

- 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 mnogomernykh nestacionarnykh vremennykh 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 sudovykh 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

of SCR technologies, regulation of the cruising speed of the vessel, the introduction of EGR -technologies application of gas fuel.

Key words: sulfur, emissions, ship, power plant, fuel.

В процессе проведения исследований и новейших разработок в сфере модернизации судовых дизелей основное внимание ученых до недавнего времени было обращено на экономические показатели энергетических установок, затем на их надежность, а с переходом двигателей на тяжелые сорта топлива на экологичность [1]. Однако в течение последних трех десятилетий ведущие производители дизельных топлив на первый план выводят исследования по повышению экологичности судовых двигателей, работающих на высоковязких (тяжелых) сортах топлива, поскольку после сгорания этого топлива в атмосферу выбрасывается значительное количество вредных веществ.

Важность решения задач по обеспечению необходимого качества топлива определяется требованиями Приложения VI конвенции MARPOL, а также резолюциями Международной морской организации МЕРС.203 (62) и МЕРС.213 (63). В тоже время, следует отметить, что международное экологическое законодательство в судоходной сфере изменяется регулярно. Так, Комитет Международной морской организации по охране морской окружающей среды с 1 января 2020 года ограничивает с 3,5% до 0,5% максимальное содержание серы в топливе для судов вне пределов зон особого контроля за выбросами серы SECA (Sulphur Emission Control Area), к числу которых относятся Северное и Балтийское моря, включая пролив Ла-Манш, также Восточное и Западное побережья Северной Америки, Карибский бассейн и Мексиканский залив, относящиеся к США. В тоже время в указанных специальных морских районах действуют повышенные требования, предусматривающие более жесткие нормативы выброса (NO_x до 3,4 г/(кВт·ч), SO_x до нуля) [2].

В настоящее время глобальное среднее содержание серы в судовом топливе составляет около 2,7%, поэтому ожидается, что новый предел в 0,5% позволит сократить выбросы серы с судов более чем на 80% [3].

Принимая во внимание новые требования, судовладельцы, которые работают в особых зонах, будут вынуждены отказаться от использования обычного мазута в качестве топлива. Соответственно уже сегодня владельцы судов в Канаде, Европе, а также США в качестве приоритетного топлива выбирают сжиженный природный газ.

Филиппины и Япония сделали выбор в пользу диметилэфира и метанола. Кроме того, некоторые судовладельцы анализируют возможность использовать скрубберы, которые позволяют уменьшить содержание серы.

Таким образом, вопросы, связанные с особенностями работы судовых энергетических установок на судах, курсирующих в зонах специального экологического контроля, в контексте введения ограничений ИМО в 2020 г., приобретают особую актуальность и практическую значимость, что и обуславливает выбор темы данной статьи.

Исследования в области международного сотрудничества по охране морской среды от загрязнения проводились такими учеными, как А.С. Белоус, В.С. Ефремов, В.В. Демиденко, В.А. Киселева, С.М. Нунупарова, И.В. Леусенко и др.

Ключевым аспектам усовершенствования двигателей и топлива морских судов в контексте выполнения требований Международной морской организации посвятили свои труды М. А. Государев, В. Н. Захаров, В. П. Зачесова, Е. А. Зинь.

Отдельного внимания заслуживают разработки иностранных исследователей, которые комплексно подошли к изучению перспективных технологий, позволяющих улучшить экологический показатель судовых энергетических установок, из их числа можно выделить: Kontovas Christos A., Chen Dongsheng, Ma Dongfang, Zanatta Marco, Zhen Lu, Ergin Selma, Durmaz Murat и др.

Однако несмотря на важность и остроту рассматриваемой проблемы, а также уже имеющиеся достижения в данной области, следует отметить, что решение проблемы загрязнения бассейна Мирового океана, а в особенности зон специального экологического контроля выбросами серы с судовых дизелей, связано, прежде всего, с созданием высокоэффективных технологий снижения ее концентрации на выпуске из дизельной установки, и это в полной мере относится как к судам проектируемым и строящимся, так и к судам, которые находятся в эксплуатации.

Поэтому вопросы, связанные с использованием новых технологий производства дизельного топлива, очисткой выхлопных газов судовых энергетических установок, введением новых режимов эксплуатации и переоборудования судов, что в целом позволит соблюдать повышенные требования в зо-

нах специального экологического контроля, с учетом новых ограничений Международной морской организации, требует дополнительного и более углубленного анализа, что в целом составляет целевую направленность статьи.

