

## Боновые заграждения как эффективное средство ликвидации нефтяных разливов

*Т.А. Мальцева, О.В. Попова*

*Южный федеральный университет, Таганрог*

**Аннотация:** Приведена статистика аварий в нефтяной отрасли. Показано, что значительная доля аварий в нефтяной отрасли связана с транспортировкой нефти и сопровождается ее разливами. В ряду известных способов устранения разливов нефти применение различных типов боновых заграждений в сочетании с использованием новых материалов и технологий остается наиболее перспективным и экологически безопасным. Боновые заграждения служат для предупреждения распространения нефти по акватории, для облегчения ее удаления с водной поверхности, а также для утилизации нефти на поверхности воды. При возгорании нефтяного пятна происходит удерживание его в пределах бонового заграждения. Рассмотрены особенности применения, актуальные конструкции и элементы боновых заграждений, пути их совершенствования как основного средства ликвидации нефтяных разливов, эффективность работы боновых заграждений.

**Ключевые слова:** нефтяные объекты, статистика аварий, акватория, аварийный разлив нефти, ликвидация разлива, боновое заграждение, сорбирующий бон, огнестойкий бон, эффективность работы бона.

В настоящее время в мире наблюдается рост объёмов добычи нефти. Как следствие, появляется всё больше предприятий по переработке и хранению нефти, новые нефтепроводы. Данная ситуация, в свою очередь, приводит к увеличению масштабов разливов нефти и к ухудшению экологической обстановки. Любая деятельность, связанная с нефтедобычей и нефтепроизводством, не может быть экологически абсолютно безопасной. Согласно статистическим данным, более половины аварийных разливов нефти приходится на танкерную перевозку. Не убывает в последние годы и количество разрывов нефтепроводов вследствие гидроударов, перепадов давления и вибрации, коррозионных процессов, а также из-за износа трубопроводной арматуры.

Так, в соответствии со статистикой по аварийности и травматизму в странах-участниках Межгосударственного совета по промышленной

---

безопасности (МСПБ) [1] ежегодно на магистральных трубопроводах, на объектах нефтегазодобычи, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности происходят десятки аварий, которые зачастую сопровождаются травматизмом людей и наносят существенный, порой непоправимый ущерб природной среде (таблица №1).

Таблица №1

Статистические данные по количеству аварий на нефтяных объектах и сумме экономического ущерба за период 2009-2015 гг.

Год	Кол-во аварий, зарегистрированных на объектах			Кол-во аварий, сопровождаемых травматизмом людей	Экономический ущерб, тыс. руб (*тыс. дол. США)
	магистрально-водного транспорта	нефтегазодобычи	нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности		
2009	28	17	13	7	21247,8*
2010	28		16	11	9526,6*
2011	17	14	20	17	757780
2012	21	18	18	10	643714
2013	12	18	14	11	3793354
2014	8	18	20	14	8339942
2015	13	17	19	13	529700

По динамике изменения общего количества аварий на перечисленных объектах за период 2009-2015 годы (рис. 1) можно судить о том, что количество аварий, несмотря на тенденцию к уменьшению, по-прежнему остается велико.

Ликвидация аварий в акваториях гораздо более трудоёмкий и длительный процесс, чем на сухопутной территории. Разливы нефти в результате аварий водных судов, перевозящих нефть и нефтепродукты, а также в результате повреждения нефтедобывающих платформ, наносят

значимый ущерб экономикам разных стран, загрязняют водные бассейны [2,3]. Авария в Мексиканском заливе в апреле 2010 года стала толчком для дальнейшего развития исследований и разработки новых способов ликвидации последствий разливов нефти [4]. Среди известных способов устранения аварийных разливов нефти (механических, биологических, термических и др.) самым экологически безопасным и первичным способом ликвидации является механический.

