

УДК 662.756.662.612.

## ТЕХНОЛОГИЯ ИМПУЛЬСНОЙ ЛИКВИДАЦИИ РОЗЛИВОВ НЕФТИ НА МОРЕ, ОКЕАНЕ

<sup>1</sup>Захматов В.Д., <sup>2</sup>Щербак Н.В., <sup>2</sup>Гуменюк В.И.

<sup>1</sup>Институт океанологии РАН, Москва, e-mail: zet.pulse@gmail.com;

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский политехнический университет, Санкт-Петербург

Обсуждается внедрение новой технологии быстрой и качественной ликвидации розливов нефти на акватории. Наиболее перспективными, с точки зрения универсального распыления малоплотных гранул различных размеров, являются импульсные распылительные пороховые системы. Предложена и испытана новая схема снаряжения ствола, позволяющая получить «охлажденную» метательную газовую волну, но с достаточно мощным метательным воздействием. Описана оригинальная установка импульсного распыления биологических адсорбентов, приводятся данные полигонных испытаний. Оптимальные диапазоны –  $V_0$  обеспечивают дальнейшее и крупномасштабное распыление из одного ствола массы биосорбента в 1,5 кг и равномерное распределение биосорбента по значительной площади до  $S_p = 35\text{ м}^2$ , в диапазоне удельных расходов  $M_{\text{уд}} = 15\text{--}25\text{ г/м}^2$  согласно паспорту биосорбента. Обосновано предложение технологического процесса, оборудование для практического использования в виде стационарных, палубных модулей на кораблях, например, на скоростных аварийно-спасательных больших катерах, маневренных портовых буксирах, танкерах, морских нефтедобывающих платформах.

**Ключевые слова:** импульсное распыление, распыление выстрелом, распыление залпом, многоствольная установка, биологический сорбент, распылительный заряд

## PULSE PULVERIZATION OF BIOLOGY SORBENTS FOR LIQUIDATION OF OIL SPREAD AT WATER.

<sup>1</sup>Zakhmatov V.D., <sup>2</sup>Scherbak N.V., <sup>2</sup>Gumeniuk V.I.

<sup>1</sup>Institute of Oceanology of Russian Academy of Science, Moscow, e-mail: zet.pulse@gmail.com;

<sup>2</sup>Sankt-Peterburg politechnical university, Sankt-Peterburg

The possibility of new technology for fast and quality liquidation of oil spreads at water surface, original pulse-pulverizing multibarrels unit for long range and large scale pulverization of biology sorbents, results of field-range test and future development of the technology is discussed. There discuss the introduction of a new technology for fast and high-quality oil spills in the waters. The most promising in terms of the universal low-density spray granules of various sizes, are pulsed powder spray system. Proposed and tested a new scheme trunk equipment, which allows to get «chilled» throwing gas wave, but rather a powerful propelling action. We describe the original installation pulsed spray biological adsorbents are these field tests. The optimal range- $V_0$  provides further and large-scale spraying of one barrel weight biosorbent 1,5 kg and uniform distribution biosorbent on a large area to the  $SP = 35\text{ м}^2$ , in the range of unit costs  $M_{\text{уд}} = 15\text{--}25\text{ г/м}^2$  according to the passport biosorbent. Sound proposals process, equipment for practical use in a stationary deck units on vehicles, such as high-speed rescue boats large, maneuverable harbor tugs, tankers, offshore oil platforms.

**Keywords:** pulse pulverization, shoot pulverization, volley pulverization, multibarrels module at deck, biology sorbent, pulverizing charge

Наиболее убыточны и опасны для экологии России и Украины разливы нефти на многочисленных судоходных реках, акватории Черного, Азовского, Белого, Баренцева, Охотского и других морей. Потенциально опасны надводные танкеры, перевозящие большие количества нефтепродуктов [2, 3]. Ежегодно в акваторию Мирового океана поступают  $10^7\text{--}10^8$  т нефти и нефтепродуктов: с промышленными и бытовыми стоками – 37%, регулярные РН от эксплуатации кораблей и судов – 33%, аварийные РН от аварий судов – 12%, с атмосферными осадками – 9%, фильтрация из природных источников – 7%, РН при геологоразведке, нефтедобыче – 2% [3]. Реально новой техникой возможно ежегодно снижать выделенные 47%. Аварийные разливы нефти и нефтепродуктов (именуемые в дальнейшем одним словом