В зонах особого контроля за выбросами серы в соответствии с Международной конвенцией по предотвращению загрязнения с судов одной из самых острых проблем является экологическая составляющая и безопасность проведения операций бункеровки.

Перспективные технологии, направления совершенствования и эксплуатации судовых энергетических установок, которые позволят сократить выбросы серы в зонах особого экологического контроля, представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Мероприятия для выполнения требований по сокращению выбросов серы согласно стандартам Международной морской организации 2020 г.

| № п/п | Мероприятия | SO _x |
|-------|---|-----------------|
| 1 | Использование топлива с низким содержанием серы | да |
| 2 | Внедрение SCR-технологий | да |
| 3 | Регулирование крейсерской скорости судна | да |
| 4 | Альтернативное топливо: природный газ (сжиженный), метанол и т.д. | да |

Рассмотрим более подробно, предложения, обозначенные в таблице 1.

1. Использование топлива с низким содержанием серы. Эта мера не освобождает от соблюдения норм по оксидам азота, к тому же при производстве такого топлива многократно возрастают выбросы парниковых газов. Таким образом, при улучшении экологической ситуации в определенной зоне особого контроля (табл. 2) в других районах состояние окружающей среды может значительно ухудшиться.

Таблица 2 – Количество выбросов при сгорании топлива среднеоборотных морских дизельных двигателей, выпущенных после 2000 г/кВт·ч [4]

| Вид топлива | SO _x | NO _x | CO ₂ | Твердые частицы |
|-----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Мазут (3,5% серы) | 13,0 | 9-12 | 580-630 | 1,5 |
| Морское дизельное топливо | 2,0 | 8-11 | 580-630 | 0,25-0,5 |
| Очищенное дизельное топливо | 0,4 | 8-11 | 580-630 | 0,15-0,25 |
| Природный газ (сжиженный) | 0,0 | 2 | 430-480 | 0,00 |

Дизельное топливо с низким содержанием серы примерно вдвое дороже обычного, и есть

предпосылки для дальнейшего роста его стоимости, что может негативно влиять на конкурентоспособность рынка по сравнению с другими видами транспорта - перераспределение части грузопотоков на автомобильный и железнодорожный транспорт.

2. Установка скрубберов (SCR-технологии). Для курсирования судов в зонах особого экологического контроля владельцы могут системы очистки выхлопных газов - скрубберы, позволяющие уменьшить выбросы серы. На основании предполагаемого расхода топлива и текущих цен на топливо экспертами было подсчитано, что более 630 зарегистрированных ИМО судов могут выиграть от использования скрубберов.

Однако необходимо обратить внимание на тот факт, что установка скрубберов является дорогостоящей процедурой. По оценкам Института морских исследований Финляндии, капитальные расходы при использовании данной технологии увеличатся примерно на 50 евро за 1 кВт мощности судовой установки, а операционные - примерно на 5-7 евро. Кроме того, следует отметить, что внутри системы расположены абсорбенты, которые поглощают выхлопы, что приводит к образованию сульфитов и сульфатов цинка. Это ядовитые реагенты, которые порты в настоящее время не принимают на хранение, в результате чего создается еще одна экологическая проблема, поскольку способы и методы утилизации отходов скрубберов еще полностью не проработаны. Помимо этого, эффективность абсорбентов, связанная с поглощением элементов, содержащих серу, находится в прямой зависимости от их объема, в связи с этим на судах среднего размера скрубберы могут занимать до одной четвертой полезной площади, что уменьшает грузоподъемность судна и существенным образом снижает доходы судовладельцев.

Кроме того, для пассажирского флота установка скруббера в целом представляет собой проблематичную операцию. Усложняется и логистика судна в эксплуатации, повышаются требования к квалификации экипажа.

3. Выбросы вредных веществ в атмосферу в зонах особого экологического контроля могут быть сокращены благодаря регулированию крейсерской скорости судна. Рациональность и эффективность данного предложения исследовались путем моделирования снижения скорости корабля на 10 и 30% от отметки, превышающей 10 узлов. По результатам эксперимента был сделан вывод о том, что эффективность снижения скорости, как способа ограничения выбросов серы, существенно различается в зависимости от типа судна.

