

УДК 629.5.06/504.5  
DOI: 10.37890/jwt.vi73.324

## **Судовая система подачи активного вещества в зону загрязнения**

**С.В. Петрашёв**<sup>1</sup>  
*ORCID: 0000-0003-3183-5150*

**А.А. Панасенко**<sup>1</sup>  
*ORCID: 0000-0003-2067-884X*

**О.В. Москаленко**<sup>1</sup>  
*ORCID: 0000-0003-3121-5234*

<sup>1</sup>*МГУ им. адм. Г.И. Невельского, г. Владивосток, Россия*

**Аннотация.** В связи с ростом грузооборота, грузовых операций и количества судов, проходящих по Северному морскому пути, прогнозируется резкий рост числа и общего количества сбросов нефти с судов в полярном регионе. В статье приводятся данные по возможной удаленности мест сброса от пунктов базирования сил и средств ликвидации разливов нефти, а также приводятся данные по их составу и оснащенности, указывается на необходимость принятия мер к ликвидации сбросов нефти в кратчайшие сроки. Для осуществления оперативного реагирования на разливы нефти предложена система подачи активного вещества в зону загрязнения, описывается ее состав и принцип действия. В качестве активного вещества выбран сорбент марки СТРГ. Авторами высказывается мнение об обязательности использования подобных систем на ледоколах, судах-снабженцах на нефтепромыслах и спасателях.

**Ключевые слова:** Северный морской путь, разлив нефти, сорбент, пульпа, струйный смеситель, сорбент термо-расщепленный графитовый, ледовый покров, система подачи активного вещества.

## **Ships system for supplying the active substance to the contaminated area**

**Sergey V. Petrashev**<sup>1</sup>  
*ORCID: 0000-0003-3183-5150*

**Andrey A. Panasenko**<sup>1</sup>  
*ORCID: 0000-0003-2067-884X*

**Oleg V. Moskalenko**<sup>1</sup>  
*ORCID: 0000-0003-3121-5234*

<sup>1</sup>*Maritime State University named after admiral G.I. Nevelskoi, Vladivostok, Russia*

**Abstract.** Due to the increase in cargo turnover, cargo operations and the number of ships transit through the Northern Sea Route, a great increase in the number and total amount of oil pollution from ships in the polar region is predicted. The article provides information about the distance of oil pollution places from the bases of forces and means for oil spill cleanup. The data on the command structure and their equipment are presented. The necessity of taking measures to eliminate oil pollutions as soon as possible is represented. For the implementation of prompt response to oil pollution, a system for supplying an active substance to the pollution zone is proposed, its composition and principle of operation are described. The STRG brand sorbent was chosen as the active substance. The authors believe the use of such systems on icebreakers, supplier ships, oil fields and rescue ships is necessary.

**Keywords:** Northern Sea Route, oil pollution, sorbent, pulp, jet mixer, thermo-split graphite sorbent, ice cover, active substance supply system.

В современных условиях таяния полярных льдов и глобального потепления активное использование Северного морского пути (СМП) становится весьма актуальным. Ежегодно увеличивается как количество судов, проходящих по этому пути, так и общий грузооборот. Если в 2010 году по СМП было перевезено 2190 тыс. тонн груза, то в 2020 уже 32970 к 2024 году ставится задача достижения величины в 80 млн. тонн [1], а к 2030 году их количество может достигнуть 120 млн. тонн. Изменение грузооборота по СМП представлено в таблице 1.

Таблица 1

**Изменение грузооборота по трассе Северного морского пути**

Данные	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Общий объем перевозок, тыс. т	1600	3707	5392	7266	9932	20180	31500	32970	34850
Объем транзитных перевозок, тыс. т	1160	274,3	39,6	215,5	194,4	491,3	697,2	>1200	-
Количество проведенных ледоколами судов	Н/Д*	129	195	411	493	331	Н/Д*	Н/Д*	Н/Д*
Средний gross тоннаж, gross тонн	Н/Д*	12862	10474	11971	14555	38392	Н/Д*	Н/Д*	Н/Д*

\* – нет данных

В ближайшие годы основная часть объема грузов, перевозимого по СМП, будет поступать от российских предприятий, и его существенную часть будет представлять нефть из заполярных месторождений. В бухте Север планируется строительство терминала для перевозки нефти с месторождений на полуострове Таймыр. Проектная мощность сооружений 7,5 млн. т/год. В планы ПАО «НК «РОСНЕФТЬ» входит создание «Арктического кластера» с транспортировкой по Северному морскому пути до 100 млн. тонн нефти в год. [2].

