

9. Ivanchenko A.A., Shchennikov I.A., Problemy ekspluatatsii sudov s dizel'nymi ustanovkami novogo pokoleniya i zadachi po ikh sovershenstvovaniyu.

Vestnik GUMRF im. admirala S.O. Makarova. 2014. №5(27). s. 26, 34.

УДК629.54

DOI: 10.34046/aumsuomt97/11

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СУДОВЫХ ФЛОТАЦИОННЫХ СЕПАРАТОРОВ

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

В судовых флотационных сепараторах для интенсификации процесса очистки применяют метод реагентной обработки с использованием растворов минеральных коагулянтов. Данный метод приводит к следующим негативным последствиям: повышается коррозионная активность воды, образуется большое количество осадка, происходит вторичное загрязнение воды продуктами гидролиза минеральных солей. Вышеперечисленных недостатков лишен метод предварительной обработки нефтесодержащих вод ионогенными флокулянтами, который успешно используется в практике берегового очистного оборудования. В работе проведен анализ результатов известных исследований, посвященных методам реагентной обработки нефтесодержащих вод, физико-химических основ процесса дестабилизации нефтеводяных эмульсий. Показано, что эффективность процесса, в первую очередь, зависит от фазово-дисперсного состояния загрязнений нефтеводяной эмульсии. Определен фазово-дисперсный состав судовых льяльных вод. Предложен алгоритм выбора наиболее эффективного флокулянта для флотационной очистки судовых льяльных вод

**Ключевые слова:** судовые льяльные воды, фракционный состав нефтепродуктов, флотация.

## INCREASING WORK EFFICIENCY SHIP FLOTATION SEPARATORS

*I. G. Beryoza, E. I. Shatckova*

**Summary:** In ship flotation separators, to intensify the cleaning process, a reagent treatment method is used using solutions of mineral coagulants. This method leads to the following negative consequences: the corrosiveness of the water increases, a large amount of sediment is formed, and secondary water pollution occurs with the products of hydrolysis of mineral salts. The above disadvantages are devoid of the method of preliminary treatment of oily waters with ionic flocculants, which is successfully used in the practice of onshore treatment equipment. The paper analyzes the results of well-known studies devoted to the analysis of methods for reagent treatment of oily waters, physical and chemical foundations of the process of destabilization of oil-water emulsions. It is shown that the efficiency of the process, first of all, depends on the phase-dispersed state of the oil-water emulsion pollution. The phase-dispersed composition of ship bilge waters has been determined. An algorithm for choosing the most effective flocculant for flotation treatment of ship bilge water is proposed.

**Key words:** ship bilge water, fractional composition of oil products, flotation.

На первой ступени очистки в судовых сепараторах льяльных вод в последнее время все чаще стал использоваться метод флотации. Сущность данного метода заключается в сорбции нефтяных загрязнений на поверхности пузырьков диспергированного в воде воздуха и всплытию образующихся при этом комплексов «нефтяная частица – пузырек воздуха» на поверхность воды. Всплывшие «комплексы» образуют пенный слой, насыщенный нефтяными загрязнениями.

Как известно, в состав льяльных (трюмных) вод машинно-котельных отделений судов входят полидисперсные эмульсии, содержащие частицы нефтепродуктов различных размеров, частицы различных масел, моющие препараты, химикаты, твердые частицы и пр. [1]. Присутствие моющих препаратов, минеральных твердых

веществ в растворе льяльных вод способствуют стабилизации (устойчивости) нефтеводяных эмульсий, что, в свою очередь, препятствует образованию комплекса «нефтяная частица – пузырек воздуха» и всплытию последнего на поверхность воды.

Для дестабилизации мелкодисперсных нефтеводяных эмульсий и, как следствие, повышению эффективности флотационной очистки льяльных вод в настоящее время в судовых сепараторах применяют метод реагентной обработки [2]. Суть метода заключается в предварительной и последовательной обработке льяльных вод, поступающих во флотатор, растворами минерального коагулянта (соли алюминия) и флокулянта (органические полимеры).

Кардинальным способом совершенствования технологии предварительной реагентной обработки нефтесодержащих сточных вод является использование катионных органических флокулянтов (вместо минеральных), что позволяет: снизить коррозионную активность воды, уменьшить расход реагента в десятки раз, сократить количество образующегося осадка, повысить эффективность очистки [3]. Применение именно катионных флокулянтов связано с отрицательным зарядом эмульгированных частиц нефтепродуктов, а также присутствием в растворе льяльных вод других анионных групп.

