

размеров и мер технического обслуживания двигателей или паровых сетей.

Таким образом, подводя итоги проведенного исследования, можно сделать следующие выводы.

Использование углеродно-нейтрального топлива имеет большое значение, учитывая дальнейшую судьбу человечества и планеты в целом. Траектория пути к углеродной нейтральности имеет огромные последствия для климата. Значительные перспективы использования углеродно-нейтрального топлива имеет в таких сферах как транспорт, туризм, пищевая промышленность и сельское хозяйство, энергетика и логистика, строительство. Расширение декарбонизации в обозначенных, а также связанных с ними отраслях, позволит достичь значительного сокращения энергопотребления, финансовой экономии с довольно быстрой окупаемостью, а также получить множество сопутствующих экологических выгод.

Литература:

1. Our Carbon Footprint / Carol Sutters, William Fong. Bloomington, Indiana: AuthorHouse UK, 2021. 34 p.
2. The Paris Agreement URL: [https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-](https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement)

- agreement
3. Carbon footprints: case studies from the energy and transport sectors / Subramanian Senthilkannan Muthu, editor. Singapore: Springer, 2019. 265 p.
4. Advanced alternative fuels: technology development report 2020. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2020. 198 p.
5. Xing, Hui Alternative fuel options for low carbon maritime transportation: Pathways to 2050 // Journal of cleaner production. 2021. Volume 297; pp 15-28.
6. ben Brahim, Till Pathways to climate-neutral shipping: A Danish case study // Energy: the international journal. 2019. Volume 188; pp 109-117.
7. He, Jianbo On Low-carbon and Its Realization in Tourism // IOP conference series. Earth and environmental science. 2021. Volume 632: Issue 5; pp 89-94.
8. <https://www.siemens-energy.com/global/en/news/magazine/2021/haruni.html>
9. <https://portnews.ru/news/317611/>
10. Epikhin A.I., Kondratiev S.I., Hekert E.V. Application of neural networks based on a multilayer perceptron using fuzzy logic for the technical diagnosis of ship technical means//Operation of sea transport. 2020. No. 3 (96). pp. 111-119.

УДК 629.54

DOI: 10.34046/aumsuomt101/26

ПРИМЕНЕНИЕ ИОННОГЕННЫХ ФЛОКУЛЯНТОВ ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ ЛЬЯЛЬНЫХ ВОД

*И.Г. Берёза, доктор технических наук, профессор
Е.И. Шацкова, аспирант*

В статье приведены результаты исследования по применению ионногенных флокулянтов Praestol 852, Praestol 853 и Praestol 2540, которые используются для интенсификации процесса флотационной очистки льяльных вод. Использование данных флокулянтов позволяет избежать негативных последствий, связанных с применением минеральных коагулянтов. На опытном экспериментальном оборудовании методом пробного коагулирования установлено, что наибольшую эффективность очистки обеспечивает катионный флокулянт Praestol 853, определена его доза, при которой достигаются наилучшие результаты очистки. Также проведено исследование дисперсного состава загрязнений до и после введения флокулянта Praestol 853 и сделан вывод о том, что выбранный флокулянт полностью извлекает средне- и грубодисперсные нефтяные частицы.

Ключевые слова: реагентная обработка, льяльные воды, флокулянты, дисперсность загрязнений

APPLICATION OF IONOGENIC FLOCCULANTS FOR INTENSIFICATION OF BILGE WATER TREATMENT PROCESS

I. G. Beryoza, E. I. Shatckova

The article presents the results of a study on the use of the ionogenic flocculants Praestol 852, Praestol 853 and Praestol 2540, which are used for intensification of bilge water flotation treatment process, is considered in the article. The use of these flocculants makes it possible to avoid the negative consequences associated with the use of mineral coagulants. On experimental equipment by the test coagulation method, it was found that the cationic flocculant Praestol 853 provides the greatest purification efficiency, its dose is determined, at which the best purification results are achieved. Also the study of disperse composition of pollution before and after introduction of flocculant Praestol 853 was conducted and the conclusion was made that the selected flocculant fully extracts medium- and coarse-dispersed oil particles.

Key words: reagent treatment, bilge water, flocculants, dispersion of pollutants.

