

ОЧИСТКА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ

УДК 349.6:504.06:622.276

DOI: 10.33285/2411-7013-2021-3(300)-38-44

ПРАВИЛА ПРИМЕНЕНИЯ ДИСПЕРГЕНТОВ ДЛЯ ЛИКВИДАЦИИ АВАРИЙНЫХ РАЗЛИВОВ НЕФТИ В МОРСКИХ АКВАТОРИЯХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Т.В. Моколучина (канд. техн. наук), К. Осипов (канд. хим. наук),
Т.А. Марютина (д-р хим. наук)

Представлен анализ современной нормативной базы, регулирующей применение диспергентов как метода ликвидации аварийных разливов нефти с водной поверхности на территории Российской Федерации. В связи с вступившими в силу с 1 января 2021 г. изменениями в экологическом законодательстве, использование химических веществ в качестве независимого метода ликвидации разлива нефти или дополнительного к механическому сбору нефти для доочистки акватории становится особенно актуальным. Отмечено, что по состоянию на 2021 г. существующая нормативная документация, определяющая правила применения диспергентов, требует обновления. Обоснована необходимость разработки и утверждения в Российской Федерации методов определения эффективности диспергентов на основе существующих стандартных методик ASTM F2059-17 (SFT-тест) и ASTM F3251-17 (BFT-тест) с учетом особенностей состава добываемых нефтей и характеристик регионов использования диспергентов. Показано влияние выбора лабораторного метода определения эффективности диспергента на оценку возможности применения диспергента для ликвидации аварийного разлива нефти.

Ключевые слова: диспергент нефти; аварийный разлив нефти; план ликвидации аварийного разлива нефти; экологическое законодательство; экология; эффективность диспергента; методика определения эффективности.

REGULATORY POLICY FOR USING OIL DISPERSANTS TO ELIMINATE OIL EMERGENCY SPILLS IN THE OFFSHORE AREAS OF THE RUSSIAN FEDERATION

T.V. Mokochunina, K. Ossipov, T.A. Maryutina

The paper analyzes the contemporary legislative documentation regulating the use of chemical dispersants as a method of emergency oil spills elimination at the water surface in the Russian Federation. In connection with the changes in the environmental legislation that came into force on January 1, 2021, the use of chemicals as an independent method of oil spill elimination or an additional method to mechanical oil recovery for additional treatment of the water area is becoming especially relevant. It is noted that the previously adopted regulatory documentation governing the rules for the use of dispersants requires updating. The necessity of development and approving the test method for dispersant effectiveness determination in the Russian Federation based on the existing standard test methods ASTM F2059-17 (SFT-test) and ASTM F3251-17 (BFT-test) is substantiated. The test methods should be developed, considering some specific features of the produced oil composition and the characteristics of the regions, where these dispersants will be used. The influence of the laboratory method selection for determining the dispersant efficiency on the assessment of the dispersant possible use to eliminate an emergency oil spill response method is shown.

Keywords: oil spill dispersant; emergency oil spill; oil spill elimination plan; ecological legislation; ecology; dispersant effectiveness; test method for determining a dispersant effectiveness.

Площадь континентального шельфа, находящегося под юрисдикцией Российской Федерации, составляет приблизительно 5 млн км², или около одной пятой площади всего шельфа Мирового океана [1]. На шельфе содержится четверть всех запасов нефти и газа РФ, и более 70 % его площади благоприятны с точки зрения добычи полезных ископаемых, а именно нефти и газа. Начало активной добычи и транспортировки нефти на территории континентального шельфа РФ приводит к существенному увеличению потенциальных рисков аварийных разливов нефти в морской акватории.

Согласно п. 15а Указа Президента РФ от 07.05.2018 г. № 204 "О национальных целях и стратегических задачах развития РФ на период до 2024 года", к 2024 г. планируются развитие Северного морского пути и увеличение грузопотока по нему до 80 млн т. Для обеспечения указанного требования Распоряжением Правительства РФ от 21.12.2019 г.

№ 3120-р утвержден план развития инфраструктуры Северного морского пути на период до 2035 г. Модернизация портов, терминалов, строительство грузовых ледоколов, геологическое изучение недр на территории Арктической зоны РФ и прочие мероприятия, заложенные в плане [2], приведут к увеличению грузопотока и, в частности, к повышению объемов перевалки и перевозки нефти на арктической территории РФ.

В мировой практике известно четыре метода ликвидации разлива нефти: механический, физико-химический, термический и биологический. Приоритетным является сбор нефти механическими средствами, позволяющий даже при благоприятных условиях собирать не более 30 % разлитой нефти [3, 4]. Термический метод требует особых мер пожарной безопасности, поэтому во многих странах – это крайняя мера ликвидации разливов нефти. Применение микробиологических веществ ограничено определен-

ными климатическими условиями, в которых данное вещество эффективно. В качестве альтернативы в мире с 1960-х гг. используют химические реагенты – диспергенты, рассеивающие нефтяное пятно в толщу воды с последующим его уничтожением микроорганизмами водоема.