«нефть») наиболее опасны в прибрежной части акватории, т.к. они непредсказуемы, локальны, высококонцентрированы и поэтому наносят значительные, неликвидируемые или трудно ликвидируемые естественным способом экологические ущербы окружающей среде [2]. Наиболее крупными разливами нефти являются:

1. Танкер «Брайер» у Шетландских островов, разлито более 80 000 тонн нефти (1993 г.).
2. Танкер «Престиж» у испанского побережья, разлито более 2000 т нефти (2003 г.).
3. Танкер «Волгонепфть – 139» в Керченском проливе у косы Тузла, разлито более 2000 т нефти и мазута (11.11.2007 г.).
4. Танкер в Индонезийском проливе, разлито более 1000 т нефти (декабрь 2007 г.).
5. Танкер у берегов Норвегии, разлито более 600 т нефти (январь 2008 г.).

6. Танкер в Балтийском море у Гданьска, Польша, разлито более 300 т нефти (январь 2008 г.).

7. Морская нефтедобывающая платформа в Мексиканском заливе, разлито более полумиллиона тонн нефти – впервые зафиксированный в истории, как глобальная катастрофа (май 2010).

**Анализ предшествующих исследований.**

Недостаточно развита техника ликвидации и нейтрализации разливов нефти, которая конструктивно одинакова во всех странах и отличается лишь качеством изготовления. Это небольшие корабли или катера, оснащенные бакенами для локализации разливов и установками сбора нефтяной плёнки с поверхности воды [3, 4]. Есть различные пористые адсорбенты, впитывающие нефтяную плёнку и биологические сорбенты, именуемые в дальнейшем **биосорбентами**, одновременно нейтрализующие нефть, но нет установок для быстрого и равномерного распыления лёгких гранул сорбентов по большим площадям, что препятствует их широкому применению [4, 5].

Для ликвидации разливов нефти требуется множество кораблей-сборщиков нефти и длительная, тяжелая, опасная работа сотен спасателей, в том числе по разбрасыванию лопатами с бортов корабля адсорбентов, впитывающих нефть, сбору адсорбентов, насыщенных нефтью с поверхности воды, грязной смеси адсорбентов, нефти, водорослей, камней и песка с нефтью с загрязнённого берега; транспортировки и утилизации этих отходов. Например, в Керчи в 2008 г. тысячи тонн отходов много месяцев лежали в порту, загрязняя землю и акваторию, а затем их возили на утилизацию в Кировоград за 500 км. Разбрасывание адсорбентов лопатами по поверхности нефтяной плёнки характеризуется низким КПД, не более 10% от разбрасываемой массы адсорбентов работают эффективно из-за ряда причин: неравномерности разбрасывания, массового уноса гранул ветром, многократного прохождения корабля по разливу нефти. Попытки приспособить для этой цели механические и пневматические устройства успеха не имели [4]. Широкое использование военных для ликвидации последствий катастроф характеризуется низкой эффективностью, но связано с многочисленными тяжёлыми и смертельными травмами. Военнослужащие работают только с лопатами, так как не могут быстро освоить и эффективно применять традиционную, сложную спасательную технику, им нужна

техника близкая по устройству и методам применения к оружию [4, 5].

