

ЛОКАЛИЗАЦИЯ ЗА 4 ЧАСА?

ДАВАЙТЕ ПЕРЕСТАНЕМ

ДРУГ ДРУГА ОБМАНЫВАТЬ!

&

Как известно, п. 5 Основных требований к разработке планов по предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов (утвержден постановлением Правительства РФ № 613 от 21 августа 2000 г.) устанавливает требования по времени локализации разливов нефти и нефтепродуктов на морской акватории: не более четырех часов с момента обнаружения. На обосновании выполнения указанного норматива построены все существующие и разрабатываемые в РФ планы ПЛРН. Каким же образом обеспечивается выполнение данного требования? Насколько оно соотносится с практикой и международным опытом? Может ли это требование быть выполнено в условиях реальной аварийной ситуации? Давайте разберемся!



СЕРГЕЙ МАЦЕНКО,
гендиректор ЗАО
«ЮжНИИМФ», к.т.н.



ИЛЬЯ МАЦЕНКО,
научный сотрудник
ЗАО «ЮжНИИМФ»



РУСТАМ ГАМИДОВ,
младший научный сотрудник
ЗАО «ЮжНИИМФ»



ВЯЧЕСЛАВ ЛАВРОВ,
младший научный сотрудник
ЗАО «ЮжНИИМФ»



03
2014

Прежде всего следует прояснить, что есть локализация применительно к разливу нефти и нефтепродуктов на морской акватории. Обычно в практической работе под термином «локализация» понимается принятие мер по предотвращению распространения нефти по акватории. Отчасти такое толкование может быть подтверждено ссылками на ст.

1 Федерального закона от 21 декабря 1994 г. № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера», которая при определении понятия «ликвидация ЧС» включает также локализацию зон чрезвычайных ситуаций, прекращение действия характерных для них опасных факторов. Похожее определение содержит толковый словарь

иноязычных слов: локализация — это ограничение распространения какого-нибудь явления, процесса (например, пожара).

Локализация в идеальных условиях

Применительно к аварийно-спасательной операции по ликвидации разливов нефти и нефтепро-