К настоящему времени на рынке существуют низкотоксичные препараты, так называемые диспергенты третьего поколения, разработано и усовершенствуется соответствующее оборудование для их распыления с судов или авиатранспорта, а также накоплен достаточный опыт применения диспергентов в реальных условиях. Например, для ликвидации последствий катастрофы в Мексиканском заливе в 2010 г. были применены диспергенты Corexit 9527 и Corexit 9500 (США).

Эффективность диспергентов ограничивается параметрами, наиболее важными из которых являются морские условия и свойства нефти. Для успешного применения диспергентов необходимо наличие минимальной энергии волн, а вязкость нефти не должна превышать 10 тыс. мм²/с [5]. Именно поэтому введено такое понятие, как окно возможности применения диспергентов (window of opportunity) – время, в течение которого применение диспергента нефти наиболее эффективно. В источниках сообщается, что применение диспергента в качестве метода ликвидации разлива нефти должно быть осуществлено в первые 4 сут после разлива нефти на водную поверхность. Далее химическое диспергирование нефти затруднено в связи с трансформацией нефти (выветривание нефти) и значительным увеличением ее вязкости.

В некоторых странах применение диспергентов утверждено на законодательном уровне, разработаны процедуры их одобрения и перечни предварительно одобренных препаратов [6–11]. Кроме того, существуют межправительственные организации, созданные для обсуждения общих вопросов загрязнения акваторий, в том числе нефтью, и обмена опытом государств и частных компаний. Наиболее крупные из них: Международная морская организация ИМО (International Maritime Organization), Европейское агентство морской безопасности EMSA (European Maritime Safety Agency), Международная федерация владельцев танкеров по предотвращению загрязнения ИТОПФ (The International Tanker Owners Pollution Federation). Указанные организации в процессе своей деятельности разрабатывают внутренние руководства и инструкции в области применения диспергентов, которые далее могут быть использованы странами для подготовки законодательных нормативных документов [5, 12, 13].

Изменения в экологическом законодательстве с 1 января 2021 г.

С 1 января 2021 г. вступили в силу нормативные документы [14, 15], определяющие требования к утверждению эксплуатирующей организацией Плана предупреждения и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов (план ЛРН). Здесь и далее эксплуатирующей признается организация, осуществляющая

деятельность в областях геологического изучения, разведки и добычи углеводородного сырья, а также переработки (производство), транспортировки, хранения, реализации углеводородного сырья и произведенной из него продукции [5]. В плане ЛРН каждая эксплуатирующая организация обязана предоставить информацию о наличии сил и средств, необходимых и достаточных для ликвидации расчетного аварийного разлива нефти.

Новыми по сравнению с утратившим силу одноименным постановлением [16] являются п. 3 и 4 о проведении комплексных учений по подтверждению готовности организации к действиям по локализации и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов. В соответствии с п. 5.7 [6] во время комплексных учений должны быть проведены следующие мероприятия:

- локализация разлитой нефти;
- применение средств сбора нефти;
- доочистка акватории.

В постановлении [6] не представлено развернутого описания мероприятий по доочистке акватории. В связи с тем что механическими средствами возможно собрать не более 30 % разлитой нефти, доочистка акватории может быть проведена с применением химических средств, например с применением диспергентов.

Порядок одобрения и применения диспергентов на территории РФ

С 2005 г. на территории РФ действует нормативный документ СТО 318.4.02-2005 "Правила применения диспергентов для ликвидации аварийных разливов нефти" [3], который содержит основные положения и требования для предварительного одобрения диспергента на территории РФ, а также требования экологически безопасного применения диспергентов при ликвидации разливов нефти с морской водной поверхности.

В соответствии с п. 3.1 Правил [3] предпочтительное применение механических средств сбора нефти с поверхности моря, а при ликвидации разливов нефти большого объема должно рассматриваться применение всех средств ликвидации разливов нефти в море – диспергентов и механических средств. Количественной характеристики большого объема нефти в документе не приводится.

В Правилах также указывается, что решение об использовании диспергентов нефти принимается только на основе проведенного анализа суммарной экологической выгоды (АСЭВ) [17] для района, подвергшегося загрязнению или который находится под угрозой загрязнения. АСЭВ для диспергентов нефти – это оценка положительных и отрицательных последствий использования диспергентов для биоресурсов и экономики рассматриваемого района в зависимости от времени года, рыбохозяйственной, экономической и социальной ценности района, состояния запасов рыбы и других биологических ресурсов. В соответствии с Правилами диспергенты используются в тех случаях, когда АСЭВ показывает, что отказ от их

применения приведет к более опасным негативным последствиям для биологических ресурсов и объектов экономики.

Согласно п. 4.1 Правил [3] к применению допускаются только те диспергенты, для которых:

- проведена оценка острой и хронической токсичности, разработаны и утверждены в установленном порядке предельно допустимые концентрации (ПДК) или временные нормативы ориентировочно безопасного уровня воздействия (ОБУВ) для воды морских водоемов и методики их контроля в воде;
- имеется заключение органов государственного санитарно-эпидемиологического надзора;
- оценена эффективность диспергентов в экспериментальных условиях.

По состоянию на 2021 г. утверждение Росрыболовством или Минсельхозом России временных нормативов ОБУВ (срок действия 2 года) на законодательном уровне не предусмотрено [18–20]. То есть для применения диспергента в соответствии с Правилами [3] в настоящее время требуется утверждение норматива ПДК.