В Украине и прилегающих к её побережью акваториях Черного и Азовского морей уже нет ни одного корабля для сбора разливов нефти – в советское время их было пять. Они все проданы на Каспий для нефтепромыслов, арендуемых английскими фирмами. Казахское правительство требует соблюдения экологических норм на своих нефтегазразработках, в отличие от России, где эти требования слабее, и тем более Украины, которая практически не финансирует природоохранные мероприятия. Американский корабль-сборщик стоит до 100 миллионов американских долларов [4]. В России нет производства кораблей нефтесборщиков. Поэтому должное соблюдение экологических норм может быть обеспечено быстро и эффективно только путём создания нового технологического процесса и оборудования, значительно повышающего дальность и площадь равномерной локализации разливов нефти. Наиболее эффективны новые технологии локализации нефти путём распыления сорбентов и особенно биосорбентов, гранулы которых не только впитывают нефть и нефтепродукты, но и перерабатывают их в нейтральные соединения. Известная распылительная техника – пневматическая и механическая [2, 4, 5] не в состоянии обеспечить распыление малоплотных, относительно крупноразмерных, пористых гранул сорбентов и биосорбентов на дальности более 3 м и, следовательно, по большим площадям. Модернизация этой традиционной техники не представляется перспективной, ввиду того, что даже незначительное повышение радиуса и масштаба распыления связано с многократным увеличением размеров, веса, технической сложности и стоимостью распылительных установок [5]. Требуемая дальность распыления – не менее чем с 20 м от границы нефтяной плёнки из-за необходимости снижения турбулизации нефтяной плёнки струёй воды от винтов корабля, что затрудняет эффективную работу биосорбента.

Наиболее перспективными, с точки зрения универсального распыления малоплотных гранул различных размеров, являются импульсные распылительные пороховые системы. Однако нет опыта их применения для распыления адсорбентов и легковоспламеняющихся биосорбентов – это как порох распылять порохом. Распыление адсорбентов с вертолётного винта применялось в Мексиканском зали-

ве – показаны низкая прицельность, унос ветром до 90% адсорбента и его неравномерное распределение по нефтяному пятну.

**Цель работы** – разработка технологического процесса и оборудования для дальнейшего, равномерного и масштабного разбрасывания биосорбентов по пленке нефти в море, океане.

Для распыления выбираем заряды быстросгорающего пороха, как надежный, компактный источник мощной, метательной газовой волны, мало зависящий от внешних условий – прежде всего давления внутри канала ствола и в камере сгорания – патроннике. Такие заряды позволяют создавать распылительные стволы наиболее простых конструкций и наименьшего веса. Для моделирования работы данного ствола выбран анализ классической задачи внутренней баллистики – рассмотрение параметров состояния пороховых газов в пространстве между камерой сгорания и задней границей ускоряемой массы, а также параметрами создаваемой в канале ствола газодисперсной смеси. Математически корректное решение задачи внутренней баллистики сложно и практически невозможно из-за мультифакторности и нестационарности процессов теплообмена, массообмена, передачи кинетической энергии пороховых газов частицам распыляемой массы; диссипации – потери энергии пороховых газов на нагрев воздуха, ствола, частиц распыляемой массы; разрушение этих частиц.

Данная расчётная методика позволила установить, что максимальная дальность полета частиц биосорбента с удельным весом 0,1–0,15 г/куб.см с характерным размером от 1 до 3 мм не может превышать 3,5 м, практически при любых начальных скоростях, вплоть до 120 м/с. Показано, что расчётным путём практически невозможно получить достоверные данные – нет замкнутой модели, описывающей процессы образования и распространения импульсного двухфазного потока и его разрушение, торможение под воздействием аэродинамического сопротивления, а также процесс функционального взаимодействия фронта импульсного потока с активной поверхностью: нефтяной плёнкой или конденсированной высокотемпературной поверхностью. Однако данная модель позволила понять механизм распространения газодисперсного шквала и предложить перспективные пути для экспериментального исследования.