Администрацией Северного морского пути с начала 2020 года к декабрю того же года выдано более 1000 разрешений на плавание в акватории СМП (в т.ч. 156 разрешений выдано для судов, под иностранным флагом) [3].

Столь значительный рост тоннажа и числа судов в полярных водах России будет приводить к заметному увеличению воздействия на экосистему северных акваторий. Эксплуатация большого количества судов в суровых условиях Арктики неизбежно приведет к увеличению числа сбросов нефти и ее общего количества, как при аварийных разливах, так и при грузовых операциях танкеров. Известно, что из общего количества попадающих в океан нефти и нефтепродуктов примерно 35% приходится на долю морского флота. При этом порядка 25% от общего её количества поступает с танкеров и 10% - с судов других типов [4].

Северный морской путь является частью Северного транспортного коридора, который включает крупные порты Мурманск, Архангельск, Нарьян-Мар, а также собственно порты СМП: Сабетта, Диксон, Тикси, Певек. В зимний период схожие условия также в восточных полярных портах Провиденция и Петропавловск-Камчатский. В шести из указанных портов располагаются подразделения ФГБУ «Морской спасательной службы», в которых имеются силы и средства для ликвидации разливов нефти. В двух из них (Мурманск, Диксон) располагаются морские спасательно-координационные центры (МСКЦ), а еще в четырех морские

спасательные подцентры (МСПЦ), каждый из центров отвечает за поисково-спасательные работы в своем закрепленном районе [5]. Расстояние между указанными портами представлено в таблице 2. Расстояние определялось по наиболее короткому пути с помощью программы «port distances software» Seamatrix [6].

Таблица 2

**Расстояние между портами Северного морского пути**

Порт	МСКЦ	МСПЦ	Расстояние, морских миль
Мурманск	+		452
Архангельск		+	
Нарьян-Мар			672
Сабетта			707
Диксон	+		288
Тикси		+	1087
Певек		+	1044
бухта Провидения			735
Петропавловск-Камчатский		+	1131

Расположение пунктов передового базирования ФГБУ «Морская спасательная служба» представлено на карте (рис. 1).



Рис.1. Расположение пунктов передового базирования ФГБУ «Морская спасательная служба»

Данные представленные в табл. 1 показывают, что на акватории от пролива Карские ворота до Петропавловска-Камчатского расстояние между пунктами передового базирования составляет более тысячи миль, а сами районы ответственности являются огромной акваторией. При этом на всем протяжении Северного морского пути ФГБУ "МОРСПАССЛУЖБА" имеет возможность задействовать только 8 спасательных плавсредств. Оснащённость групп аварийно-спасательной готовности (АСГ) в пунктах передового базирования (ППБ) представлена в таблице 3 [7].

. Таблица 3

**Перечень оборудования групп аварийно-спасательной готовности  
ФГБУ "МОРСПАССЛУЖБА" в акватории Северного морского пути  
и в морском порту Провидения**

Расположение АСГ	Снаряжение	Примечание
Группа АСГ в ППБ морской порт Диксон (4 человека) круглогодично	Боновое заграждение тип БПП-1100	250 м.
	Боновое заграждение тип БПП-830	100 м.
	Скиммер тип «Десми Минни Макс» (производительностью 35 куб.м./час.) Надувная лодка с подвесным мотором	1 комплект 1 комплект
Группа АСГ в ППБ морской порт Тикси (3 человека) июль-октябрь	Боновое заграждение тип БПП-600 Нефтесборная система тип «Десми-250» (производительностью 70 куб.м./час.)	200 м. 1 комплект
Группа АСГ в ППБ морской порт Певек (3 человека) июль-октябрь	Боновое заграждение тип БПП-1100	130 м.
	Боновое заграждение тип БПП-830	150 м.
	Скиммер НСУ тип «Валосеп В2» (производительностью 40 куб.м./час.) Сорбент	1 комплект 150 кг.
Группа АСГ в ППБ морской порт Провидения (3 человека) июль-октябрь	Боновое заграждение тип БПП-830	150 м.
	Скиммер НСУ тип «Валосеп В1» (производительностью 40 куб.м./час.)	1 комплект
	Сорбент	150 кг.

