±0,23
Никель	<0,08
Медь	0,0022±0,0012
Хром	<0,01
Нефтепродукты	0,42±0,147
Фенол	0,002±0,001
Жиры	400,2±7,4

завершения отстаивания коагулируемой сточной воды из каждого цилиндра отбирали пробу воды по 100 мл из верхнего слоя, не взмучивая осадка. Учитывая физико-химические свойства веществ, используемых в качестве экстрагента, для проведения исследования был выбран растворитель хлороформ. Затем 100 мл модельного раствора помещали в делительную воронку, добавляли 15 мл экстракта (хлороформ) и встряхивали в течение 2–3 мин. После разделения слоев экстракта раствор сливали в цилиндр. Экстракт высушивали безводным сульфатом натрия. Используя фотокolorиметр, определяли содержание жира в экстракте. Результаты измерений при введении раствора коагулянта непрерывно одной порцией приведены в табл. 2.

Результаты измерений при введении раствора коагулянта фракционированным способом показаны в табл. 3.

График для наглядного отображения очистки сточных вод различными реагентами показан на рис. 2.

При применении реагента алюминия азотно-кислого 9-водного на стоке предприятия масложирового производства наблюдалась наиболее высокая эффективность очистки по жирам.

Затраты на реагенты. Расчет себестоимости очистки сточных вод выполнен для условий локальной реагентной очистки сточных вод маслоэкстракционного завода. На предприятии ЗАО «Самараагропромпереработка» в сутки образуется 800 м³ сточных вод, в 2018 г. 365 рабочих дней, следовательно, необходимо очистить 292 000 м³/год или 292 000 000 л/год сточных вод. Определим количество реагентов и себестоимость процесса очистки на год работы очистных сооружений (табл. 4).

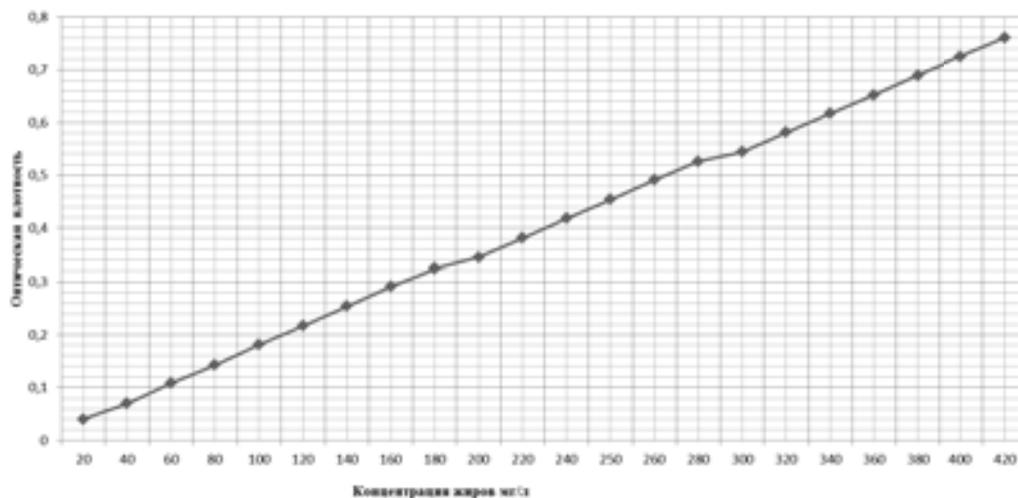


Рис. 1. Калибровочный график определения жира

Таблица 2

Содержание жира в экстракте после введения коагулянта непрерывно одной дозой

Доза реагента (1 фракция), мл	Сульфат алюминия Al ₂ (SO ₄) ₃		Алюминий азотнокислый 9-водный Al(NO ₃) ₃ *9H ₂ O		Гипохлорит натрия NaOCl	
	Оптическая плотность	Концентрация жиров, мг/л	Оптическая плотность	Концентрация жиров, мг/л	Оптическая плотность	Концентрация жиров, мг/л
100	Не определена, т.к. минимальная доза 150 мг/л		0,131	52,5	0,159	79,3
150	0,62	330	0,05	20	0,82	61
200	0,526	280	–	–	0,1	48
250	0,42	230	–	–	–	–
300	0,324	180	–	–	–	–
350	0,16	90	–	–	–	–
400	–	–	–	–	–	–