В частности, суда RoPax, RoRo смогли бы добиться существенной экономии затрат на топливо без значительного увеличения рабочего времени. В результате экономия топлива была значительной даже при снижении скорости до 10%, а относительное сокращение выбросов SO_2 , NO_x и $PM_{2.5}$ было оценено выше, чем сокращение общего потребления топлива.

4. Ежегодно Королевский институт корабельных инженеров Великобритании (The Royal Institution of Naval Architects – RINA) в издании Significant Ships публикует перечень и сжатые сведения о наиболее интересных проектах в судостроительной отрасли в соответствии с выбором экспертного сообщества. В перечень обычно входят суда различных типов, которые спроектированы и построены с учетом последних требований международных конвенции в области регулирования мореплавания, в т.ч. новых экологических стандартов [5]. Проекты, собранные в Significant Ships, являются достаточно репрезентативной выборкой, по которой можно определить главные тренды в использование различных типов технологий.

Так, в контексте новых требований, вводимых в 2020 году Международной морской организацией, для зон специального экологического контроля приобретают технологии установки на кораблях двухтопливных двигателей с возможностью работы на сжиженном природном газе (СПГ) [9]. Использование СПГ в виде топлива позволяет снизить до 90% выбросов [6]. При этом, следует отметить, что процесс сжижения не влечет за собой никаких дополнительных выбросов вредных веществ в атмосферу. По стоимости СПГ находится на уровне с метанолом, поэтому оба этих вида топлива финансово выгодны. Кроме того, использование СПГ позволяет уменьшить зависимость судовладельцев от колебаний цен на нефть. Основным недостатком СПГ является необходимость иметь значительное дополнительное пространство на судне под установку емкостей [10].

Примером использования метанола является танкер-химовоз Линдангер. Метанол считается достаточно перспективным морским топливом, его использование позволяет существенно уменьшить выбросы, которые нормируются (углерод, сера, азот, твердые частицы). Метанол может быть использован и непосредственно в виде топлива, и как вещество для получения диметилового эфира. Несомненным достоинством метанола является экологичность, так как он не содержит серу, при этом выбросов оксидов азота в выхлопных газах

в значительной степени меньше, по сравнению с сжиганием дизельного топлива или мазута. При этом необходимо обратить внимание на тот факт, что, когда метанол образуется в результате химической реакции, имеет место выброс в атмосферу углекислого и угарного газов [7].

Например, шведская компания Stena Line использует только метанол в качестве топлива в судовых энергетических установках кораблей, работающих в зоне SECA. Кроме того, компания разработала проект, предусматривавший строительство серии судов на метаноле и перевод на этот вид топлива 25 судов, уже находящихся в эксплуатации. С весны 2015 Stena Line ввела в эксплуатацию паром Stena Germanica, судовые энергетические установки которого работают на метаноле.

Также в виде альтернативного топлива для судов, перемещающихся в зонах особого экологического контроля может быть избран низкосернистый мазут. Такое топливо получается из низкосернистой нефти, или в результате процесса десульфуризации. Однако десульфуризация – это дорогостоящий и сложный процесс, что непосредственно отражается на конечной цене такого вида мазута. При этом мазут со сверхнизким содержанием серы имеет сложный химический состав, а это может вызвать дополнительные осложнения и риски в процессе эксплуатации судовых энергетических установок на нем.

Особый интерес привлекают нестандартные технологии использования и экономии топлива на судах. Так, на автомобилевозе Drive Green Highway применяется технология Kawasaki Heavy Industries для одновременного снижения выбросов серы и азота, включая систему рециркуляции выхлопных газов и использование водотопливных эмульсий. На грузовом судне EEVA VG главный двигатель 8DZC оснащен дополнительной топливной системой для работы на биотопливе. Гибридная дизель-электрическая установка парома Seaspan Swift кроме двух газодизельных двигателей включает блок с 84 литиевыми полимерными батареями, которые позволяют аккумулировать электрическую энергию и использовать ее при необходимости с наибольшей эффективностью [8].

Таким образом, подводя итоги проведенного исследования, можно сделать следующие выводы. Достичь соответствия жестким ограничениям, введенным Международной морской организацией в 2020 году в процессе эксплуатации судовых энергетических установок в зонах специального экологического контроля можно благодаря использованию инновационных технологий

в сфере производства топлива и его нестандартных видов, регулированию скоростных параметров судна и путем технологического переоборудования судовых энергетических установок. При этом опыт и практика свидетельствуют о том, что наибольший эффект дает комбинация различных инновационных технологий и подходов.