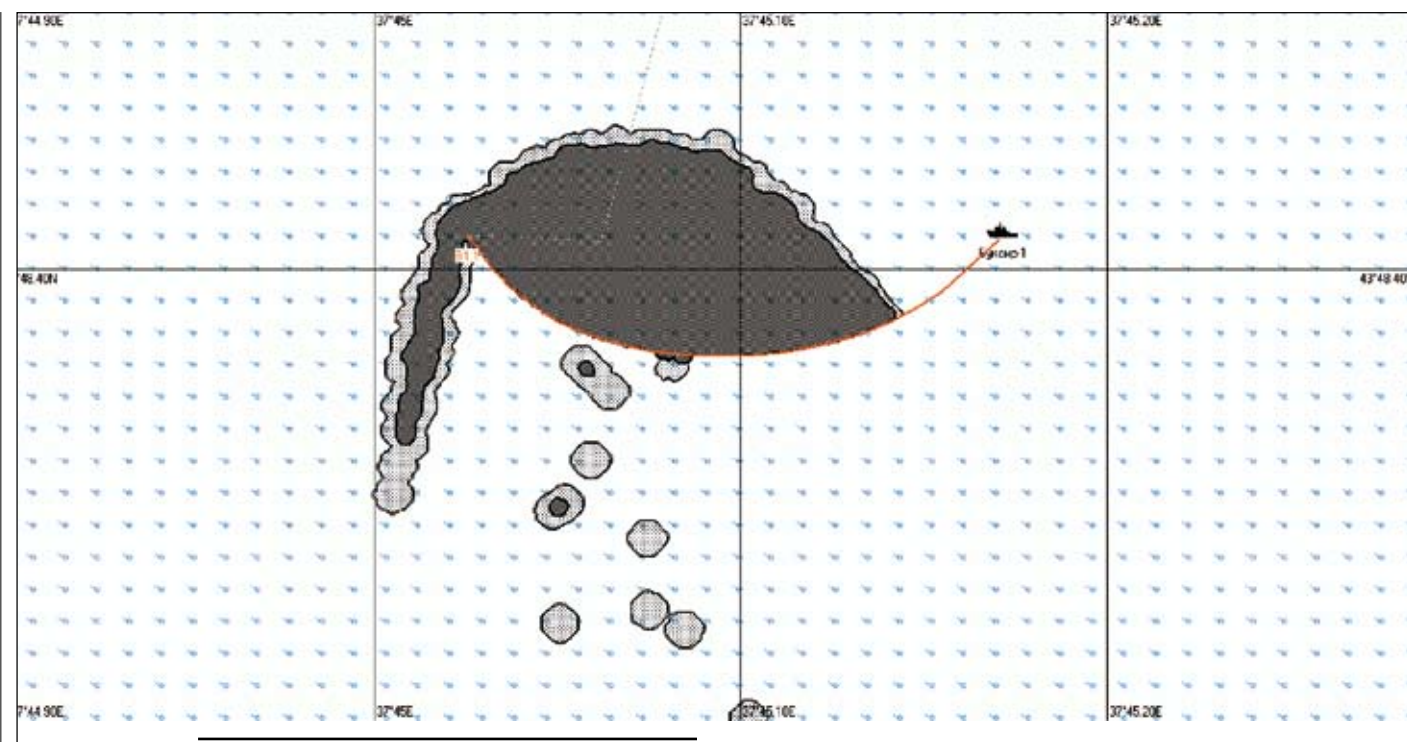


РИС. 1. РАСТЕКАНИЕ НЕФТЯНОГО ПЯТНА (ПРИМЕР)

дуктов на море под локализацией обычно понимают ограждение нефтяного загрязнения боновыми заграждениями (БЗ), что должно препятствовать дальнейшему растеканию нефти и нефтепродуктов.

Рассмотрим вопросы локализации при гидрометеорологических условиях, приближенных к идеальным, когда нефтяное загрязнение подвержено исключительно растеканию по поверхности воды, а естественные процессы распространения нефти в толще воды протекают недостаточно интенсивно. В принятых идеальных условиях можно допустить, что весь объем разлитой нефти сосредоточен на водной поверхности, а доля нефти, проникающая в толщу воды, пренебрежительно мала. При этом эффективность бонов (их способность удерживать нефтяное пятно внутри огражденной площади акватории) может быть принята 100%.

Растекание разлитой нефти в этих условиях происходит за счет гравитационных сил, поверхностного течения и ветрового воздействия. Под действием внешних факторов (ветер, течение) нефть будет двигаться к установленному локализирующему бону, который, как правило, разворачивается перпендикулярно направле-

нию движения пятна. При этом, если допустить, что длина БЗ бесконечно большая, после касания нефтяным пятном бонового ордера происходит повышение концентрации нефти у кромки БЗ. За счет накопления нефти увеличивается толщина пленки и уменьшается ее площадь.

Однако прекращение распространения нефти имеет в этом случае временный характер. В реальных условиях боновый порядок имеет конечный размер и определяется длиной применяемого бонового заграждения. Следовательно, концентрация нефтяного пятна не может происходить бесконечно долго: по мере поступления нефти в ограниченное пространство бонового ордера происходит его заполнение концентрированным нефтяным пятном и вытекание нефти за свободные концы БЗ (см. рис. 1).

Кроме того, после установки БЗ нефть начинает концентрироваться внутри бонового ордера, при этом увеличиваются толщина нефтяной пленки и слой нефти в подводной части. По мере дальнейшего накопления нефти высота концентрированного нефтяного пятна превышает высоту подводной части БЗ и нефть начинает распространяться под бонами.

Именно по этой причине (даже в идеальных условиях) невозможно удержать разлив нефти с помощью отдельно установленного БЗ. Результаты компьютерного моделирования разливов локального и регионального уровней с помощью модели (PISCES II. Описание математических моделей программного продукта. ЗАО «Транзас», 2003. — 40 с.) показывают, что эффективная локализация может быть достигнута только за счет применения нескольких каскадов БЗ в зависимости от количества разлитой нефти.