Введение

Одной из наиболее важных аспектов защиты окружающей среды является рациональное использование и охрана вод. Международное экологическое законодательство постоянно ужесточается, в т.ч., и в части предотвращения загрязнения морской среды с судов. С этой целью на судне выполняется комплекс мероприятий, включающих в себя очистку льяльных вод в судовых сепараторах.

Зачастую первой стадией очистки льяльных вод является флотация, которая заключается в насыщении объема очищаемой воды воздухом, пузырьки которого адсорбируют частицы нефтепродуктов и, всплывая, поднимают их на поверхность раздела «вода – воздух» в виде легко удаляемой нефтевоздушной пены [1].

Одним из факторов, препятствующих образованию комплекса «нефтяная частица – пузырьки воздуха», является кинетическая устойчивость нефтеводных эмульсий. Льяльные воды представляют собой полидисперсные системы, содержащие, кроме нефтепродуктов различных размеров, также твердые минеральные частицы, моющие препараты, наличие которых в смеси еще больше усиливает стабилизацию эмульсии.

В связи с этим, для дестабилизации нефтяных эмульсий и ускорения процесса флотации применяют метод предварительной реагентной обработки, заключающийся в последовательном использовании коагулянтов и флокулянтов.

Цель работы

Как правило, реагентная обработка нефтепродуктов происходит в два этапа: на первом, для нейтрализации заряда дисперсных частиц, добавляются коагулянты неорганического происхождения; на втором этапе, для агрегации нейтрализованных частиц, вводятся органические флокулянты.

Кардинальным способом совершенствования технологии флокуляционной очистки сточных вод является самостоятельное использование органических (катионных и анионных) флокулянтов вместо минеральных, что позволяет исключить вторичное загрязнение воды продуктами гидролиза неорганических коагулянтов, снизить коррозионную активность воды, уменьшить расход реагента в десятки раз, повысить эффективность очистки. [2].

Важной задачей оптимизации технологии реагентной обработки загрязненных вод является выбор наиболее подходящего ионногенного фло-

кулянта, обеспечивающего максимальную эффективность, который зависит от таких характеристик, как дисперсный состав частиц и их заряд.

Материалы и методы исследования

В процессе экспериментальных исследований были использованы реальные льяльные воды, поставляемые с буксиров-нефтеборщиков морского порта г. Новороссийска. Для исследования эффективности очистки рассматривались следующие флокулянты: Praestol 852, Praestol 853, Praestol 2540. Успешно применяемые на береговых очистных сооружениях Praestol 852 и Praestol 853 относятся к флокулянтам катионной активности, а Praestol 2540 – к флокулянтам анионной активности [4].

Действие всех флокулянтов было проанализировано на специально изготовленной экспериментальной установке. Принцип работы данной установки заключался в следующем: исходная вода с предварительно растворенным исследуемым флокулянтом поступала в камеру флотатора, где с помощью диспергаторов обеспечивалось образование пузырьков воздуха. Частицы загрязнений, адсорбируясь на поверхности всплывающих пузырьков, образовывали на разделе сред «вода – воздух» нефтяную концентрированную пеномассу, которая периодически удалялась, а очищенная вода собиралась в специальном резервуаре.

Анализ эффективности очистки проводился посредством сравнения фракционного состава в исходной льяльной воде и в образцах воды после применения ионногенных флокулянтов, на завершающем этапе подбор эффективного флокулянта осуществлялся методом пробного коагулирования.

Для определения фракционного состава нефтяных загрязнений использовалась камера Горяева (аппарат для определения количества капель в определенном объеме жидкости), а также микроскоп.

Концентрация нефтепродуктов в исходной и очищенной воде определялась флуориметрическим методом на анализаторе «Флюорат-02-3М».

Результаты исследования и их обсуждение

В результате проведенных экспериментальных исследований была выявлена следующая закономерность: наибольшую эффективность очистки обеспечивали катионные флокулянты, увеличиваясь в ряду Praestol 852 < Praestol 853; степень извлечения нефтепродуктов при использовании анионного флокулянта Praestol 2540 не

превышала 38 % (усредненные экспериментальные данные приведены в таблице 1).

Также, следует отметить, что степень извлечения нефтяных загрязнений из судовых льяльных вод зависит от дозы флокулянта. Наилучшие результаты были достигнуты при дозах катионных флокулянтов – 3 мг/л, далее при увеличении дозы эффективность очистки снижалась (табл. 1).