Анализ сил и средств АСГ показывает их явную недостаточность в случае серьезного разлива нефти. Кроме того, при столь огромных расстояниях, особенно в суровых погодных условиях Арктики, может потребоваться чрезмерно длительное время для их доставки к месту разлива. При этом очевидна необходимость начала активных мероприятий по ликвидации разливов нефти в максимально сжатые сроки, в идеале – сразу после обнаружения [8]. Это возможно, только при наличии эффективных средств для ликвидации разливов нефти на борту судна или хотя бы одного из судов в составе каравана.

В МГУ им. адм. Г.И. Невельского предложена система подачи активного вещества (СПАВ) в зону загрязнения [9, 10]. В качестве активных веществ могут быть применены сорбенты, диспергенты, окислители, микроорганизмы и др. По результатам анализа свойств и особенностей использования различных видов активных веществ, для первоначальной обработки пятна нефтяного сброса, был выбран сорбент марки СТРГ (сорбент терморасщепленный графитовый). Данный вид сорбента представляет собой сыпучий материал с величиной гранул от 1 до 2,5 мм, обладает насыпной плотностью не более 12 кг/м<sup>3</sup> [11, 12]. При столь малой плотности, СТРГ обладает абсолютной плавучестью, а так же высокой скоростью сорбции нефти, он химически инертен, олеофилен и гидрофобен, при длительном пребывании в морской воде не намокает, а его свойства остаются стабильными.

Схема предложенной системы приведена на рисунке 2. Система содержит насос заборной воды 1 (предпочтительно, пожарный), смесительное устройство 2 для подачи сорбента в воду, трубопроводы 3, распределитель кранового типа 4, гибкие рукава 5, гидромонитор 6 и подводное устройство-распылитель 7.

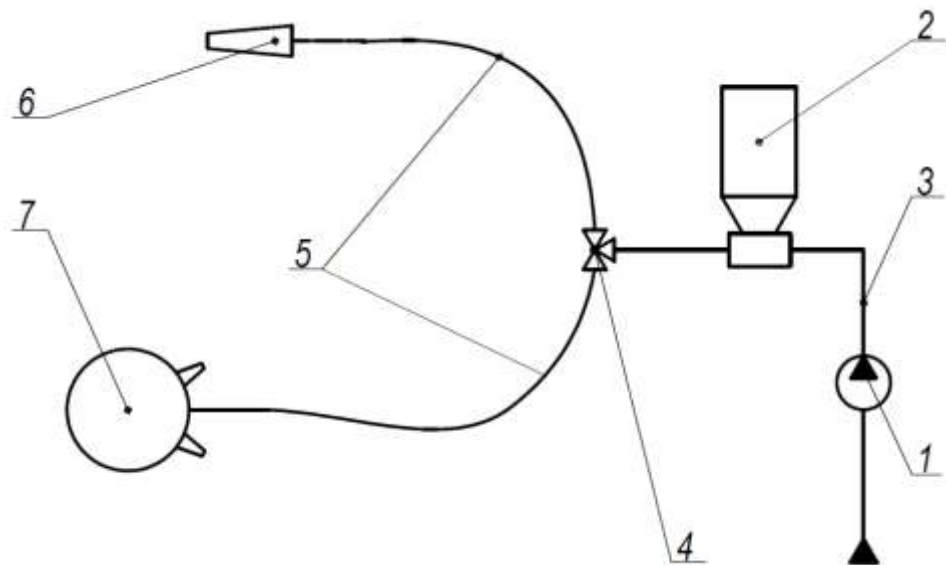


Рис. 2. Схема системы подачи активного вещества в зону загрязнения  
1 – насос заборной воды, 2 – смесительное устройство, 3 – трубопровод, 4 – кран-распределитель, 5 – гибкий рукав, 6 – гидромонитор, 7 – подводное устройство-распылитель