Разработчики мероприятий по локализации должны исходить из того, что необходима установка нескольких J-образных, U-образных и/или V-образных ордера (каскадов) локализации, работающих последовательно. На основе результатов компьютерного моделирования различных аварийных ситуаций были получены данные, которые могут быть приняты за основу при определении необходимого количества каскадов (см. таблицу 1). При этом следует иметь в виду, что предотвращение растекания достигается при установке рекомендованного количества каскадов, разворачивания нефтесборных систем в каждом каскаде и немедленного начала сбора.

ТАБЛИЦА 1. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО КОЛИЧЕСТВУ КАСКАДОВ ЛОКАЛИЗАЦИИ

Количество разлитой нефти		1	10	100	500	1000
Количество каскадов для нефти соответствующей группы	1-я группа	1	1	2	3	4
	2-я группа	1	2	3	4	5
	3-я группа	1	2	3	3	4
	4-я группа	1	2	3	3	3

Таким образом, как показывает анализ, сама по себе постановка боновых заграждений не может предотвратить растекание нефти. Наряду с постановкой БЗ не менее важной составляющей процесса локализации является сбор локализованной нефти всеми доступными средствами. С помощью откачки разлитой нефти из локализуемых боновых ордера достигается уменьшение общего количества нефти на воде, снижение толщины и площади нефти в концентрированных участках и предотвращение ее дальнейшего распространения.

Очевидно, что с ростом количества нефти, попавшей в воду при аварии, должно увеличиваться количество каскадов и длина БЗ в каждом из каскадов. Испытания математической модели в идеальных условиях показали, что при разливах 1000-1500 тонн нефти 2 и 3-й групп расчетное количество каскадов может составлять 6, 7 и даже 8 единиц, что вынуждает оперировать флотом судов-бонопостановщиков и судов технического обеспечения общим количеством 15-20 единиц. При этом

необходимо координировать местоположение и скорость движения каждого ордера относительно текущего местоположения нефтяного пятна и относительно друг друга. Большое количество судов, сконцентрированное на ограниченном участке акватории, неизбежно повышает риски столкновений, наматывания бонов на винты, выхода из строя элементов движения и винторулевой группы и пр. Не каждый капитан возьмет на себя ответственность за управление подобной «армадой». В условиях чрезвычайной ситуации это крайне затруднительно, но возможно при условии регулярных и частых тренировок (рис. 2).

При разливах 1500-2000 тонн длина линии боновых заграждений, необходимых для установки в одном каскаде (ордере), превышает 600-700 метров, что делает невозможной установку бонов — они не выдерживают нагрузки на разрыв и выходят из строя. Уменьшение длины боновых заграждений возможно только ценой увеличения количества каскадов, число которых и без этого приближается к десяти (количество

судов — около 30 единиц). Управление таким огромным количеством плавсредств, не говоря уже о необходимости сбора нефти, чрезвычайно затруднительно и, по нашим данным, нигде не применяется.

Очевидно, что при крупных разливах (более 2000 тонн) ни о какой организованной локализации речи идти не может. Для этого необходимо задействовать такое количество ресурсов, которого нет ни в одном порту РФ. Когда всерьез говорят о локализации разливов федерального уровня (более 5000 тонн), это вызывает лишь улыбку.

Даже в идеальных условиях невозможно организовать локализацию крупных разливов нефти с помощью существующих конструкций боновых заграждающих систем, так как длина боновых заграждений и количество требуемых судов превышают технические возможности по их применению.

Воздействие внешних факторов: нефть проникает в воду

Все рассуждения о применении бонов для локализации справедливы лишь при предположении, что нефть распространяется исключительно по поверхности воды. Однако это совсем не так.