Впервые данная техника использовалась при ликвидации розливов нефти при тушении грандиозного пожара «куста» из 14 скважин на нефтедобывающей, морской платформе в районе Нефтяных Камней, Каспийского моря. Самолетом АН-124 из Киева в Баку и далее на корабле в район Нефтяных Камней были доставлены 3 многоствольных (25, 9 и 8 стволов) модуля (ММ) с командой под руководством автора. Эти модули испытывались в реальной обстановке и были вспомогательными для пожарно-аварийной Волжско-Каспийской флотилии: традиционных пожарных кораблей с лафетными, водяными пожарными стволами и кораблей-сборщиков нефти. ММ выполняли последовательно две задачи: участие в огнетушащей атаке на горящий многоструйный фонтан, для чего ММ расставлялись на палубе финского крана и с дистанции до 100 м давали залп до 42 стволов, который создавал мощный газопорошковый вихрь с фронтом шириной до 12 м или газоводяной шквал с фронтом шириной до 15 м. Это вихрь-шквал в момент достижения пика огнетушащей атаки – максимально возможной интенсивности подачи воды из совокупности лафетных стволов – кратковременно, на 1–3 сек, но многократно, до 3–5 раз усиливал её мощность, что гарантировало успех тушения. После тушения происходила высадка на аварийную платформу ремонтной бригады, которая в течение нескольких минут проводила перекрытие нефтяных скважин, затем бригаду эвакуировали и вновь поджигали скважины и разлившуюся нефть. Однако за эти несколько минут в море выливалась большая масса нефти, которую надо было срочно собирать с акватории, во избежание её распространения по морю. Это был довольно длительный процесс, для участия в котором ММ перегружались с высокооборотного финского крана на широкую кормовую палубу торпедолова. ММ использовались для дистанционного (до 30–40 м) и масштабного распыления сорбентов – торфяной крошки по разливу нефти. Это имело довольно важное значение для помощи судам-сборщикам нефти в основном как зачистка акватории от остатков плёнок нефти после работы этих судов.

Второе крупное применение ММ для распыления сорбентов по нефтяным разливам осуществлялось в 1998 на реке Белой ниже Уфы для ликвидации разлива нефти после аварии на Уфимском НПЗ, в ходе которой произошли пожары, разрушившие резервуары с нефтью (5000, 10000, 20000 т), и часть разлива нефти попала в реку Бе-

люю. В Башкортостане с 1996 работают три 50-ствольные установки «Импульс-3М»: одна в Кумертау на крупнейшем подземном газохранилище, две в Уфе в центральном пожарном отряде. Эти две установки с берегов реки Белой распыляли сорбент-горючую крошку по разливу нефти.

Более качественными являлись испытания в районе Севастополя палубного ММ-10 (10-стволов), распылявшего био сорбент по разливу нефти после катастрофы в Керченском заливе. Впервые было проведено исследование и отработана технология дистанционного (до 55 м) и масштабного (до 450 м<sup>2</sup>/сек) распыления легковоспламеняющегося биосорбента – пористых гранул с размещёнными внутри пор бактериями. Эти бактерии могут находиться несколько лет в состоянии спячки и пробуждаются при контакте с водой – пресной или морской. Бактерии в довольно узком температурном диапазоне + 10 °С–50 °С эффективно поглощают нефтяную плёнку до 10 раз больше по весу, чем вес самой частицы сорбента. Затем в течение отрезка времени – от нескольких десятков минут до нескольких часов – бактерии перерабатывают нефть в инертный остаток, при этом частица сорбента набирает вес, увеличивая плотность таким образом, что после окончания процесса нейтрализации нефти, частица сорбента теряет плавучесть и тонет до дна, не загрязняя слой воды.

В период с 08.07.2008 г. проводились полигонные испытания установки импульсного распыления биосорбента. Объекты испытаний: десятиствольная установка «Импульс-10Л» (лафетный вариант), биосорбент марки «Эколан». Место проведения испытаний – г. Севастополь, с. Хмельницкое, площадка уничтожения боеприпасов.

Показано, что «старая» схема снаряжения порохового ствола, разработанная для распыления огнетушащего порошка или охлаждающей жидкости, непригодна для импульсного распыления малоплотных, легковоспламеняющихся гранул биосорбента (ЛГБС). Порошок значительно отличается от биосорбента: в 5–7 раз больше по удельному весу, в 50–100 раз меньше по размеру частиц. Поэтому из одного ствола 200 мм калибра распыливалось не более 1,5 кг ЛГБС. Величина распылительного заряда составляла 50 г, 75 г, 100 г, 150 г. Заряд инициировался пировоспламенителем – пиропатроном марки ПП-3, или ПП-7, ПП-9. Прямое воздействие ударной волны пороховых газов, релаксированной с помощью

сухих поролоновых пыжей и высокоэластичных пленочных оболочек, но неохлаждённой, показало, что сгорало полностью или заметно обгорало от 50 до 80 % массы гранул биосорбента, в зависимости от величины распылительного порохового заряда. По материалам видеосъёмки было ясно видно, что из среза канала ствола вырывался столб пламени длиной от 1,5 м до 4,5 м, а впереди него летела только незначительная, несгоревшая часть массы гранул ЛГБС. Данная зависимость также подробно не изучалась по вышеназванным причинам. Чувствительные к воздействию высокой температуры, не более 60 °С, бактерии уничтожались, даже если частица обгорела лишь незначительно.