С 1 июля 2010 г. решением Комиссии Таможенного союза № 299 от 18 июня 2010 г. выдача санитарно-эпидемиологических заключений (СЭЗ) прекращена. СЭЗ заменено на обязательное для диспергентов (на основе поверхностно-активных веществ) свидетельство о государственной регистрации продукции Таможенного союза (группа товарной номенклатуры внешнеэкономической деятельности Евразийского экономического союза – 34).

Таким образом, каждая эксплуатирующая организация, ведущая свою деятельность в определенном районе, для применения диспергента и фиксирования данного факта в плане ЛРН по состоянию на 2021 г. должна:

- провести АСЭВ применения диспергентов в районе ведения деятельности;
- оценить эффективность планируемого к применению диспергента в экспериментальных условиях;
- разработать и утвердить норматив ПДК планируемого к применению диспергента для воды морских водоемов;
- получить свидетельство о государственной регистрации продукции.

Предварительно одобренные в РФ диспергенты

В приложении Б Правил [3] указаны предварительно одобренные для применения на территории РФ диспергенты на момент опубликования документа (2005 г.): ОМ-84, ОМ-6 (Россия) и Корексит 9527 (США). По состоянию на 2021 г. для применения на территории РФ одобрены диспергенты Corexit 7664, Corexit 9527A (США) и Finasol OSR 52 (Франция). По имеющейся информации, диспергенты Corexit 7664 (США), ОМ-84 и ОМ-6 (Россия) более не производятся. То есть на данный момент при ликвидации аварийных разливов нефти на территории РФ допустимо применение лишь двух коммерчески доступных дис-

пергентов иностранного происхождения – Corexit 9527A (США) и Finasol OSR 52 (Франция). Здесь требуется особенно отметить, что по состоянию на январь 2021 г. на территории РФ диспергенты не производятся.

В соответствии с п. 4.4 и 5.3 Правил [3] диспергент должен обеспечивать удаление нефтяной пленки с поверхности моря при максимальном соотношении диспергент:нефть (ОДН) – 1:10. Значение ОДН должно непосредственным образом соотноситься с токсичностью диспергента, а именно с его ПДК. Так, например, диспергенты Corexit 9527A и Finasol OSR 52 имеют значения ПДК 0,02 и 0,8 мг/л соответственно [21]. То есть величины, характеризующие максимальное количество вещества, которое может находиться в водном объекте в момент времени без вреда для живых организмов, отличаются для указанных диспергентов в 40 раз. При этом в соответствии с п. 9.8 Правил [3] при обработке пятна нефти диспергентом не допускается превышение только начальной концентрации диспергента величины острой летальной концентрации ЛК₅₀, или LC₅₀, (так называемая острая токсичность) данного диспергента, а о связи концентрации вносимого диспергента (ОДН) с утвержденным значением ПДК в Правилах [3] ничего не сообщается. В связи с тем что операция по ликвидации нефтяных разливов может занимать не одни сутки, величина ПДК как характеристика долгосрочного влияния на живые организмы должна быть учтена.

Таким образом, поскольку максимальное значение ОДН является переменной величиной в зависимости от состава диспергента, оно должно рассчитываться индивидуально для каждого диспергента в зависимости от величины летальной концентрации LC₅₀ и значения ПДК конкретного диспергента, а не ограничиваться значением 1:10, как это указано в Правилах [3].

Методы определения эффективности диспергентов

Как было указано выше, к применению на территории РФ разрешаются диспергенты, для которых оценена эффективность в экспериментальных условиях [3]. Под эффективностью диспергента обычно понимается выраженная в процентах от исходных объема или массы доля нефти, рассеянной в толщу воды в результате действия данного препарата.

В Правилах [3] не приведено пороговое значение эффективности диспергента, то есть количественная характеристика, выраженная в процентах и позволяющая отнести препарат к эффективным или неэффективным, а также не указаны методы определения эффективности диспергента.

В мировой практике для оценки эффективности диспергентов применяют: полевой FET-тест (field effectiveness test) [22], метод раскручивания или вращения колбы SFT-тест (swirling flask test) [23], модифицированный метод раскручивания или вращения колбы BFT-тест (baffled flask test) [24], Labofina/WSL-тест (Warren Spring Laboratory test) [25], EXDET-тест (Exxon dispersant effectiveness test) [26], IFP-тест (Insti-

tut Français du Pétrole) [27] и MNS-тест (Mackay-Nadeau-Steelman apparatus) [28].