Как известно, при попадании на воду с нефтью происходит множество естественных процессов в результате взаимодействия с внешней средой (рис. 3). Нефть распространяется не только по поверхности, но и в толще воды в результате процессов диспергирования и эмульсификации. Интенсивность протекания этих процессов существенно зависит от внешних условий (скорости ветра, волнового воздействия). В соответствии с данными, полученными в работах ученых (Pavlo Tkalich, Eng Soon Chan. Vertical mixing of oil droplets by breaking waves. Marine Pollution Bulletin, 44 (2002) 1219-1229 и Fay, J.A., 1971. Physical Processes in the Spread of Oil on a Water Surface. Proceedings of the Joint Conference on Prevention and Control of Oil Spills, Sponsored by API, EPA, and USCG, Washington,



РИС. 2. ПРИМЕР ВЫСТРАИВАНИЯ ЧЕТЫРЕХ КАСКАДОВ МОБИЛЬНЫХ БОНОВЫХ ОРДЕРА НА МОРСКОМ ТЕРМИНАЛЕ ЗАО «КТК-Р»

DC, American Petroleum Institute, Washington, DC, pp. 463-467), нефть может распространяться в верхнем слое воды и проникать на глубину до 3-5 метров и более. При этом самые современные и мощные боновые заградительные системы имеют глубину погружения около 2 метров (RO-BOOM 3200 производства RO-CLEAN DESMI) и в принципе неспособны предотвратить распространение на больших глубинах.

В настоящее время механизм распространения нефти недостаточно хорошо изучен, но даже имеющихся материалов достаточно для понимания того, что невозможно предотвратить распространение нефти в воде только за счет применения боновых заграждений на поверхности.

В работе «Автоматизированная система интеграционного модуля сервисного обслуживания и сопровождения информационных ресурсов для оценки параметров разлива нефти и степени угроз окружающей среде» (Отчет о НИР – АС ЛРН-1/2014 ЮжНИИМФ, г. Новороссийск; рук. С.В. Маценко исполн.: С.В. Маценко, В.Ю. Маценко, И.В. Маценко, Р.С. Гамидов) в ходе совершенствования математической модели нефтяного пятна авторами выполнен научный анализ имеющихся экспериментальных данных по механизму так называемого «обратного» диспергирования. Этот процесс обусловлен снижением воздействия внешних факторов (снижение скорости ветра, прекращение неблагоприятных гидрометеорологических условий). При этом диспергированные ранее частицы нефти вновь всплывают на поверхность воды, образуя новые фрагменты нефтяного пятна. Происходит унос диспергированных частиц нефти глубинными течениями, а также их осаждение (и прилипание) к морскому дну и донной растительности.

Реализованная в вышеназванной работе усовершенствованная математическая модель в отличие от применявшейся ранее использует ряд зависимостей для описания совокупности физико-химических процессов, происходящих с нефтью

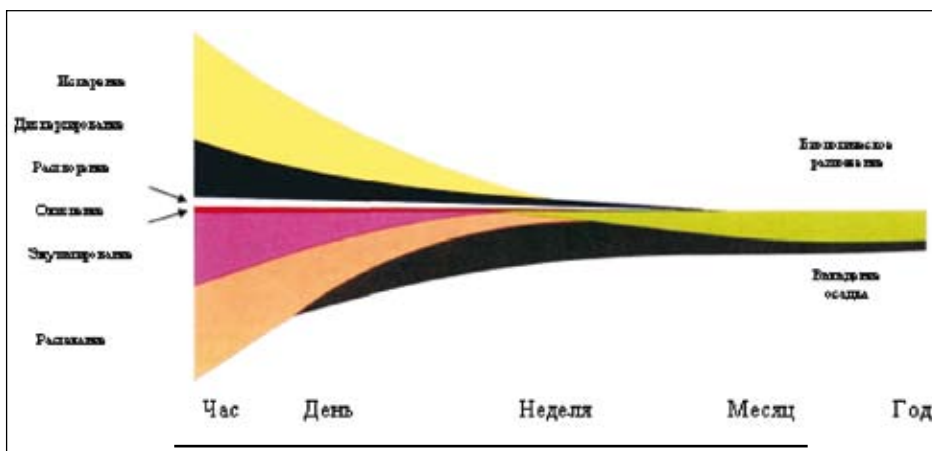


РИС. 3. КАЛЕНДАРНАЯ СХЕМА ПРОТЕКАНИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НЕФТИ С ВНЕШНЕЙ СРЕДОЙ

в толще воды, включая механизм «обратного» диспергирования. На рис. 4 представлен график зависимости скорости всплывания для капель нефти различной плотности в зависимости от диаметра капель, определенной для нефти различной плотности.