Предложена и испытана новая схема снаряжения ствола, позволяющая получить «охлаждённую» метательную газовую волну, но с достаточно мощным метательным воздействием. Это достигалось не только традиционным способом-введением в заряд пламегасящей добавки – парафина, но и новым пыжом из водонаполненного поролон.

В первой серии испытаний проводился подбор оптимальной величины распылительного заряда путем серии одиночных выстрелов из одного ствола. При этом постоянной величиной являлась распыляемая масса биосорбента  $m = 1,5$  кг, заполняющая канал ствола на протяжении 600 мм.

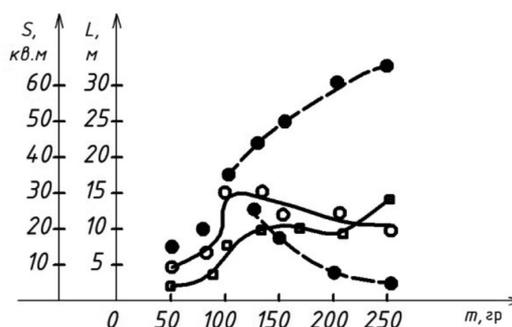


Рис. 1. Зависимость дальности движения континуума гранул биосорбента  $L$  и площади равномерного распределения гранул и их эффективного воздействия  $S$  от величины распылительного заряда –  $m$

Величины дальности и площади распыления, а также качество – полнота локализации и нейтрализации плёнки разлива нефти на площади распыления определялись визуально и по материалам видеосъёмки. На рис. 1 показаны полученные графические

зависимости величин основных параметров распыления и функционального воздействия – дальности и площади – от величин распылительного заряда и от начальной (дульной) скорости распыления на срезе ствола.

При выбросе ЛГБС из ствола образовывался равномерный, газодисперсный, вихревой, локальный фрагмент (континуум) с мощной несущей, газовой фазой. На всём протяжении траектории полёта происходит равномерное аэродинамическое разруше-

ние континуума с сопутствующим эффектом проникающего, равномерного напыления гранул ЛвБС по значительной площади нефтяной пленки. Континуум «скользит» по поверхности нефтяной плёнки, оставляя за собой равномерное, сплошное покрытие гранулами биосорбента площади каплевидной формы, расширяющейся по траектории от среза ствола. Такое напыление обеспечивает хороший контакт гранул с нефтяной пленкой и соответственно эффективное впитывание нефти порами этих гранул.



*Рис. 2. Фрагмент залпового распыления 7,5 кг биосорбента залпом из 5 стволов до 55 м, с равномерным покрытием слоем биосорбента площади до 450 м<sup>2</sup>*



Рис. 3. Распыление 200 кг мелкодисперсного порошка на дальность до 240 м, площадь накрытия до 2500 кв.м

Изменение величины распылительного заряда позволило получить зависимости изменения величин площади и дальности распыления. Их анализ показал наличие явно выраженных диапазонов оптимальных значений величин распылительного заряда- $m$  и соответственных величин начальных скоростей распыления –  $V_0$ , при которых достигаются наибольшие и стабильные значения площади –  $S$  и дальности –  $L$  эффективного воздействия. От начальных величин скоростей распыления –  $V_0$  (производная от  $m$ ) до указанного диапазона их оптимальных величин, происходит устойчивое возрастание величин дальности распыления –  $L$ , площади –  $S$  равномерного покрытия и соответственно локализации-нейтрализации нефтяной пленки. После достижения максимальных величин указанного диапазона оптимальных значений –  $L$ ,  $S$ , начинает проявляться эффект различия величин дальностей –  $L$  и площадей распыления –  $S_p$  и эффективного функционального воздействия-тушения  $S_t$ . Это различие возрастает по мере дальнейшего увеличения начальной скорости распыления –  $V_0$ .