Литература:

1. Столярова М.Н. Концепция экологически чистого судна // Изобретательство.– 2018. –Т. 18. №11.– С. 41-50.
2. The International Maritime Organization. Sulphur 2020 – cutting sulphur oxide emissions URL: <http://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/Sulphur-2020.aspx>
3. Huang, Liang Dynamic calculation of ship exhaust emissions based on real-time AIS data // Transportation research. 2020. Volume 80.
4. Hasanvand, Saeed Reliable Power Scheduling of an Emission-Free Ship: Multiobjective Deep Reinforcement Learning // IEEE transactions on transportation electrification. 2020. Volume 6: Number 2; pp 832-843.
5. Royal Institution of Naval Architects. Significant Ships URL: https://www.rina.org.uk/Significant_Ships_2019-1.html
6. Шамрай Ф.А. Модернизация судов, переведенных на СПГ-топливо // Деловой журнал Neftegaz.RU.– 2019.– №8(92).– С. 86-87.
7. Альтернативные топлива (материалы конгресса СИМАС-2016) // Двигателестроение.– 2019.– №4 (278).– С. 38-57.
8. Dragović, Branislav et al. Ship emissions and their externalities in cruise ports // Transportation research. Part D. //Transport and environment.– 2018. Volume 61: Number PB; pp 289-300.
9. Епихин А.И., Башуров Б.П. Опыт и тенденции применения судовых машин на СПГ на судах портового флота в РФ и в мире // Морские интеллектуальные технологии.– 2019.– №4 (46) т.3.
10. Епихин А.И., Худяков С.А. Практические особенности модернизации топливных систем и двигателей судов портового флота для использования СПГ в качестве топлива // Эксплуатация морского транспорта.– 2019.– №2 (91).
11. Студеникин Д.Е., Бован С.Д., Хекерт Е.В., Модина М.А. Использование нейронных сетей для организации визуального наблюдения// Морские интеллектуальные технологии.– 2019.– № 4-3 (46).– С. 91-95.
12. Antonov A.A., Studenikin D.E., Khekert E.V., Bidenko S.I. Clustering of environment in the decision support system for the preliminary plotting //Морские интеллектуальные технологии.– 2018.– № 4-2 (42).– С. 145-149.
13. 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.

14. 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.

REFERENCES

1. Stolyarova M.N. Koncepciya ekologicheski chistogo sudna // Izobretatel'stvo. 2018. T. 18. №11. S. 41-50.
2. The International Maritime Organization. Sulphur 2020 – cutting sulphur oxide emissions URL: <http://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/Sulphur-2020.aspx>
3. Huang, Liang Dynamic calculation of ship exhaust emissions based on real-time AIS data // Transportation research. 2020. Volume 80.
4. Hasanvand, Saeed Reliable Power Scheduling of an Emission-Free Ship: Multiobjective Deep Reinforcement Learning // IEEE transactions on transportation electrification. 2020. Volume 6: Number 2; pp 832-843.
5. Royal Institution of Naval Architects. Significant Ships URL: https://www.rina.org.uk/Significant_Ships_2019-1.html
6. SHamraj F.A. Modernizaciya sudov, perevedennyh na SPG-toplivo // Delovoj zhurnal Neftegaz.RU. 2019. №8(92). S. 86-87.
7. Al'ternativnye topliva (materialy kongressa CIMAC-2016). Dvigatelsestroenie. 2019. №4 (278). S. 38-57.
8. Dragović, Branislav et al. Ship emissions and their externalities in cruise ports // Transportation research. Part D. Transport and environment. 2018. Volume 61: Number PB; pp 289-300.
9. Epihin A.I., Bashurov B.P. Opyt i tendencii primeniya sudovyh mashin na SPG na sudah portovogo flota v RF i v mire // «Morskie intellektual'nye tekhnologii» №4 (46) t.3. – SPb, 2019.
10. Epihin A.I., Hudyakov S.A. Prakticheskie osobennosti modernizacii toplivnyh sistem i dvigatelej sudov portovogo flota dlya ispol'zovaniya SPG v kachestve topliva // «Ekspluatatsiya morskogo transporta» №2 (91). - Novorossiysk: GMU im.adm. F.F. Ushakova, 2019.
11. Studenikin D.E., Bovan S.D., Hekert E.V., Modina M.A. Ispol'zovanie nejronnyh setej dlya organizacii vizual'nogo nablyudeniya// Morskie intellektual'nye tekhnologii. 2019. № 4-3 (46). S. 91-95.
12. Antonov A.A., Studenikin D.E., Khekert E.V., Bidenko S.I. Clustering of environment in the decision support system for the preliminary plotting //Морские интеллектуальные технологии. 2018. № 4-2 (42). S. 145-149.