Принцип действия системы заключается в следующем. После обнаружения нефтяного сброса, под воду (под поле битого или сплошного льда) спускается подводное устройство-распылитель активного вещества 7, ему предварительно задается необходимая глубина погружения. Это устройство является гидрореактивным аппаратом с двумя, симметрично расположенными с разных

сторон, соплами [8]. Управление устройством производится подачей воды к обоим соплам (при прямолинейном движении) или одному из них (при повороте). После погружения в воду устройства 7, от насоса 1 по трубопроводу 3 и гибким рукавам 5, через кран-распределитель 4 подается забортная вода. Выход воды с большой скоростью через сопла подводного устройства-распылителя вызывает реактивную тягу, это позволяет переместить последний в нужном направлении и на необходимое расстояние. При приближении устройства-распылителя к нефтяному пятну в смесительном устройстве 2 начинается подача сорбента в поток воды. Далее пульпа, содержащая сорбент и забортную воду, подается к крану-распределителю 4, а от него к подводному устройству-распылителю. Находящееся под нефтяным пятном устройство-распылитель, через сопла, выпускает в воду пульпу на заданной глубине. Плавающий сорбент всплывает на поверхность воды или к нижней части ледяного поля. На пути движения вверх сорбируется нефть находящаяся, как в толще воды, так и на ее поверхности или под ледяным покровом, а также в трещинах и разрывах. Если акватория не покрыта льдом, а нефтяное пятно находится в зоне действия гидромонитора 6, то кран-распределитель 4 переводится на подачу водо-сорбентной пульпы к гидромонитору и зона загрязнения обрабатывается с его помощью.

Предложенная система содержит два критически важных новых элемента – подводное устройство-распылитель и смесительное устройство. Краткое описание первого было сделано выше. В качестве второго нами предложено использовать смеситель струйного типа, в силу целого ряда преимуществ перед другими разновидностями. В процессе исследования было предложено несколько новых конструкций струйных смесителей и устройств подачи сыпучих веществ к ним [13, 14].

При исследованиях эффективности ввода сорбента в поток воды экспериментально установлено явление сводообразования в сорбенте марки СТРГ во всем технически оправданном диапазоне размеров выходного отверстия бункерного устройства смесителя [15]. Данный факт свидетельствует о необходимости обязательного применения устройств разрушения свода (УРС). В силу рыхлой структуры сорбента марки СТРГ, малой насыпной плотности и незначительной взаимосвязи его гранул между собой, использование в качестве УРС вибраторов – малоэффективно. Более рациональным представляется применение УРС других типов, например, шнекового.

### **Заключение**

Применение на судах предложенной системы позволит в максимально короткий срок принять действенные меры к предотвращению распространения нефтяного пятна на значительной акватории и снизить экологический ущерб от разливов. Также, авторы считают, что суда, проходящие Северным морским путем, должны быть обеспечены различными средствами для ликвидации разливов нефти. А судовые энергетические установки трёх типов судов должны содержать вспомогательные системы - подачи активного вещества в зону загрязнения. В число судов, с обязательным наличием СПАВ, должны входить ледоколы, суда-снабженцы на нефтепромыслах и спасательные, на других судах подобные системы могут устанавливаться, как дополнительная опция. В последнем случае для водоснабжения системы может быть задействована пожарная система судна, а комплект оборудования располагаться на палубе, в стандартном контейнере.