Оптимальные диапазоны –  $V_0$  обеспечивают дальнейшее и крупномасштабное распыление из одного ствола массы биосорбента в 1,5 кг и равномерное распределение биосорбента по значительной площади до  $S_p = 35 \text{ м}^2$ , в диапазоне удельных расходов  $M_{уд} = 15\text{--}25 \text{ г/м}^2$  согласно паспорту биосорбента. Внимательный осмотр зоны нефтяного разлива, покрытой равномерным слоем распыленного биосорбента, показал, что большая часть гранул

биосорбента – до 80–90% эффективно впитывают и перерабатывают нефтяную пленку в пределах временного отрезка до 2 часов, как и для случая ручного распыления биосорбента. При этом потери биосорбента в пределах 10–20% от исходной распыляемой массы в 10–100 раз меньше, чем потери при распределении биосорбента по данной площади  $35 \text{ м}^2$  традиционным методом – вручную с помощью лопаты или совка.

Обоснована перспективность залпового распыления для увеличения дальности и площади импульсного распыления биосорбента (рис. 2). Исследовались имеющие наибольшее практическое значение зависимости изменения величин дальности и площади распыления биосорбента по разливу нефти от расстояния между соседними стволами, участвующими в залпе и общего количества стволов в залпе (рис. 3).

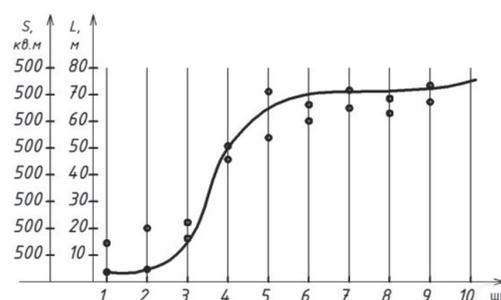


Рис. 4. Зависимости дальности  $L$  и площади  $S$  распыления от количества стволов  $N$ , участвующих в залпе



Рис. 5. Распыление 10 кг сорбента в водной среде из подвешенного контейнера емкостью 220 л с высоты 25 м

Убедительно показало главное преимущество импульсного, залпового распыления, свойственного только газодисперсным, струйным вихрям, – их взаимное усиление при слиянии. Данный процесс обеспечивается оптимальным взаимодействием составляющих струйных вихрей из отдельных стволов, расположенных в заданном порядке, например шахматном, и при этом расстояния между соседними стволами должны быть в определённом диапазоне величин. Именно эти условия обеспечивают создание мощных вихрей с многократно повышенной дальностью распространения и площадью эффективного воздействия, по сравнению с суммарной площадью воздействия отдельных струй, составивших единый вихрь. Например, дальность распыления  $m_5 = 7,5$  кг биосорбента из 5 стволов. Масштабы площади  $S_5$  воздействия суммарного вихря повышались в 1,5–2,5 раза по сравнению с арифметической суммой площадей  $S_{1-5} = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5$  воздействий этих отдельных элементов, составивших единый вихрь. Повышена дальность функционального воздействия до  $L = 53$  м (в 4,5 раза более по сравнению с выстрелом-распылением из одного ствола) и величина площади равномерного распыления биосорбента до

$S_5 = 450$  м<sup>2</sup> при залпе из 5 стволов, расположенных в шахматном порядке. Это в 2,3 раза больше, чем сумма отдельных площадей  $S_{1-5}$  эффективного воздействия при последовательном распылении из 5 стволов.

Для сравнения: залповое воздействие боевых ракет или снарядов не увеличивает дальность их полёта, а только повышает площадь поражения до 1,5 раза, по сравнению с арифметической суммой площадей поражения такого же количества отдельных взрывов ракет и снарядов. Есть основания предположить, что эффективность работы импульсно-распылительного модуля и боеприпасов для него вполне сравнима по надёжности, стабильности и масштабам воздействия с современным вооружением.