13. Pechnikov A.N., Hekert E.V. Ergonomicheskij podhod k ocenivaniyu deyatelnosti sudovyh specialistov: sut' problemy i podhod k ee resheniyu// Morskije intellektual'nye tekhnologii. 2018. № 2. S. 26.

14. 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)//Morskije intellektual'nye tekhnologii. 2018. № 1-1 (39). S. 205-208.

УДК 504.06

DOI: 10.34046/aumsuomt97/13

ОЦЕНКА УРОВНЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ ИСТОЧНИКОВ АВАРИЙНЫХ РАЗЛИВОВ НЕФТИ

В.И. Решняк, доктор технических наук, профессор

Настоящая статья посвящена проблеме защиты окружающей среды от аварийного загрязнения окружающей среды при разливах нефти. Защита от такого вида загрязнения обеспечивается комплексом организационных мероприятий и технических средств, которые направлены на предотвращение возникновения аварийного разлива, прекращение поступления нефти в окружающую среду, ликвидацию разлива и ликвидацию его последствий. В статье изложены принципы оценки уровня экологической опасности источников возможных аварийных разливов. Предложены критерии такой оценки.

Ключевые слова: аварийный разлив нефти, уровень экологической опасности, превентивная защита.

ASSESSMENT OF THE LEVEL OF ENVIRONMENTAL HAZARD OF SOURCES OF EMERGENCY OIL SPILLS

V. I. Reshnyak

This article is devoted to the problem of protecting the environment from accidental pollution of the environment during oil spills. Protection against this type of pollution is provided by a set of organizational measures and technical means that are aimed at preventing the occurrence of an emergency spill, stopping the flow of oil into the environment, eliminating the spill and eliminating its consequences. The article describes the principles of assessing the level of environmental hazard of sources of possible accidental spills. The criteria for such an assessment are proposed.

Keywords: emergency oil spill, the level of environmental hazards, the preventive protection.

Введение. Как было установлено автором работ [1,2] характер поступления загрязнений в окружающую среду может быть разным – в виде, так называемых, эксплуатационного и аварийного загрязнения. В первом случае загрязнение окружающей среды неизбежно сопровождает процесс эксплуатации любого техногенного объекта, находящегося в нормальном состоянии, то есть, когда параметры, которые характеризуют это состояние, находятся в допустимых пределах. Вдругом – загрязнение может происходить в результате возникающей аварийной ситуации, то есть когда некоторый техногенный объект мгновенно выходит из своего нормального эксплуатационного состояния. Одними из наиболее распространенных случаев аварийного загрязнения на водном транспорте являются разливы нефти и нефтепродуктов при их перегрузке, перевозке и хранении.

Нефть и нефтепродукты являются одним из основных видов груза, который перевозится водным транспортом [3,4]. В целом процесс перемещения нефтепродуктов характеризуется большим количеством операций и включает в себя их временное хранение и перегрузку в портах, а также транспортировку (перевозку) судами. Кроме того, в нефтепортах и других подобных

объектах осуществляются, так называемые технологические перекачки нефти или нефтепродуктов. Большое количество операций повышает уровень экологической опасности процесса перемещения нефти или нефтепродуктов. Опыт перевозки нефти и нефтепродуктов на внутренних водных путях, как и на море, указывает на высокий уровень этой опасности. Особенно в случае аварийных разливов нефти или нефтепродуктов.

Аварийные разливы нефти наносят большой экологический ущерб водным ресурсам. Кроме того, такие случаи характеризуются материальными потерями, связанными с утратой части товарного продукта – нефти или нефтепродуктов. Поэтому проблема предотвращения аварийных разливов продолжает быть актуальной [5, 6].

К настоящему времени уже накоплен некоторый опыт решения проблемы предотвращения аварийного загрязнения при разливах нефти. В основном этот опыт находится в области ликвидации аварийных разливов нефти [7].

В то же время анализ исследуемой проблемы показывает, что ее решение не должно ограничиваться только применением мер, направленных на ликвидацию разливов нефти [1, 7, 8]. В работе [1] сформулированы основные направления защиты окружающей среды от загрязнения