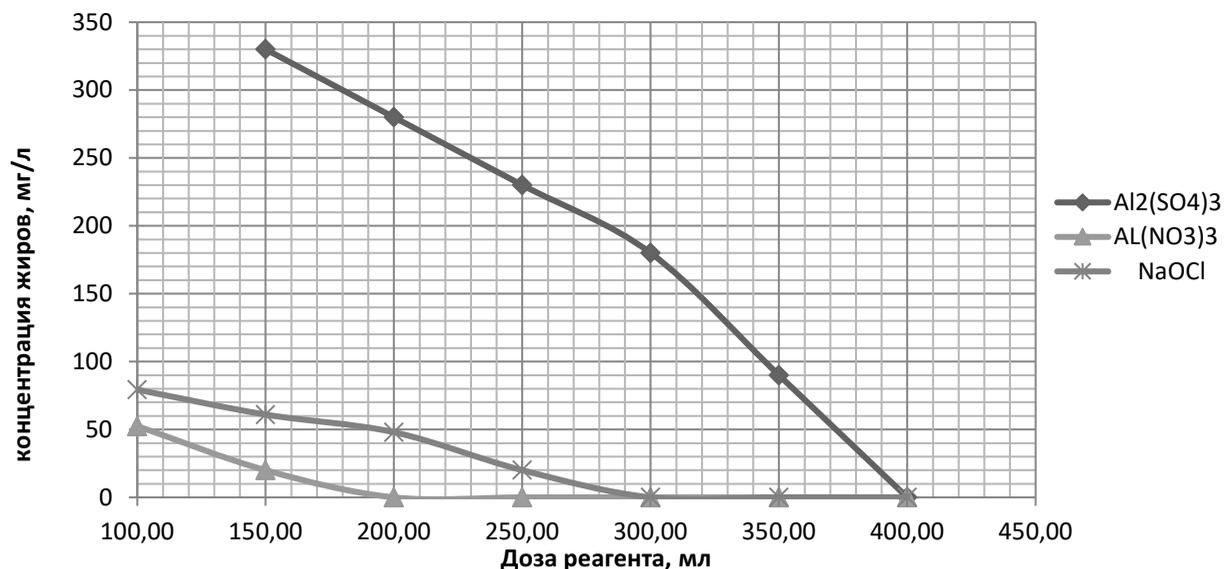


Рис. 2. Изменение мутности воды при обработке ее различными реагентами

Таблица 3

Содержание жира в экстракте при введении коагулянта фракционированным способом

Сульфат алюминия Al ₂ (SO ₄) ₃			Алюминий азотнокислый 9-водный Al(NO ₃) ₃ *9H ₂ O			Гипохлорит натрия NaOCl		
Доза реагента (1 фракция), мл	Доза реагента (2 фракция), мл	Концентрация жиров, мг/л	Доза реагента (1 фракция), мл	Доза реагента (2 фракция), мл	Концентрация жиров, мг/л	Доза реагента (1 фракция), мл	Доза реагента (2 фракция), мл	Концентрация жиров, мг/л
Не определена, т.к. минимальная доза 150 мг/л		-	70	30	50	70	30	75
100	50	325	100	50	18	100	50	60
125	75	276	125	75	0	125	75	46
200	100	224	200	100	0	200	100	19
230	120	174	230	120	0	230	120	0
280	120	81	300	100	0	300	100	0
300	150	-	300	150	0	300	150	0