Таблица 1 –Эффективность очистки льяльных вод

Флокулянт	Доза, мг/л	Степень очистки, %
Praestol 852	1	42
	2	63
	3	82
	4	78
Praestol 853	1	49
	2	81
	3	92
	4	84
Praestol 2540	1	22
	2	31
	3	24
	4	38

Динамика изменения фракционного состава частиц нефтепродуктов в исходной и очищенной воде отражена на рисунке 1.

Анализ полученного экспериментального материала позволяет сделать вывод о том, что льяльные воды действительно представляют собой полидисперсные водяные эмульсии. Применение ионногенных флокулянтов позволяет полностью извлечь средне- и грубодисперсные нефтяные частицы, которые составляют около 52 % от всего фракционного состава. Как следует из практики очистки нефтесодержащих вод, извлечение мелкодисперсных частиц загрязнений осуществляется с помощью адсорбционных методов [3, 5].

На завершающем этапе исследования выбор флокулянта, наиболее эффективно извлекающего нефтяные загрязнения из раствора льяльных вод, был осуществлен методом пробного коагулирования.

Сущность метода пробного коагулирования заключается в обработке загрязненной воды реагентами в мерных цилиндрах при определенном стандартном режиме смешения и хлопьеобразования [2].

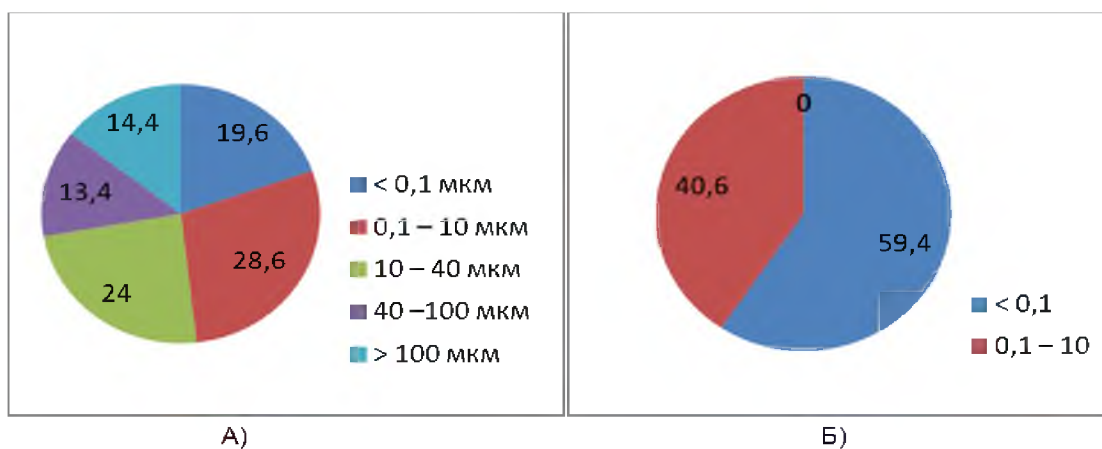


Рисунок 1 – Фракционный состав нефтяных частиц:
А) – в исходной воде, Б) – после обработки флокулянтom Praestol 853

В процессе работы анализировались высокомолекулярные флокулянты: Praestol 852, Praestol 853, Praestol 2540. Дозы флокулянтов были приняты исходя из ранее проведенных исследований, а также на основании накопленного опыта очистки аналогичных загрязненных вод и составили величины – 1 - 4 мг/л. При проведении опытов флокулянты добавляли в цилиндры в виде 10%-ных растворов.

Как известно, критерием эффективности реагента и выбора оптимальной дозы является минимальное время осаждения образующихся хлопьев, качество отстаиваемой воды (содержание

нефтепродуктов), объем и характеристики образующегося осадка. При этом в течение всего времени отстаивания (до 30 мин) должны проводиться визуальные наблюдения за процессом осветления, отмечаться время появления мелких, крупных хлопьев и полного осветления [2].

Усредненные результаты серии экспериментальных исследований приведены на рисунке 2.

На основании анализа полученных экспериментальных данных можно сделать вывод о том, что наибольшую степень извлечения нефтяных загрязнений из раствора льяльных вод обеспечивает катионный флокулянт Praestol 853.