В настоящее время на береговых сооружениях очистки успешно применяется технология предварительной реагентной обработки нефтесодержащих сточных вод катионными высокомолекулярными флокулянтами – Праестол 852, Праестол 853 и К 1020. Действие флокулянтов сводится к ликвидации или значительному уменьшению гидратных слоев мелкодисперсных эмульгированных частиц, т.е. к снижению термодинамического или электрокинетического потенциалов нефтяных глобул и вызывает нейтрализационную и концентрационную дестабилизацию эмульсионных систем.

Подбор оптимального флокулянта для реагентной обработки льяльных вод, поступающих в судовую флотационную установку, в процессе экспериментальных исследований проводился исходя из эффективности процесса флотации дестабилизированных частиц нефтепродуктов.

Как известно из практики и теории флотации, важнейшими факторами, влияющими на кинетику элементарного акта флотации и скорость всплывания флотационного агрегата «частица-пузырек» являются крупность частиц загрязнений и размер пузырьков воздуха.

В частности, в работе [3] установлено, что гидродинамический коэффициент захвата частиц загрязнений пузырьком растет с увеличением размера частицы, убывая с ростом пузырька. Для случая флотации мелких частиц получена аналогичная зависимость эффективности захвата частиц загрязнений пузырьком воздуха ( $E$ ) от среднего диаметра пузырьков ( $D$ ) и частиц ( $d$ ) [4]:

$$E(d, D) = \kappa \Phi (d/D)^n \quad (1)$$

Ряд авторов считают, что для флотации частиц определенного размера существует оптимум крупности пузырьков воздуха [5, 6, 7]. Причем с увеличением размера частиц он сдвигается в сторону более крупных пузырьков. Это объяснено с позиции энергетики прорыва частицей водной прослойки пузырька – с увеличением размеров

частицы и пузырька относительная скорость их движения возрастает, что должно способствовать прорыву гидратной оболочки диспергированной частицы.

Из всего вышеизложенного очевиден вывод о сложности и многообразии влияния соотношения размеров частиц загрязнений и пузырьков воздуха на интенсивность процесса флотации, и, как следствие, о необходимости исследования конкретной системы, состоящей из определенных дисперсионной среды, дисперсной фазы и пузырьков воздуха.

Исследования проводились на льяльных водах, доставленных на нефтеперевалочную базу «Шесхарис» (г.Новороссийск) с судов-сборщиков. Одним из видов деятельности данного предприятия является прием, очистка и переработка нефтесодержащих вод с судов. Отобранные пробы льяльных вод в течение часа доставлялись в лабораторию, после чего проводили анализ по следующим параметрам – концентрация нефтепродуктов и их фракционный состав.

Для определения размера частиц нефтепродуктов в льяльной воде были использованы счетная камера Горяева (приспособление, предназначенное для подсчета количества капель в заданном объеме жидкости) и микроскоп. Концентрация нефтепродуктов определялась флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02-3М».

Анализ фракционного состава льяльных вод под микроскопом показал, что все рассматриваемые образцы воды состоят из неоднородной структуры, содержат частицы нефтепродуктов в виде линзообразной капли, круглой либо овальной формы с четкими краями.

Данные исследований дисперсного состава нефтепродуктов в льяльных водах представлены в таблице 1, графическое изображение – на рисунке 1.

Как следует из анализа полученного материала, в нефтеводяной эмульсии льяльных вод содержание грубодисперсных примесей ( $> 100$  мкм) составляет  $\sim 14,4$  %; среднедисперсных частиц размером от 10 до 100 мкм  $\sim 37,4$  %; тонкодисперсных частиц, в т.ч. коллоидных загрязнений размером частиц менее 10 мкм  $\sim 48,2$  %. Таким образом установлено, что судовые льяльные воды представляют собой полидисперсные множественные эмульсии, при этом, половина загрязнений находится в виде микрогетерогенных систем.

Разнообразие фазово-дисперсного состояния нефтяных загрязнений льяльных вод пред-

определяет необходимость комплекса экспериментальных исследований при выборе наиболее эффективного реагента. Общие принципы данного выбора должны учитывать накопленный опыт очистки аналогичных типов загрязненных вод и базироваться на приоритетных физико-химических характеристиках флокулянтов (заряд макромолекул, ионообменная емкость, размер макромолекул) и полидисперсных эмульсий (вязкость, величина электрокинетического потенциала, наличие в растворе электролитов и других примесей).