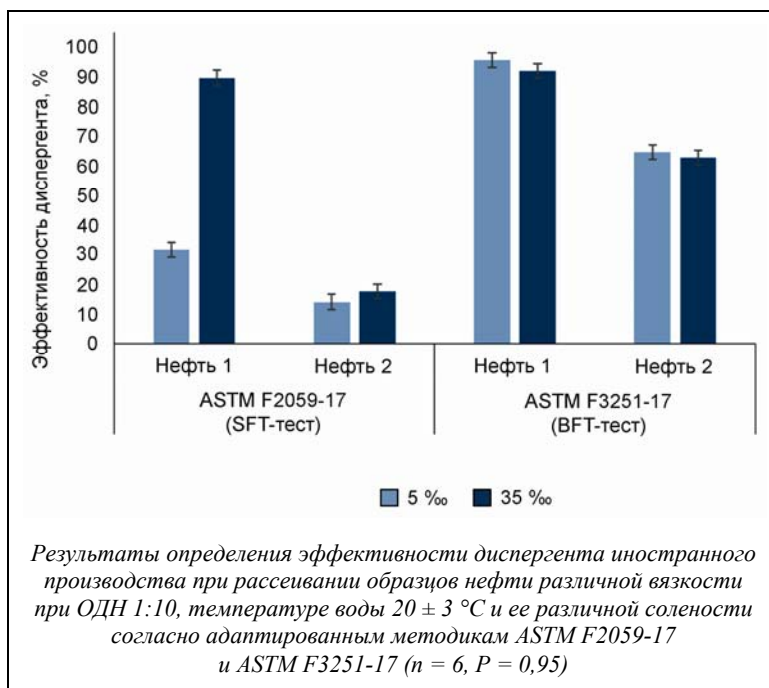
Для SFT- и BFT-тестов Американским обществом по испытанию материалов (American Society for Testing and Materials, ASTM) разработаны стандартные методики: ASTM F2059-17 [29] и ASTM F3251-17 [30] соответственно. Обе стандартные методики рекомендуется применять для сравнения действия различных диспергентов на одну и ту же нефть, сопоставления эффективности одного диспергента при рассеивании нефти разной природы, а также проверки качества партий диспергента при хранении или после воздействия каких-либо факторов, влияющих на его эффективность. При этом особенно подчеркивается, что получаемые с их помощью результаты представляют собой лабораторную оценку и могут отличаться от полученных в полевых условиях результатов.

Подробное сравнение двух указанных стандартных методик приведено в публикации [31]. Критическая оценка указанных документов дана на основании опыта их применения в ООО "Инжиниринговый центр МФТИ".

С методической и технической точек зрения методики ASTM F2059-17 и ASTM F3251-17 практически одинаковы. Различия заключаются в конструкции испытательных емкостей и создаваемых внутри них энергиях перемешивания. SFT-тест принято считать низкоэнергетическим, а BFT-тест – высокоэнергетическим тестами. В связи с этим результаты, полученные по ASTM F2059-17 (SFT-тест), следует рассматривать как оценку условно нижней границы эффективности исследуемого диспергента, а таковые по ASTM F3251-17 (BFT-тест) – условно верхней границы.

Опыт авторов показал, что предложенный в ASTM F2059-17 и ASTM F3251-17 для определения нефти в экстрактах метод ГХ-ПИД далеко не всегда может быть применен. При тестировании некоторых образцов нефти не удается зафиксировать сигналы даже при использовании более чувствительного масс-селективного детектора (вариант ГХ-МС). Предполагаем, что это связано с особенностями состава нефти. В качестве альтернативы предложено применение УВИ-спектрофотометрии после обязательной оптимизации условий измерения для каждой конкретной нефти, заключающейся в выборе характеристической длины волн и степени разбавления получаемых нефтяных экстрактов.

Следует отметить, что, согласно ASTM F2059-17 и ASTM F3251-17, определение эффективности диспергента проводят при строго фиксированном ОДН, равном 1:25 (по массе). В исследовательских же целях значение данной характеристики логично варьировать при постоянстве прочих условий. Это актуально, например, при разработке методики нанесения дис-



пергента, когда необходимо оптимизировать значение данного параметра.

Для комплексной оценки эффективности диспергента, а именно оценки условно нижней и условно верхней границ эффективности диспергента, целесообразно использовать обе методики. Поскольку в РФ не существует разработанной и аттестованной в соответствующем порядке российской методики определения эффективности диспергентов, применение иностранных стандартных методик может стать в нашей стране приоритетным вариантом.

Так, с помощью обеих методик авторами оценена эффективность препарата иностранного производства при рассеивании образцов нефти российского происхождения: незначительной вязкости (нефть 1) и сверхвязкой (нефть 2) при температуре воды 20 ± 3 °C и ее солёности, равной 5 и 35 ‰ (рисунок).

Приведенные данные подтверждают следующее:

- энергия перемешивания оказывает существенное влияние на эффективность диспергента: при применении высокоэнергетической методики ASTM F3251-17 (BFT-тест) численные значения эффективности при прочих равных условиях превышают таковые, полученные с помощью методики ASTM F2059-17 (SFT-тест);

- использование низкоэнергетической методики ASTM F2059-17 (SFT-тест) позволяет более прозрачно оценить изменение действия препарата при варьировании одного из исследуемых параметров, например солёности воды.

Заключение

В связи с вступившими в силу с 1 января 2021 г. изменениями в экологическом законодательстве, становится актуальным применение в РФ диспергентов в качестве независимого метода ликвидации разливов нефти или дополнительного к механическому сбору для возможности доочистки акватории от нефтяного разлива.