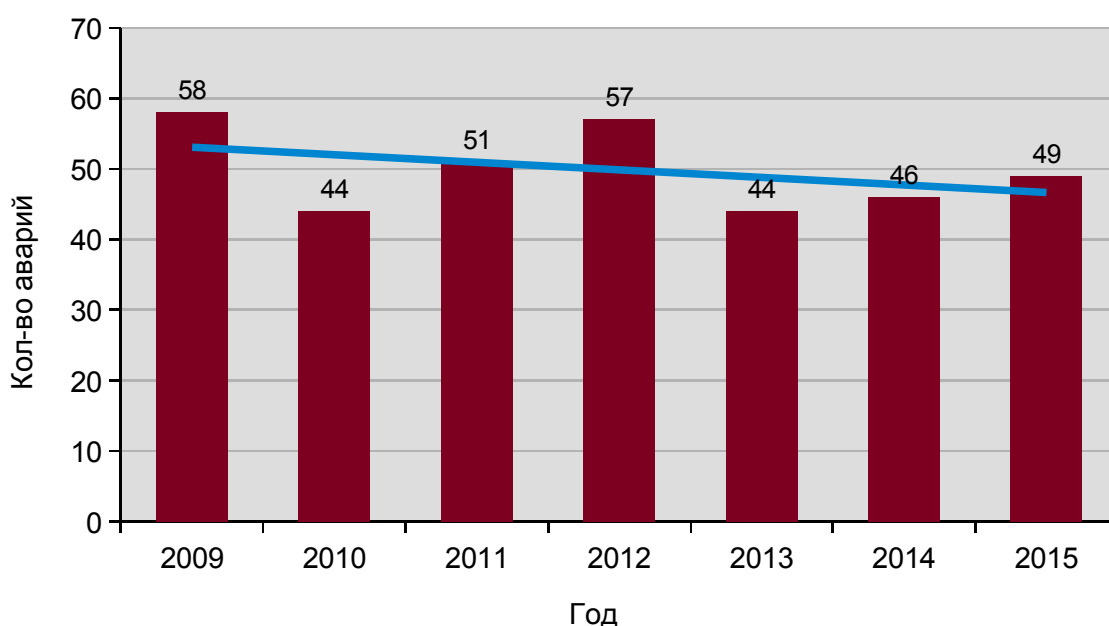


Рис. 1. – Динамика изменения общего количества аварий на нефтяных объектах за период 2009-2015 гг.

В данной публикации рассмотрены особенности применения и актуальные конструкции и элементы боновых заграждений, являющихся наиболее распространённым механическим средством локализации и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на поверхностях водоёмов.

Боновые заграждения служат для предупреждения распространения нефти по акватории, для облегчения ее удаления с водной поверхности и отведения нефтепродуктов от наиболее экологически ранимых районов, а также при необходимости, для утилизации нефти на поверхности воды.

Кроме того, при возгорании нефтяного пятна происходит удерживание его в пределах бонового ограждения.

По способу применения боны подразделяются на три класса [5]:

1 класс – для рек и закрытых водоёмов;

2 класс – для ограждения входов и выходов в порты, гавани, для защиты прибрежной зоны;

3 класс – для открытых акваторий.

Конструкции основных типов боновых ограждений включают следующие элементы (рис. 2): элемент плавучести; подводная часть, которая препятствует проникновению нефтепродуктов под боновое ограждение; надводная часть, позволяющая удерживать нефтяную плёнку при волнении водоёма; карман с грузилом (балласт); пластина для стыковки секций бона.