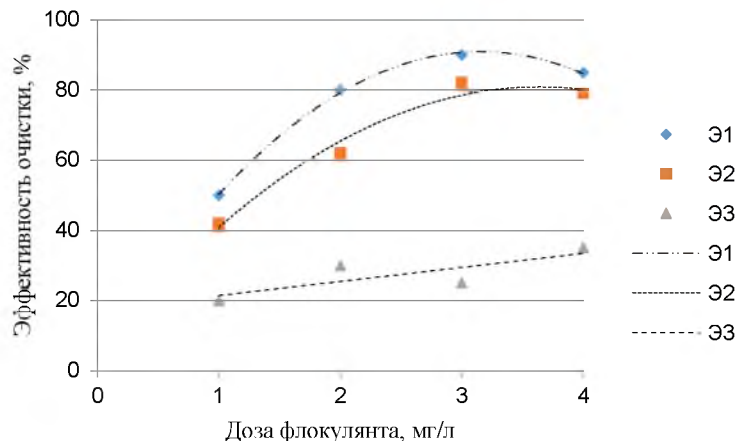


Рисунок 2 – Зависимость эффективности очистки от дозы флокулянта:
Э1 – Praestol 853, Э2 – Praestol 852, Э3 – Praestol 2540

Заключение

В результате проведенных экспериментальных исследований было установлено, что наиболее высокую очистку льяльных вод от средне- и грубодисперсных нефтяных частиц обеспечивает ионногенный флокулянт Praestol 853. Так, использование флокулянта Praestol 853 в качестве реагента при флотационной очистке судовых льяльных вод при дозе 3 мг/л позволяет извлечь более 90 % нефтяных загрязнений.

Литература

1. Тихомиров Г.И. Анализ методов и технических средств очистки льяльных вод / Г.И. Тихомиров // Транспортное дело России. – 2015. – № 6 – С. 288-292.
2. Гетманцев С.В. Очистка производственных сточных вод коагулянтами и флокулянтами / С.В. Гетманцев, И.А. Нечаев, Л.В. Гандурина. – М.: АСВ, 2008.
3. Пономарев В.Г. Образование и очистка сточных вод нефтеперерабатывающих заводов / В.Г. Пономарев, Э.Г. Иоакимис. – М.: Союз Дизайн, 2009.
4. Вейцер Ю.И. Высокомолекулярные флокулянты в процессах очистки воды. – М.: АСВ, 2010.
5. Технический справочник по проблемам воды / К. Барак, Ж. Бебен, Ж. Бернар и др. – М.: АСВ, 2007.

6. Епихин А.И., Кондратьев С.И., Хекерт Е.В. Применение нейронных сетей на базе многослойного перцептрона с использованием нечеткой логики для технической диагностики судовых технических средств // Эксплуатация морского транспорта. – 2020. – № 3 (96). – С. 111-119.

References

1. Tikhomirov G I 2015 Analysis of methods and technical means of bilge water treatment Transportation in Russia. – № 6 – pp 288–292.
2. Getmantsev S.V. Ochistka promishlennih stochnih vod koagulyantami i flokulyantami Moscow, ASV, 2008
3. Ponomaryov V.G. Obrazovanie i ochistka stochnih vod neftepererabativayushih zavodov, Moscow, Soyuz-Dizayn, 2009
4. Veytser Yu.I. Visokomolekulyarnie flokulyanti v protsessah ochistki vodi, Moscow, ASV, 2010
5. Tehniceskiy spravochnik po problemam vodi, Moscow, ASV, 2007.
6. Epikhin A.I., Kondratiev S.I., Hekert E.V. Application of neural networks based on a multilayer perceptron using fuzzy logic for the technical diagnosis of ship technical means// Operation of sea transport. 2020. No. 3 (96). pp. 111-119.

УДК 629

DOI: 10.34046/aumsuomt101/27

УЧЁТ КИБЕРРИСКОВ ПРИ УПРАВЛЕНИИ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПЛАВУЧЕЙ РЕГАЗИФИКАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ

В. А. Туркин, доктор технических наук, профессор

Д. А. Давыдов, аспирант

А. А. Стяжкин, аспирант

Требования резолюций Международной морской организации (ИМО) предусматривают необходимость организовать управление киберрисками в системах управления безопасностью судоходства. В