По состоянию на 2021 г. единственный нормативный документ, регламентирующий применение диспергентов нефти на территории РФ, – СТО 318.4.02-2005 "Правила применения диспергентов для ликвидации аварийных разливов нефти" – требует:

- актуализации и дополнения п. 4.1 и документов, необходимых и достаточных для возможности применения диспергентов на территории РФ в соответствии с действующим законодательством;
- актуализации и дополнения п. 4.4, а также установления максимального ОДН в зависимости от величин, определяющих острую токсичность и ПДК диспергента;
- определения эффективности диспергентов с утверждением конкретных методов;
- установления порогового значения, позволяющего отнести препарат к эффективным или неэффективным;
- исключения из документа упоминания неактуальных для РФ диспергентов с ссылкой на действующее законодательство, а именно на Приказ Минсельхоз России № 552 от 13.12.2016 г. "Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения" (с изм. от 10.03.2020 г.).

Поскольку в РФ не существует разработанной и аттестованной в соответствующем порядке российской (разработанной российскими учеными) методики определения эффективности диспергентов, применение иностранных стандартных методик, таких как ASTM F2059-17 (SFT-тест) и ASTM F3251-17 (BFT-тест), может стать в нашей стране приоритетным вариантом. На основании опыта их применения в ООО "Инжиниринговый центр МФТИ" можно заключить, что результаты, полученные с помощью SFT-теста, следует рассматривать как оценку условно нижней границы эффективности исследуемого диспергента, а таковые для BFT-теста – условно верхней границы.

В связи с тем что производство диспергентов в РФ отсутствует, а перечень предварительно одобренных для применения на территории РФ диспергентов состоит из двух коммерчески доступных продуктов иностранного происхождения, вопросы создания, производства в РФ и получения разрешения на использование новых эффективных диспергентов приобретают особую актуальность. Разрабатываемые составы диспергентов должны обладать низкой токсичностью и высокой эффективностью к диспергированию нефтей, добываемых на шельфе и/или транспортируемых морским путем, с учетом климатических особенностей регионов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Всемирный фонд дикой природы (WWF): офиц. сайт. – URL: <https://new.wwf.ru> (дата обращения 10.02.2021).
2. Об утверждении плана развития инфраструктуры Северного морского пути на период до 2035 года: распоряжение Правительства РФ от 21.12.2019 № 3120-р. – URL:

<http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201912300038> (дата обращения 10.02.2021).

3. СТО 318.4.02-2005. Правила применения диспергентов для ликвидации аварийных разливов нефти: стандарт организации: утв. и введ. в действие Постановлением Технического комитета 318 "МОРФЛОТ" № 2 от 01.11.2005 г.; дата введ. 2005–12–01. – СПб, 2005. – 21 с.
4. The effectiveness testing of oil spill-treating agents / M.F. Fingas, D.A. Kyle, N. Laroche [et al.] // *The Use of Chemicals in Oil Spill Response* / ed. by P. Lane. – West Conshohocken, PA: ASTM International, 1995. – P. 286–298. – DOI: 10.1520/STP15396S
5. Применение диспергентов для обработки нефтяных разливов: технический информационный документ / ИТОПФ. – 2011. – 12 p. – URL: https://www.itopf.org/uploads/translated/TIP_4_2011_RU_FINAL_01.pdf (дата обращения 12.02.2021).
6. Lunel T. Dispersants pre-approvals best practice // *Int. Oil Spill Conf. Proc.* – 2001. – Vol. 2001, Issue 1. – P. 441–444. – DOI: 10.7901/2169-3358-2001-1-441
7. Steen A., Findlay A. Frequency of dispersant use worldwide // *Int. Oil Spill Conf. Proc.* – 2008. – Vol. 2008, Issue 1. – P. 645–649. – DOI: 10.7901/2169-3358-2008-1-645
8. Knol-Kauffman M., Arbo P. Oil spill response in the Arctic: Norwegian experiences and future perspectives // *Marine Policy*. – 2014. – Vol. 50, Part A. – P. 171–177. – DOI: 10.1016/j.marpol.2014.06.003
9. Canada Oil and Gas Operations Act. Regulations Establishing a List of Spill-treating Agents (SOR/2016-108). – 2016. – URL: <https://laws-lois.justice.gc.ca/eng/regulations/SOR-2016-108/index.html> (дата обращения 12.02.2021).
10. Part 300 – National Oil and Hazardous Substances Pollution Contingency Plan USA. – 2015. – URL: <https://www.law.cornell.edu/cfr/text/40/part-300> (дата обращения 12.02.2021).
11. Arctic and Western Alaska Area Contingency Plan. – Version 2020. – URL: <https://dec.alaska.gov/spar/ppr/contingency-plans/response-plans/arctic-western-area/> (дата обращения 12.02.2021).
12. Manual on Oil Pollution: Section IV. Combating Oil Spill / International Maritime Organization. – Version 2005. – URL: <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/List-of-IMO-OPRC-HNS-related-guidance-and-manuals.aspx> (дата обращения 12.02.2021).
13. Manual on the applicability of oil spill dispersants / European Maritime Safety Agency. – Version 2012. – URL: <http://www.emsa.europa.eu/opr-documents/opr-manual-a-guidelines/item/719-manual-on-the-applicability-of-oil-spill-dispersants.html> (дата обращения 12.02.2021).
14. О внесении изменений в статью 46 Федерального закона "Об охране окружающей среды" и отдельные законодательные акты Российской Федерации: федер. закон № 207-ФЗ от 13.07.2020. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_357067/ (дата обращения 12.02.2021).
15. Об организации предупреждения и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на континентальном шельфе Российской Федерации, во внутренних морских водах, в территориальном море и прилегающей зоне РФ: постановление Правительства РФ от 30.12.2020 № 2366. – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202101040014> (дата обращения 12.02.2021).
16. Об организации предупреждения и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на континентальном шельфе Российской Федерации, во внутренних морских водах, в территориальном море и прилегающей зоне Российской