Таблица 1 – Дисперсный состав нефтепродуктов льяльных вод

Концентрация нефтепродуктов, мг/л	Размер частиц нефтепродуктов	
	мкм	%
850	< 0,1	20
	0,1 – 10	30
	10 – 40	24
	40 – 100	12
	> 100	14
720	< 0,1	17
	0,1 – 10	28
	10 – 40	20
	40 – 100	17
	> 100	18
780	< 0,1	19
	0,1 – 10	32
	10 – 40	26
	40 – 100	10
	> 100	13
910	< 0,1	20
	0,1 – 10	25
	10 – 40	25
	40 – 100	16
	> 100	14
870	< 0,1	22
	0,1 – 10	28
	10 – 40	25
	40 – 100	12
	> 100	13

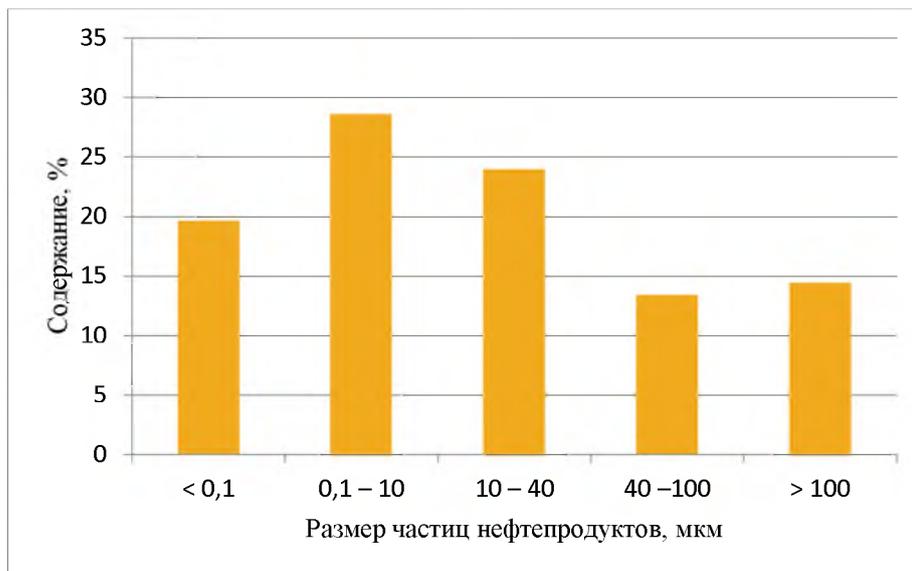


Рисунок 1 – Распределение частиц нефтепродуктов в эмульсии льяльных вод

**Литература**

1. Михрин Л.М. Предотвращение загрязнения морской среды с судов и морских сооружений. – СПб.: «ИПК Бионт», 2015.
2. Marinfloc CD Operating Manual v.2.0, Sweden, Varelkil.: Marinfloc AB, 2008
3. Гетманцев С.В. Очистка промышленных сточных вод коагулянтами и флокулянтами / С.В. Гетманцев, И.А. Нечаев, Л.В. Гандурина. – М.: АСВ, 2008
4. Технический справочник по проблемам воды / К. Барак, Ж. Бебен, Ж. Бернар и др. –М.: АСВ, 2007
5. Вейцер Ю.И. Высокомолекулярные флокулянты в процессах очистки воды. – М.: АСВ, 2010.
6. Классен В.И. Введение в теорию флотации / В.И. Классен, В.А. Мокроусов. – М.: Химия, 1993.
7. Пономарев В. Г. Образование и очистка сточных вод нефтеперерабатывающих заводов / В. Г. Пономарев, Э. Г. Иоакимис. – М.: Союз Дизайн, 2009.
8. Епихин А.И., Кондратьев С.И., Хекерт Е.В. Прогнозирование многомерных нестационарных