Рис. 6. Ручной распылитель геля, порошка, сорбента

При ликвидации разливов нефти в Мексиканском заливе большая роль в операциях распыления сорбентов отводилась вертолётам. Однако они не оправдали надежд – большая часть сорбента до 95% уносилась по ветру и не достигала поверхности нефтяной плёнки. Нами отработана технология импульсного распыления сорбентов из подвесных контейнеров равномерно по площади до 200–400 кв.м, а при распылении сорбентов из 4 контейнеров залпом достигается площадь распыления до 2500 кв.м.

В каждом торговом порту, речном или морском, ежедневно происходят десятки мелких разливов нефти и нефтепродуктов, для ликвидации которых дорого и сложно применять вертолётные, подвесные распылители или спасательные корабли с многоствольными модулями. Эти разливы можно быстро ликвидировать с помощью катеров, оснащённых ручными или зафиксированными на борту катера ручными распылителями сорбентов. Эти распылители могут с дистанции до 15 м ликвидировать плёнки нефти на воде.

Полученные высокие значения функциональных показателей позволяют уверенно предлагать технологический процесс и оборудование – многоствольный модуль импульсного распыления биосорбентов для практического использования в виде стационарных, палубных модулей на кораблях, например, на скоростных аварийно-спасательных больших катерах или маневренных портовых буксирах. Достигнутая дальность эффективного распыления позволяет кораблям «расстреливать» разливы нефти и нефтепродуктов, не входя в зону разлива, так как после прохождения любого корабля или судна, особенно скоростного, по нефтяной плёнке трудно её ликвидировать. Масштаб эффективного распыления позволяет малому количеству кораблей (2–4 на акваторию порта и прилегающую территорию побережья) надёжно и быстро ликвидировать различные нефтяные разливы вплоть до крупномасштабных. Для защиты определённого участка морского побережья, находящегося

между этими портами, целесообразно оснастить этими установками минимум по 2–3 вспомогательных судна в каждом порту – буксиры, пожарно-спасательные. Вся полоса побережья поделена между портами на зоны их ответственности. Судна с распылительными установками от каждого порта работают по своей зоне при разливах нефти, не превышающих по площади и по массе разлитой нефти среднюю величину.

### Выводы

Создание такой системы импульсной защиты позволит в значительной степени, качественно повысить степень обеспечения экологической безопасности акваторий рек, морей, океана и их прибрежных зон. Целесообразно выделить финансирование для проектирования и изготовления опытно-промышленной партии корабельных, стационарных, палубных многоствольных модулей и оснащения ими пяти аварийно-спасательных кораблей, а также закупки 5000 комплектов распылительных патронов и специальных, герметичных контейнеров, которые будут заполнены ранее закупленным биосорбентом.

### Список литературы

1. Бровченко И.А. Численное моделирование распространения нефтепродуктов в прибрежных зонах морей и внутренних водоёмах. Диссертация. – Киев, 2005. – С. 55–57.
2. Захматов В.Д., Щербак В.Г. Новая техника локализации разливов нефти на море. // ISSN 0869-7493 Пожаровзрывобезопасность. – Москва, 2010. – Т. 19, № 6. – С. 56–63.
3. Захматов В.Д., Щербак Н.В. Новая техника для реализации современных, информационных технологий при ликвидации последствий экологических катастроф // ISSN 0869-7493 Пожаровзрывобезопасность. – Москва, 2010. – Т. 19, № 9. – С. 40–44.
4. Brovchenko I.A. Model of oil spread distribution at seaside water areas, rivers and lakes. Thesis, Kiev – 2005.
5. Masilin O.M. Evaluation of oil spread's soiling of bottom and seaside water of Crimea as a result of ship's transport. / Thesis of 11 Ukraine science-applied conference «Accidents management». Kiev, IDYCZ YCZY, 2009 – 385p.
6. Sherback N.V. New military equipped – pulse technology for liquidation of consequences of ecology accidents. // Ecology and resourches. Т. 19. – Kiev – 2008. – P. 73–79.
7. Sherback N.V., Zakhmatov V.D., Kovalev S.O., Gaidei V.V. New technology for oil spread's localization at sea. // Oil and gas industry. – 2008. – № 6(242). – P. 55–57.