- Федерации: постановление Правительства РФ от 14.11.2014 № 1189. – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201411180014> (дата обращения 12.02.2021).
17. Анализ суммарной экологической выгоды – инструмент принятия решения при ликвидации разливов нефти / А.Н. Гутник, С.Н. Зацепя, А.А. Ивченко [и др.] // Арктика: экология и экономика. – 2017. – № 1 (25). – С. 47–58.
18. О порядке разработки и утверждения нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения: постановление Правительства РФ от 28 июня 2008 г. № 484. – URL: <http://base.garant.ru/2165723/> (дата обращения 12.02.2021).
19. О Министерстве сельского хозяйства Российской Федерации: постановление Правительства РФ от 12 июня 2008 г. № 450. – URL: <http://base.garant.ru/12160970/> (дата обращения 12.02.2021).
20. Информация о вопросах разработки и утверждения нормативов ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) / ФГБУ "Центральное управление по рыбохозяйственной экспертизе и нормативам по сохранению, воспроизводству водных биологических ресурсов и акклиматизации". – URL: <https://tsuren.ru/nts/nts-news/2019/informaciya-o-voprosakh-razrabotki-i-utverzheniya-normativov-obuv/> (дата обращения 12.02.2021).
21. Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения: приказ Минсельхоз России № 552 от 13.12.2016 (с изм. от 10.03.2020 г.). – URL: <http://docs.cntd.ru/document/420389120> (дата обращения 12.02.2021).
22. Stout S., Wang Zh. *Standard handbook oil spill environmental forensics: Fingerprinting and source identification*. – 2nd edition. – Academic Press, 2016. – 1142 p.
23. 40 CFR Appendix C to Part 300 – Swirling Flask Dispersant Effectiveness Test, Revised Standard Dispersant Toxicity Test, and Bioremediation Agent Effectiveness Test / U.S. Environmental Protection Agency. – URL: https://www.law.cornell.edu/cfr/text/40/appendix-C_to_part_300 (дата обращения 12.02.2021).
24. Srinivasan R. Dispersant effectiveness of heavy fuel oils using the baffled flask test / R. Srinivasan, Q. Lu, G.A. Sorial [et al.] // *Environmental Engineering Science*. – 2007. – Vol. 24, No 9. – P. 1307–1320. – DOI: 10.1089/ees.2006.0251
25. Specification for oil spill dispersants: The determination of the efficiency index of oil spill dispersants: Appendix A to WSL Report LR 448 / Department for the Environment, Food, and Rural Affairs. – United Kingdom, 2007. – URL: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/915352/002_approval_lr448.pdf (дата обращения 12.02.2021).
26. Becker K.W., Coker L.G., Walsh M.A. A method for evaluating oil spill dispersants Exxon dispersant effectiveness test (EXDET) // *Oceans '91 Proceedings*. – 1991. – P. 1486–1490. – DOI: 10.1109/OCEANS.1991.606514
27. Bocard C., Castaing G. Dispersant effectiveness evaluation in a dynamic flow-through system: The IFP dilution test // *Oil and Chemical Pollution*. – 1986-1987. – Vol. 3, Issue 6. – P. 433–444. – DOI: 10.1016/S0269-8579(86)80024-7
28. Mackay D., Szeto F. The laboratory determination of dispersant effectiveness: method development and results // *Int. Oil Spill Conf. Proc.* – 1981. – Vol. 1981, Issue 1. – P. 11–17. – DOI: 10.7901/2169-3358-1981-1-11
29. ASTM F2059-17. *Standard Test Method for Laboratory Oil Spill Dispersant Effectiveness Using the Swirling Flask* / American Society for Testing and Materials. – 2017. – 5 p.
30. ASTM F3251-17. *Standard Test Method for Laboratory Oil Spill Dispersant Effectiveness Using the Baffled Flask* / American Society for Testing and Materials. – 2017. – 6 p.
31. Сравнение стандартных методик определения эффективности диспергентов нефти в лабораторных условиях: их преимущества и недостатки / К.Б. Осипов, Т.В. Мокоучина, Д.И. Панюкова [и др.] // *Заводская лаборатория. Диагностика материалов*. – 2021. – Т. 87, № 1. – С. 23–29. – DOI: 10.26896/1028-6861-2021-87-1-23-29