**Список литературы**

1. Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2018 № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 г.»
2. Северный морской путь: история, регионы, проекты, флот и топливообеспечение. Том 3. М.: Центр энергетике Московской школы управления СКОЛКОВО. июль 2020
3. Сайт Информационно-аналитического агентства «ПортНьюс» <https://portnews.ru/news/306100/> (Дата обращения 26.06.2022)
4. Нунупаров С.М. Предотвращение загрязнения моря с судов. -М.: Транспорт, 1985. - 288с.
5. Сайт Федеральное агентство Морского и речного транспорта Министерства транспорта Российской Федерации [https://morflot.gov.ru/deyatelnost/napravleniya\\_deyatelnosti/morskoy\\_flot/funktsionalnyie\\_podsistemyi\\_rossmorrechflota/spisok\\_mskts\\_i\\_m\\_spts.html](https://morflot.gov.ru/deyatelnost/napravleniya_deyatelnosti/morskoy_flot/funktsionalnyie_podsistemyi_rossmorrechflota/spisok_mskts_i_m_spts.html), (Дата обращения 28.06.2022)
6. Сайт разработчика программы Seamatrix. <https://seamatrix.net>. Дата обращения 28.06.2022
7. Сайт ФГБУ Администрация северного морского пути <http://nsra.ru/ru/pso.html> (Дата обращения 26.06.2022)
8. Understanding Oil Spills and Oil Spill Response. EPA Office of Emergency and Remedial Response. <https://www.epa.gov/sites/default/files/2018-01/documents/ospguide99.pdf> (Дата обращения 30.06.2022)
9. Городников О.А., Монинец С.Ю., Петрашёв С.В. Устройство для подводного введения сорбента. Патент на полезную модель RU 144489 U1, 20.08.2014. Заявка № 2013147318/13 от 09.01.2014.
10. А.К. Тюльканов, С.В. Петрашев, М.И. Моисеенко, И.А. Перехода, А.В. Куренский. Новая судовая система как способ обеспечения экологической безопасности в условиях арктического шельфа. Вестник инженерной школы ДВФУ. Владивосток, 2021. № 1(46)
11. ТУ 2164-001-05015070-97. Сорбент терморасщепленный графитовый
12. Сакович Н.Е. Методы и средства ликвидации последствий разливов нефти и нефтепродуктов. Монография / Брянск, 2012.
13. Петрашёв С.В., Тюльканов А.В., Самойленко Ю.Р. Смесительная установка струйного типа. Патент на изобретение RU 2680079 C1, 14.02.2019. Заявка № 2018106217 от 19.02.2018.
14. Гриванова О.В., Моисеенко М.И., Петрашёв С.В., Тюльканов А.В. Смесительная установка струйного типа с кольцевым соплом. Патент на изобретение 2722993 C1, 05.06.2020. Заявка № 2019143536 от 20.12.2019
15. Тюльканов А.К., Петрашёв С.В., Панасенко А.А., Моисеенко М.И. Струйная смесительная установка для ввода легкого сыпучего вещества в поток жидкости. Научные проблемы водного транспорта. 2021. № 68. С. 109-119.

**References**

1. Ukaz Prezidenta Rossiiskoi Federatsii ot 07.05.2018 № 204 «O natsional'nykh tselyakh i strategicheskikh zadachakh razvitiya Rossiiskoi Federatsii na period do 2024 g.», (In Russ).
2. Severnyi morskoi put': istoriya, regiony, proekty, flot i toplivoobespechenie. [The Northern Sea Route: history, regions, projects, fleet and fuel supply] Tom 3. M.: Tsentr ehnergetiki Moskovskoi shkoly upravleniya SKOLKOVO. iyul' 2020, (In Russ)
3. Sait Informatsionno-analiticheskogo agentstva «PortN'yuS» <https://portnews.ru/news/306100/> (accessed 26.06.2022), (In Russ)
4. Nunuparov S.M. Predotvrashchenie zagryazneniya morya s sudov. [Prevention of marine pollution from ships.] -M.: Transport, 1985. -288s. , (In Russ)
5. Website of the Federal Agency for Sea and River Transport of the Ministry of Transport of the Russian Federation [https://morflot.gov.ru/deyatelnost/napravleniya\\_deyatelnosti/morskoy\\_flot/funktsionalnyie\\_podsistemyi\\_rossmorrechflota/spisok\\_mskts\\_i\\_m\\_spts.html](https://morflot.gov.ru/deyatelnost/napravleniya_deyatelnosti/morskoy_flot/funktsionalnyie_podsistemyi_rossmorrechflota/spisok_mskts_i_m_spts.html), (accessed 28.06.2022)
6. The website of the developer of the Seamatrix program. <https://seamatrix.net>. (accessed 28.06.2022)
7. Sait FGBU Administratsiya severnogo morskogo puti <http://nsra.ru/ru/pso.html> (accessed 26.06.2022)