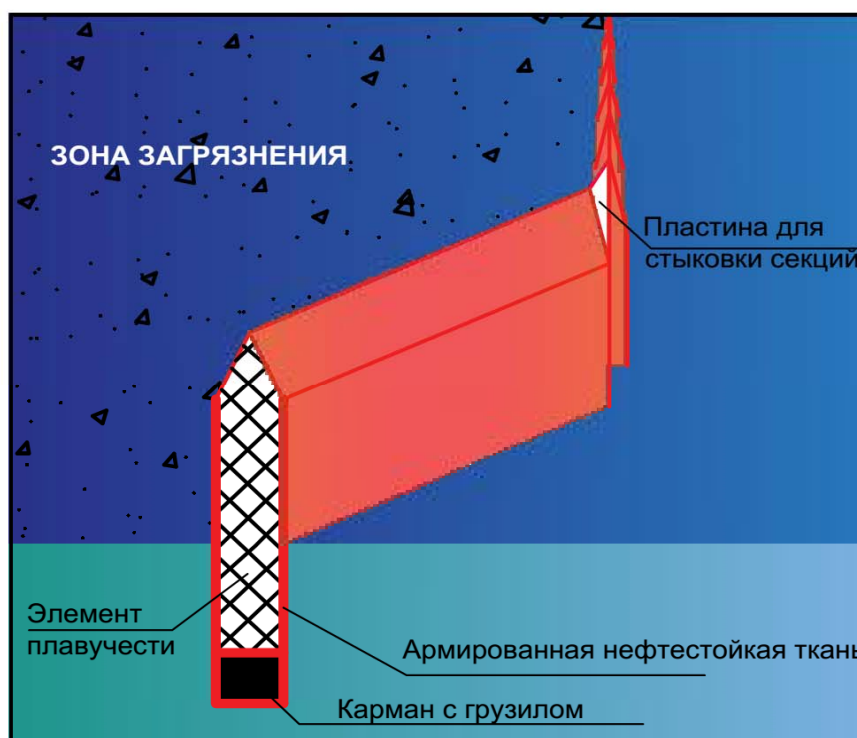


Рис. 2. – Основа устройства боновых ограждений

Сверху бон покрывают армированным нефтестойким волокном. Дополнительно используются буи и якоря.

В настоящее время известно более 150 типов боновых заграждений [5]. Основным параметром, по которому типажируются боны, является их высота. Тип используемого бонового заграждения определяется в зависимости от условий возникновения и величины аварийного разлива.

В зависимости от особенностей конструкций большинство боновых заграждений делят на две основные группы: боны-занавесы и боны-заграждения. Боны-занавесы имеют неразрывную подводную юбку или гибкий экран, поддерживаемый воздухом или флотационной камерой с пенным наполнителем. Боны-заграждения обычно имеют плоское поперечное сечение и удерживаются в толще вертикально за счёт своей плавучести или внешних средств, балластов и подкосов.

В зависимости от ситуации, места и характера разлива боны могут быть сорбирующие, огнестойкие, зимние, болотные или сочетающие в себе несколько специфических особенностей. Среди них следует выделить *всплывающие боны*, представляющие собой комплекс заграждений, находящихся на дне и поднимающихся в случае обнаружения разлива опасного вещества. Всплывающие боны не препятствуют судоходству и позволяют оперативно изолировать разлив за счёт значительного сокращения времени установки.

*Болотные боны* применяются на мелководье, на заболоченных местностях, водных участках с чередованием заболоченной и открытой водных поверхностей. Конструкция их, как правило, представляет собой отдельные секции, изготовленные из алюминиевого сплава и соединенные гибкими резиновыми вставками, которые устанавливаются вертикально.

*Сорбирующие боны* обычно предназначены для локализации разливов нефтепродуктов и, одновременно, сорбционной очистки преимущественно водных поверхностей. Одним из основных элементов бонов являются сорбирующие материалы, которые в дальнейшем возможно заменить. При

---

полном насыщении бон сохраняет плавучесть и не изменяет форму. Различают несколько типов сорбирующих бонов.

*Сорбирующий сетчатый бон* представляет собой рукав из сетчатого материала, заполненный сорбентом. Сорбент в основном представлен полиэфирным волокном или полипропиленовым микроволокном. Внутренним наполнителем сорбирующего бона служат отходы от вспененного полистирола или использованные пластиковые бутылки [6]. Отдельные секции сорбирующих боновых заграждений друг с другом соединяются карабинами и оснащаются подводной частью (юбкой) и силовыми тросовыми элементами. При полном насыщении боны остаются в плавучем состоянии и не теряют форму.