В работах, посвященных моделированию диспергировавшихся капель, используется несколько распределений капель по размерам, основанных на аппроксимации экспериментальных данных. Принято наиболее распространенное,

предложенное в Natural dispersion of oil. Oil and Chemical pollution (Delvigne G.A., Sweeney C.E. Vol. 4, 1998. pp.281-310):

$$N(r) \sim r^{-2/3}, \quad (1)$$

где:

r – радиус капли, мм;

$N(r)$ – количество капель радиуса r .

В случае естественного диспергирования размеры капель изменяются в широких пределах (от единиц микрон до десятка миллиметров). В случае применения дисперсанта

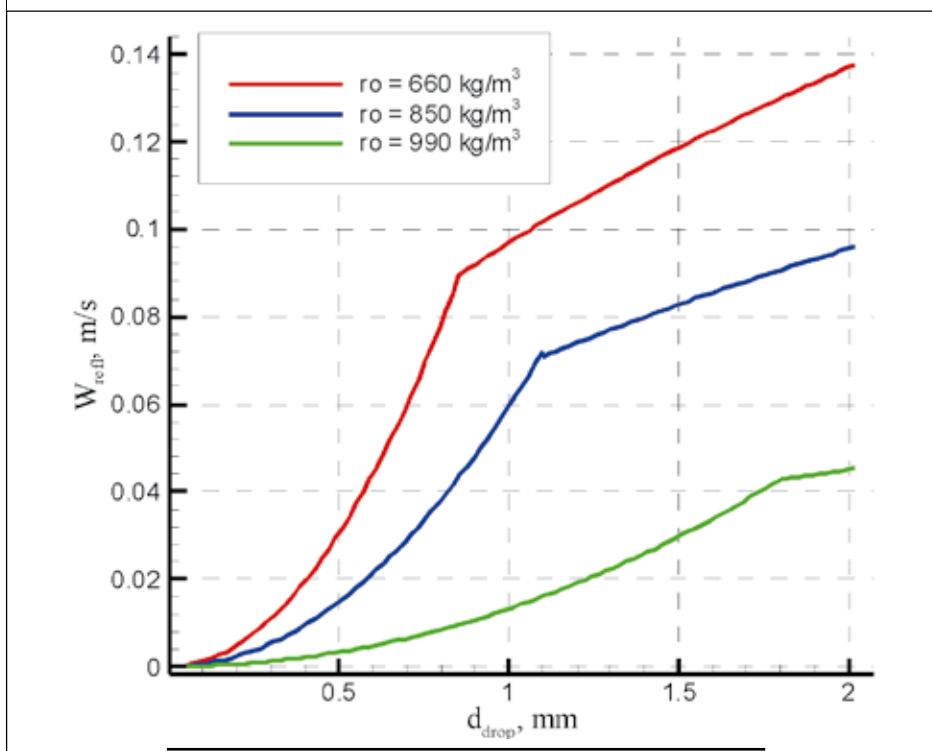


РИС. 4. СКОРОСТЬ ВСПЛЫВАНИЯ КАПЕЛЬ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИХ ДИАМЕТРА ДЛЯ НЕФТИ РАЗНОЙ ПЛОТНОСТИ

максимальный радиус капель существенно уменьшается (до десятков микрон), что связано с уменьшением поверхностного натяжения.

Капли относительно больших размеров практически сразу возвращаются на поверхность под действием силы Архимеда, капли меньших размеров могут оставаться в толще воды довольно длительное время.

Параметрами модели всплывания диспергировавшей нефти являются максимальный и минимальный радиусы капель, возвращающихся на поверхность. За максимальный можно принять размер капель, которые не успевают всплыть и присоединиться к пятну за один модельный шаг. С учетом работы группы авторов (Varlamov S.M., Yoon J.-H., Nagaishi H., Abe K. Japan See oil spill analysis and quick response system with adaptation of shallow water ocean circulation model. Reports of Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University, No.118, 2000, pp.9-229) принята следующая формула для определения радиуса таких капель:

$$r_{crit} = \left[\left(\frac{2K_v}{\Delta t} \right)^{0.5} \frac{18\mu}{g \left(1 - \frac{\rho_o}{\rho_w} \right)} \right]^{0.5}, \quad (2)$$

где:

K_v – 0,005 м²/с – коэффициент турбулентной диффузии;

μ – кинематическая вязкость воды, СПз.