8. Understanding Oil Spills and Oil Spill Response. EPA Office of Emergency and Remedial Response. <https://www.epa.gov/sites/default/files/2018-01/documents/ospguide99.pdf> (accessed 30.06.2022)
9. Gorodnikov O.A., Moninets S.YU., Petrashev S.V. Ustroistvo dlya podvodno-go vvedeniya sorbenta. [Device for underwater introduction of sorbent.] Patent RU 144489 U1, 20.08.2014. Zayavka № 2013147318/13 ot 09.01.2014 , (In Russ)
10. A.K. Tyul'kanov, S.V. Petrashev, M.I. Moiseenko, I.A. Perekhoda, A.V. Ku-renskii. Novaya sudovaya sistema kak sposob obespecheniya ehkologicheskoi bezopasnosti v usloviyakh arkticheskogo shel'fa. [A new ship system as a way to ensure environmental safety in the conditions of the Arctic shelf], FEPU: School of Engineering Bulletin. Vladivostok, 2021. № 1(46) , (In Russ)
11. TU 2164-001-05015070-97. Sorbent termorasshcheplynniy grafitoviy, [Thermally-split graphite sorbent] (In Russ)
12. Sakovich N.E. Metody i sredstva likvidatsii posledstviy razlivov nefiti i nefteproduktov. [Methods and means of liquidation of consequences of oil and oil products spills] Monografiya / Bryansk, 2012. , (In Russ)
13. Petrashev S.V., Tyul'kanov A.V., Samoilenko YU.R. smesitel'naya ustanovka struinogo tipa. [Jet-type mixing unit] Patent na izobretenie RU 2680079 C1, 14.02.2019. Zayav-ka № 2018106217 ot 19.02.2018. , (In Russ)
14. Grivanova O.V., Moiseenko M.I., Petrashev S.V., Tyul'kanov A.V. Smesi-tel'naya ustanovka struinogo tipa s kol'tsevym soplom. [Jet-type mixing unit with an annular nozzle. Patent na izobretenie 2722993 C1, 05.06.2020. Zayavka № 2019143536 ot 20.12.2019, (In Russ)
15. Tyul'kanov A.K., Petrashev S.V., Panasenko A.A., Moiseenko M.I. Struinaya smesitel'naya ustanovka dlya vvoda legkogo sypuchego veshchestva v potok zhidkosti. [Jet mixing plant for the introduction of a light bulk substance into the liquid flow.] , Russian Journal of Water Transport. 2021. № 68. S. 109-119.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Петрашёв Сергей Владимирович**, к.т.н., доцент, профессор кафедры теории и устройства судна, МГУ им. адм. Г.И. Невельского. г. Владивосток, ул. Верхнепортовая, 50а, e-mail: petrashov@msun.ru

**Панасенко Андрей Александрович**, к.т.н., доцент, доцент кафедры эксплуатации автоматизированных судовых энергетических установок МГУ им. адм. Г.И. Невельского. г. Владивосток, ААPanasenko@msun.ru

**Москаленко Олег Владимирович**, аспирант кафедры судовых двигателей внутреннего сгорания МГУ им. адм. Г.И. Невельского, г. Владивосток, ул. Верхнепортовая, 50а, e-mail: Moskalenko-ov@dvgosmornadzor.ru

**Sergey V. Petrashev**, PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Theory and Vessel Construction Department, Maritime State University named after admiral G.I. Nevelskoi. 690059, 50a, Verkhneportovaya St., Vladivostok, Russia.

**Andrey A. Panasenko**, PhD in Engineering Science, Associate Professor of Ship's Power Plants Automation Department, Maritime State University named after admiral G.I. Nevelskoi. 690059, 50a, Verkhneportovaya St., Vladivostok, Russia.

**Oleg V. Moskalenko**, postgraduate of Ship's Internal Combustion Engines Department, Maritime State University named after admiral G.I. Nevelskoi, 690059, 50a, Verkhneportovaya St., Vladivostok, Russia.

Статья поступила в редакцию 24.07.2022; опубликована онлайн 20.12.2022.  
Received 24.07.2022; published online 20.12.2022.