Таблица 4

Затраты реагентов и их стоимость

Реагент	Количество сухого вещества на 1л сточной воды, мг	Затраты реагентов на год работы очистных сооружений, кг	Стоимость, руб.	Расчет стоимости, руб.
Al ₂ (SO ₄) ₃	4	292 000 000*10 ⁻⁶ *4 = 1 168	16,5 (ЗАО «Вектрон»)	1168*16,5 = 19 272
Al(NO ₃) ₃ *9H ₂ O	2	292 000 000*10 ⁻⁶ *2 = 584	87,00 (ООО «Реактив»)	584*87,00 = 50 808
NaOCl	3	292 000 000*10 ⁻⁶ *3 = 876	51,75 (ООО «Реактив»)	876*51,75 = 45 333

Из табл. 4 можно сделать следующие выводы:

– сульфат алюминия значительно дешевле других реагентов, но в связи с тем, что реагент является промышленным (наличие примесей в товарном виде варьируется от 50–80 %), его очистка и дальнейшее применение не будет экономически выгодным;

– алюминий азотнокислый 9-водный показал наилучший эффект очистки, но стоимость реагента на год работы очистных сооружений значительно превышает другие варианты очистки;

– гипохлорит натрия является экономически эффективным реагентом для очистки масложиродержащих сточных вод.

Вывод. К использованию предложен новый реагент – алюминий азотнокислый 9-водный, ранее не применяемый для очистки масложиродержащих сточных вод. По результатам исследований наиболее эффективным можно считать применение алюминия азотнокислого 9-водного и гипохлорит натрия, которые являются экономически выгодными.

Об авторах:

БЫСТРАНОВА Анастасия Олеговна

аспирант кафедры водоснабжения и водоотведения Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194 E-mail: kafvv@mail.ru

ТЕПЛЫХ Светлана Юрьевна

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры водоснабжения и водоотведения Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194 E-mail: kafvv@mail.ru

ТЕПЛЫХ Евгений Андреевич

студент кафедры водоснабжения и водоотведения Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194 E-mail: kafvv@mail.ru

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Воронов Ю. В. Водоотведение и очистка сточных вод. М.: АСВ, 2013. 704 с.
2. Доливо-Добровольский Л. Б. Микробиологические процессы очистки воды. М.: Издательство Министерства Коммунального хозяйства РСФСР, 2016. 182 с.
3. Пушкарев В.В., Южанинов А.Г., Мэн С.К. Очистка маслосодержащих сточных вод. М., 1980. 197 с.
4. Когановский А.М., Клименко Н.А. Очистка и использование сточных вод в промышленном водоснабжении. М., 2010. 461 с.
5. Васильева В.П. Аналитическая химия. М., 1989. 383 с.
6. Кичигин В. И. Моделирование процессов очистки воды. М.: АСВ, 2013. 232 с.
7. Кичигин В.И. Моделирование процессов очистки воды. М.: АСВ, 2017. 491 с.
8. Латыпова М., Севостьянова О. Исследование процессов биохимической очистки токсичных сточных вод. М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2015. 469 с.
9. Савельев С. Интенсификация очистки сточных вод. М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2015. 144 с.

BYSTRANOVA Anastasya O.

Postgraduate Student of the Water Supply and Wastewater Chair Samara State Technical University Academy of Architecture and Civil Engineering 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194 E-mail: kafvv@mail.ru

TEPLYKH Svetlana Yu .

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Water Supply and Wastewater Chair Samara State Technical University Academy of Architecture and Civil Engineering 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194 E-mail: kafvv@mail.ru

TEPLYKH Evgeniy A.

Student of the Water Supply and Wastewater Chair Samara State Technical University Academy of Architecture and Civil Engineering 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194 E-mail: kafvv@mail.ru

Для цитирования: Быстранова А.О., Теплых С.Ю., Теплых Е.А. Очистка сточных вод масложировой промышленности // Градостроительство и архитектура. 2018. Т. 8, № 4. С. 24–28. DOI: 10.17673/Vestnik.2018.04.5.

For citation: Teplykh S.Yu., Bystranova A.O., Teplykh E.A. Cleaning of Oil-Containing Wastewater // Urban Construction and Architecture. 2018. V. 8, 4. Pp. 24–28. DOI: 10.17673/Vestnik.2018.04.5.