Принято, что капли размером менее $r_{min} \cong 25 \mu\text{m}$ не всплывают.

Моделирование всплывания каплей диспергировавшей нефти осуществляется с помощью «затопленных» фрагментов (далее спиллеты), каждый из которых представляет собой некоторую совокупность капель, распределенных в слое смешения. При достижении поверхности воды «затопленные» спиллеты добавляются к пятну.

Отметим, что данный алгоритм применяется только к нефти, подвергшейся естественному диспергированию. Нефть, диспергировавшая под воздействием дисперсантов, разделяется на такие мелкие капли, которые не всплывают. К ней данный алгоритм не применяется.

Расчет одного шага по времени осуществляется следующим образом:

- генерация затопленных спиллетов;
- перемещение затопленных спиллетов на один шаг по времени;
- обработка всплывших затопленных спиллетов.

Генерация затопленных спиллетов производится с шагом Δt_{RCGen} , выбор которого определяется размерами пятна нефти, скоростью его растекания и диспергирования и временем всплывания наиболее глубоко диспергировавших капель (т.е. плотностью нефти и скоростью ветра). По генерируемым затопленным спиллетам распределяется вся масса нефти, диспергировавшей за интервал времени Δt_{RCGen} . Затопленные спиллеты распределяются случайным образом по площади разлива внутри слоя смешения, толщина которого определяется по формуле (3).

$$z_m \approx 1,5H_0 = 0,3 \frac{W_0^2}{g} = 0,031 \cdot W_0^2, \quad (3)$$

где:

H_0 – средняя высота волны, которая определяется скоростью ветра W_0^2 , м.

В толще воды формируется некое дискретное распределение спиллетов, суммарно представляющих всю массу диспергировавших капель. При достижении поверхности воды затопленные спиллеты присоединяются к спиллетам пятна. Затопленные спиллеты, представляющие крупные капли нефти (размером более 1 мм), всплывающие быстро, присоединяются к спиллетам «толстого» пятна, а мелкие капли при всплывании формируют тонкую пленку в следе за пятном.

Выполненное в работе «Итоговый научно-технический отчет об опытно-конструкторской работе «Программно-аппаратный комплекс высокоточного обнаружения, идентификации, прогнозирования развития ситуации, оценки параметров разлива нефти и степени угроз окружающей среде, а также поддержки управленческих решений, направленных на принятие эффективных мер по ликвидации

разливов нефти и минимизации экологического ущерба (ВТО РН и МЭУ)» испытание математической модели нефтяного пятна с применением модуля «обратного» диспергирования показало, что вследствие действия глубинных течений фрагменты нефтяных пятен (спиллеты) могут образовываться не только вслед за первоначальным «родительским» пятном, но и на значительном удалении от него и источника загрязнения (места аварии), а место их возникновения не зависит ни от скорости и направления ветра, ни от поверхностного течения.

Таким образом, предотвратить распространение нефти в морской воде невозможно в принципе даже с помощью самых современных существующих боновых ограждающих систем, так как существенная часть нефтяного загрязнения распространяется не по поверхности, а в глубинных слоях морской воды.

Мировой опыт борьбы с разливами

В качестве примера рассмотрим ряд реально произошедших крупных разливов нефти в разных частях Мирового океана.

Крушение танкера Exxon Valdez у берегов Аляски 24 марта 1989 г. повлекло за собой разлив в количестве 37 000 тонн сырой нефти. Локализовать разлив не удалось, практически вся нефть была выброшена на береговую линию. Загрязнено 1200 миль морского побережья.

Гибель танкера «Эрика» у западного побережья Франции 2 декабря 1999 г. привела к разливу 20 000 тонн мазута. Локализация разлива не произведена. Под слоем нефтепродуктов оказались более 400 км пляжей Франции и Испании.