- временных рядов с использованием нейромоделирования// Морские интеллектуальные технологии.– 2020.– № 4-4 (50).– С. 23-27.
9. Печников А.Н., Хекерт Е.В. Эргономический подход к оцениванию деятельности судовых специалистов: суть проблемы и подход к ее решению// Морские интеллектуальные технологии.– 2018.– № 2.– С. 26.
  10. Studenikin D.E., Khekert E.V., Modina M.A. Estimation of vessel's movement with the aid of fuzzy logic based hierarchy systems (in english)// Морские интеллектуальные технологии.– 2018.– № 1-1 (39).– С. 205-208.
  11. Боран-Кешипьян А.Л., Астреин В.В., Кондратьев С.И. Формализация общей стратегии принятия решений для достижения комплексной безопасности судна// Морские интеллектуальные технологии.– 2019.– № 1-2 (43).– С. 127-131.
- References**
1. Mikhrin L.M. Predotvrashchenie zagryazneniya morskoy sredy s sudov i morskikh sooruzheniy [Prevention of pollution of the marine environment from ships and offshore structures], SPb, «IPK Biont», 2015
  2. Marinfloc CD Operating Manual v.2.0, Sweden, Varekil.: Marinfloc AB, 2008
  3. Getmantsev S.V. Ochistka promishlennih stochnih vod koagulyantami i flokulyantami Moscow, ASV, 2008
  4. Tehniceskiy spravochnik po problemam vodi, Moscow, ASV, 2007
  5. Veytser Yu.I. Visokomolekulyarnie flokulyanti v protsessah ochistki vodi, Moscow, ASV, 2010
  6. Klassen V.I. Vvedenie v teoreyu flotatsii, Moscow, Khimiya, 1993
  7. Ponomaryov V.G. Obrazovanie i ochistka stochnih vod neftepererabativayushih zavodov, Moscow, Soyuz-Dizayn, 2009
  8. Epilhin A.I., Kondrat'ev S.I., Hekert E.V. Prognozirovaniye mnogomernyh nestacionarnyh vremennyh ryadov s ispol'zovaniem nejromodelirovaniya// Morskie intellektual'nye tekhnologii. 2020. № 4-4 (50). S. 23-27.
  9. Pechnikov A.N., Hekert E.V. Ergonomicheskij podhod k ocenivaniyu deyatel'nosti sudovyh specialistov: sut' problemy i podhod k ee resheniyu// Morskie intellektual'nye tekhnologii. 2018. № 2. S. 26.
  10. Studenikin D.E., Khekert E.V., Modina M.A. Estimation of vessel's movement with the aid of fuzzy logic based hierarchy systems (in english)// Morskie intellektual'nye tekhnologii. 2018. № 1-1 (39). S. 205-208.
  11. Boran-Keshish'yan A.L., Astrein V.V., Kondrat'ev S.I. Formalizaciya obshchej strategii prinyatiya reshenij dlya dostizheniya kompleksnoj bezopasnosti sudna// Morskie intellektual'nye tekhnologii. 2019. № 1-2 (43). S. 127-131.

УДК 629

DOI: 10.34046/aumsuomt97/12

## ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК В ЗОНАХ СПЕЦИАЛЬНОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ В КОНТЕКСТЕ ВВЕДЕНИЯ ОГРАНИЧЕНИЙ МЕЖДУНАРОДНОЙ МОРСКОЙ ОРГАНИЗАЦИИ В 2020 ГОДУ

*А.И. Епихин, кандидат технических наук, доцент*

*М.А. Модина, кандидат технических наук, доцент*

*Е.В. Хекерт, доктор технических наук, профессор*

В статье рассмотрены особенности эксплуатации судовых энергетических установок в зонах специального экологического контроля с учетом ограничений Международной морской организации, введенных в 2020 г. Особое внимание уделено таким инновационным технологиям, как использование топлива с низким содержанием серы, внедрение SCR-технологий, регулирование крейсерской скорости судна, применение новых видов топлива.

**Ключевые слова:** сера, выбросы, судно, энергетическая установка, топливо.

## FEATURES OF OPERATION OF SHIP POWER PLANTS IN SPECIAL ENVIRONMENTAL CONTROL ZONES IN THE CONTEXT OF THE INTRODUCTION OF RESTRICTIONS BY THE INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION IN 2020

*A.I. Epikhin, M. A. Modina, E.V. Heckert*

The article discusses the features of the operation of ship power plants in areas of special environmental control in the context of the introduction of restrictions by the International Maritime Organization in 2020. Particular attention is paid to such innovative technologies as the use of fuel with a low sulfur content, the introduction