LITERATURA

1. *Vsemirnyy fond dikoy prirody (WWF): ofits. sayt*. – URL: <https://new.wwf.ru> (дата обращения 10.02.2021).
2. *Ob utverzhenii plana razvitiya infrastruktury Severnogo morskogo puti na period do 2035 goda: rasporyazhenie Pravitel'stva RF ot 21.12.2019 № 3120-r*. – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/000120191230038> (дата обращения 10.02.2021).
3. STO 318.4.02-2005. *Pravila primeneniya dispergentov dlya likvidatsii avariynykh razlivov nefii: standart organizatsii: utv. i vved. v deystvie Postanovleniem Tekhnicheskogo komiteta 318 "MORFLOT" № 2 ot 01.11.2005 g.; data vved. 2005–12–01. – SPb, 2005. – 21 s.*
4. *The effectiveness testing of oil spill-treating agents* / M.F. Fingas, D.A. Kyle, N. Laroche [et al.] // *The Use of Chemicals in Oil Spill Response* / ed. by P. Lane. – West Conshohocken, PA: ASTM International, 1995. – P. 286–298. – DOI: 10.1520/STP15396S
5. *Primenenie dispergentov dlya obrabotki nefyanykh razlivov: tekhnicheskii informatsionnyy dokument* / ITOPF. – 2011. – 12 p. – URL: https://www.itopf.org/uploads/translated/TIP_4_2011_RU_FIN_AL_01.pdf (дата обращения 12.02.2021).
6. Lunel T. Dispersants pre-approvals best practice // *Int. Oil Spill Conf. Proc.* – 2001. – Vol. 2001, Issue 1. – P. 441–444. – DOI: 10.7901/2169-3358-2001-1-441
7. Steen A., Findlay A. Frequency of dispersant use worldwide // *Int. Oil Spill Conf. Proc.* – 2008. – Vol. 2008, Issue 1. – P. 645–649. – DOI: 10.7901/2169-3358-2008-1-645
8. Knol-Kauffman M., Arbo P. Oil spill response in the Arctic: Norwegian experiences and future perspectives // *Marine Policy*. – 2014. – Vol. 50, Part A. – P. 171–177. – DOI: 10.1016/j.marpol.2014.06.003
9. *Canada Oil and Gas Operations Act. Regulations Establishing a List of Spill-treating Agents (SOR/2016-108)*. – 2016. – URL: <https://laws-lois.justice.gc.ca/eng/regulations/SOR-2016-108/index.html> (дата обращения 12.02.2021).
10. *Part 300 – National Oil and Hazardous Substances Pollution Contingency Plan USA*. – 2015. – URL: <https://www.law.cornell.edu/cfr/text/40/part-300> (дата обращения 12.02.2021).
11. *Arctic and Western Alaska Area Contingency Plan. – Version 2020*. – URL: <https://dec.alaska.gov/spar/ppr/contingency-plans/response-plans/arctic-western-area/> (дата обращения 12.02.2021).
12. *Manual on Oil Pollution: Section IV. Combating Oil Spill* / International Maritime Organization. – Version 2005. – URL: <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/List-of-IMO-OPRC-HNS-related-guidance-and-manuals.aspx> (дата обращения 12.02.2021).
13. *Manual on the applicability of oil spill dispersants* / European Maritime Safety Agency. – Version 2012. – URL:

<http://www.emsa.europa.eu/opr-documents/opr-manual-a-guidelines/item/719-manual-on-the-applicability-of-oil-spill-dispersants.html> (data obrashcheniya 12.02.2021).

14. O vnesenii izmeneniy v stat'yu 46 Federal'nogo zakona "Ob okhrane okruzhayushchey sredy" i otdel'nye zakonodatel'nye akty Rossiyskoy Federatsii: feder. zakon № 207-FZ ot 13.07.2020. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_357067/ (data obrashcheniya 12.02.2021).

15. Ob organizatsii preduprezhdeniya i likvidatsii razlivov nefiti i nefteproduktov na kontinental'nom shel'fe Rossiyskoy Federatsii, vo vnutrennikh morskikh vodakh, v territorial'nom more i prilizhashchey zone RF: postanovlenie Pravitel'stva RF ot 30.12.2020 № 2366. – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202101040014> (data obrashcheniya 12.02.2021).

16. Ob organizatsii preduprezhdeniya i likvidatsii razlivov nefiti i nefteproduktov na kontinental'nom shel'fe Rossiyskoy Federatsii, vo vnutrennikh morskikh vodakh, v territorial'nom more i prilizhashchey zone Rossiyskoy Federatsii: postanovlenie Pravitel'stva RF ot 14.11.2014 № 1189. – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201411180014> (data obrashcheniya 12.02.2021).

17. Analiz summarnoy ekologicheskoy vygody – instrument primyatiya resheniya pri likvidatsii razlivov nefiti / A.N. Gutnik, S.N. Zatsepa, A.A. Ivchenko [i dr.] // Arktika: ekologiya i ekonomika. – 2017. – № 1 (25). – S. 47–58.

18. O poryadke razrabotki i utverzhdeniya normativov kachestva vody vodnykh ob"ektov rybokhozyaystvennogo znacheniya, v tom chisle normativov predel'no dopustimyykh kontsentratsiy vrednykh veshchestv v vodakh vodnykh ob"ektov rybokhozyaystvennogo znacheniya: postanovlenie Pravitel'stva RF ot 28 iyunya 2008 g. № 484. – URL: <http://base.garant.ru/2165723/> (data obrashcheniya 12.02.2021).