Разрушение корпуса танкера «Волгонетфть 139» 8 ноября 2007 г. в Керченском проливе привело к разливу 2000 тонн мазута из поврежденных грузовых танков. Локализовать разлив не удалось, часть мазута утонула, другая часть была выброшена на береговую линию Таманского полуострова. Общая длина загрязненной береговой полосы от 180 до 300 км (по разным данным).

Используя общедоступные источники (интернет-сайт Международной ассоциации представителей нефтяной промышленности по охране окружающей среды (IPIECA) www.ipieca.com), можно приводить множество других примеров крупных разливов нефти на открытых акваториях или в морских портах, свидетельствующих об одном и том же: нигде не было достигнуто предотвращение распространения разлитой нефти по акватории. Даже там, где принимались какие-то меры по установке боновых заграждений, получены незначительные результаты локализации крайне ограниченных фрагментов загрязнения. Во всех случаях при крупных разливах основная масса нефти рано или поздно оказывалась на береговой линии. Ликвидация последствий загрязнения при крупных разливах всегда сводилась к очистке берега значительной протяженности.

Говорить о каком-либо положительном мировом опыте удачной локализации крупных разливов нефти и нефтепродуктов на морских акваториях не приходится. Его попросту не существует.

Выводы и предложения

Представляется возможным сделать следующие выводы и рекомендации:

1. Под локализацией нефтяного загрязнения предлагается понимать предотвращение распространения нефтяного пятна по поверхности воды. Технология локализации нефтяного загрязнения на морских акваториях должна включать установку нескольких каскадов локализующих боновых заграждений, а также установку нефтесборных систем и начало сбора нефти с водной поверхности.

2. Локализация разливов более 2000 тонн технически невозможна. Конечно, это не означает, что применять боновые заграждения не нужно. Однако следует сместить акценты. Прежде всего, исходя из мирового опыта, следует позаботиться о защите береговой полосы от загрязнения и принять меры к подготовке долгой

и сложной операции по ее очистке на значительной протяженности.

3. Проведенные авторами научные исследования показали, что под действием ветровой и волновой нагрузки нефтяное загрязнение имеет свойство распространяться в глубинных слоях морской воды, причем не только вслед за «родительским» пятном, но и на значительном удалении от него. При этом глубина проникновения фрагментов пятна (спилетов) составляет 3-5 метров, что превышает глубину «осадки» самых современных боновых систем.

4. Установленные п. 5 Основных требований к разработке планов по предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов (утверждены постановлением Правительства РФ от 21 августа 2000 г. № 613) требования по локализации разлива в течение 4 часов не обоснованы ни с научной точки зрения, ни реальным опытом ведения аварийно-спасательных работ по ЛРН.

5. Необходима безотлагательная корректировка устаревших и обоснованных требований законодательства и введение новых критериев по времени. С точки зрения авторов статьи, это может быть требование о начале сбора нефти не позже уста-

новленного временного промежутка или о поэтапном наращивании сил и средств не позднее установленных временных отрезков.

6. В настоящее время готовится проект постановления Правительства РФ взамен устаревших Основных требований к разработке планов по предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов и Правил организации мероприятий по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на территории Российской Федерации. Предлагается учесть при их подготовке материалы, полученные в указанных в статье работах.

И последнее. Никакие постановления и приказы не могут отменить или подменить собой законы физики и здравого смысла. Даже если устаревшие требования будут продолжать действовать еще неопределенный период времени, нефть разливается по совершенно иным зависимостям. Сегодня в планах ПАРН разработчики делают вид, что локализация катастрофических разливов возможна, а согласующие инстанции делают вид, что соглашаются с приводимыми «обоснованиями». Может, хватит друг друга обманывать? **МФ**



Вышла в свет книга «НОВЫЕ ПРАВИЛА РАСХОЖДЕНИЯ СУДОВ В МОРЕ»

Автор Е.В. Найденов высказывает мнение, что МППСС-72 сильно устарели, требуют радикальных изменений или полной замены. Автор предлагает текст Новых Правил.

Seamen1940@gmail.ru