19. O Ministerstve sel'skogo khozyaystva Rossiyskoy Federatsii: postanovlenie Pravitel'stva RF ot 12 iyunya 2008 g. № 450. – URL: <http://base.garant.ru/12160970/> (data obrashcheniya 12.02.2021).

20. Informatsiya o voprosakh razrabotki i utverzhdeniya normativov orientirovanno bezopasnykh urovney vozdeystviya (OBUV) / FGBU "Tsentral'noe upravlenie po rybokhozyaystvennoy ekspertize i normativam po sokhraneniuyu, proizvodstvu vodnykh biologicheskikh resursov i akklimatizatsii". – URL: <https://tsuren.ru/nts/nts-news/2019/informatsiya-o-voprosakh-razrabotki-i-utverzhdeniya-normativov-obuv/> (data obrashcheniya 12.02.2021).

21. Ob utverzhdenii normativov kachestva vody vodnykh ob"ektov rybokhozyaystvennogo znacheniya, v tom chisle normativov predel'no dopustimyykh kontsentratsiy vrednykh vesh-

chestv v vodakh vodnykh ob"ektov rybokhozyaystvennogo znacheniya: prikaz Minsel'khoz Rossii № 552 ot 13.12.2016 (s izm. ot 10.03.2020 g.) – URL: <http://docs.cnd.ru/document/420389120> (data obrashcheniya 12.02.2021).

22. Stout S., Wang Zh. Standard handbook oil spill environmental forensics: Fingerprinting and source identification. – 2nd edition. – Academic Press, 2016. – 1142 p.

23. 40 CFR Appendix C to Part 300 – Swirling Flask Dispersant Effectiveness Test, Revised Standard Dispersant Toxicity Test, and Bioremediation Agent Effectiveness Test / U.S. Environmental Protection Agency. – URL: https://www.law.cornell.edu/cfr/text/40/appendix-C_to_part_300 (data obrashcheniya 12.02.2021).

24. Srinivasan R. Dispersant effectiveness of heavy fuel oils using the baffled flask test / R. Srinivasan, Q. Lu, G.A. Sorial [et al.] // Environmental Engineering Science. – 2007. – Vol. 24, No 9. – P. 1307–1320. – DOI: 10.1089/ees.2006.0251

25. Specification for oil spill dispersants: The determination of the efficiency index of oil spill dispersants: Appendix A to WSL Report LR 448 / Department for the Environment, Food, and Rural Affairs. – United Kingdom, 2007. – URL: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/915352/002_approval_lr448.pdf (data obrashcheniya 12.02.2021).

26. Becker K.W., Coker L.G., Walsh M.A. A method for evaluating oil spill dispersants Exxon dispersant effectiveness test (EXDET) // Oceans '91 Proceedings. – 1991. – P. 1486–1490. – DOI: 10.1109/OCEANS.1991.606514

27. Bocard C., Castaing G. Dispersant effectiveness evaluation in a dynamic flow-through system: The IFP dilution test // Oil and Chemical Pollution. – 1986-1987. – Vol. 3, Issue 6. – P. 433–444. – DOI: 10.1016/S0269-8579(86)80024-7

28. Mackay D., Szeto F. The laboratory determination of dispersant effectiveness: method development and results // Int. Oil Spill Conf. Proc. – 1981. – Vol. 1981, Issue 1. – P. 11–17. – DOI: 10.7901/2169-3358-1981-1-11

29. ASTM F2059-17. Standard Test Method for Laboratory Oil Spill Dispersant Effectiveness Using the Swirling Flask / American Society for Testing and Materials. – 2017. – 5 p.

30. ASTM F3251-17. Standard Test Method for Laboratory Oil Spill Dispersant Effectiveness Using the Baffled Flask / American Society for Testing and Materials. – 2017. – 6 p.

31. Sravnenie standartnykh metodik opredeleniya effektivnosti dispergentov nefiti v laboratornykh usloviyakh: ikh preimushchestva i nedostatki / K.B. Osipov, T.V. Mokochunina, D.I. Panyukova [i dr.] // Zavodskaya laboratoriya. Diagnostika materialov. – 2021. – T. 87, № 1. – S. 23–29. – DOI: 10.26896/1028-6861-2021-87-1-23-29

Татьяна Владимировна Мокочунина,

Константин Осипов

ООО "Инжиниринговый центр МФТИ"

141700, Россия, Московская область, г. Долгопрудный, Институтский пер., 9.

E-mail: mokochunina.tv@cet-mipt.ru;

Татьяна Анатольевна Марютина

ГЕОХИ РАН

119334, Россия, г. Москва ул. Косыгина, 19;

ООО "Инжиниринговый центр МФТИ"

141700, Россия, Московская область, г. Долгопрудный, Институтский пер., 9.

Tatiana Vladimirovna Mokochunina,

Konstantin Ossipov

LLC "CET MIPT"

9, Institutsky per., Dolgoprudny, 141700, Moscow region, Russia.

E-mail: mokochunina.tv@cet-mipt.ru;

Tatiana Anatolievna Maryutina

ГЕОХИ RAS

19, Kosygin str., Moscow, 119334, Russia;

LLC "CET MIPT"

9, Institutsky per., Dolgoprudny, 141700, Moscow region, Russia.