*Сорбирующий бон-ловушка* представляет собой соединенные между собой пучки олеофильных волокон из синтетического полипропиленового сорбента, размещенные на шнуре из синтетических материалов через определенное расстояние, обеспечивающее надежное перекрытие соседними элементами проникновения разлившихся нефти и нефтепродуктов за линию установки бонов [7].

*Сорбирующий минибон* представлен многократно используемым сорбирующим материалом в оболочке [8]. Чаще всего данную конструкцию используют при незначительных разливах нефтепродуктов. Сорбент – преимущественно мелковолоконистый пропилен. Сорбирующие минибоны сохраняют форму и свойства при впитывании нефти и нефтепродуктов. Имея небольшие размеры, они обладают высокой впитывающей способностью. Особенно эффективно использование таких минибонов в труднодоступных местах или на производствах при устранении опасных для окружающей среды и человека разливов.

*Огнестойкие боны* – это специальные боновые заграждения, способные выдержать высокие температуры и обеспечивающие до 24 часов

---

непрерывного сжигания без нарушения функциональности заграждения. Их типовая конструкция представляет собой связку полусферических поплавков из нержавеющей стали, заполненных плотной стеклянной пеной, установленных на огнеупорной ткани из стальной и керамической фибры со специальным силиконовым защитным покрытием.

В конструкции бона [9] плавучий элемент представляет собой полое тело, увеличивающиеся в размере при нагревании. Элемент покрыт теплостойким водопоглощающим материалом с сеточным покрытием, обеспечивающим «всасывание воды с образованием огнезащитного водного потока». Большинство огнестойких бонов имеют большой вес и жесткие секции, что затрудняют их установку на водоемах. Более совершенное боновое заграждение [10] состоит из множества секций, соединенных между собой. У каждой секции есть свой поплавок элемент, с отдельными камерами, покрытый несколькими слоями сорбирующего воду материала.

Конструкция огнестойкого бона [11] также представлена множеством соединенных между собой секций, каждая из которых содержит поплавок элемент, снаружи которого расположен один или несколько слоев сорбирующего воду материала. Заграждение снабжено внешней оболочкой, которая выполнена в виде плотной спирали или плетеной сетки из гидрофобного ерша. Поплавок элемент состоит из отдельных герметичных твердых поплавков. В данной конструкции обеспечивается снижение веса бона, повышение уровня его универсальности (возможность применения в зимних условиях и в водоемах различной глубины) и эксплуатационной надежности.

Боновое заграждение [4], предназначенное для сбора и эффективного сжигания нефти, состоит из олеофильного тела, выполненного из жаропрочного материала и частично погруженного в воду, поплавок и балласта и дополнительно содержит приводной механизм, вал которого

---



соединен с олеофильным тело. «При вращении олеофильного тела налипшая на него нефтяная пленка поднимается над поверхностью воды и поджигается. Горение поддерживается непрерывно, так как в зоне горения нефтяная пленка постоянно обновляется при вращении тела» [4].

В открытых водоёмах применяют *заградительные плавающие боны*. Их используют, например, для откачки нефтепродуктов с водной поверхности с последующим выжиганием [12]. *Зимние заградительные боны* представляют собой отдельные секции, обычно изготовленные из стального профиля и соединённые в единую сборную конструкцию, и служат для создания механической преграды на пути распространения нефти и нефтепродуктов. Боны вертикально устанавливают в ледяной прорези на специальные кронштейны. Глубину установки бонов регулируют в зависимости от толщины льда.

Эффективность работы боновых заграждений всех типов зависит от многих факторов. Боны должны быть достаточно гибкими, чтобы следовать перемещению волн, и достаточно жёсткими, чтобы удерживать как можно больше нефти. Важно, чтобы бон был достаточно прочным и долговечным в соответствии со своим целевым назначением. Немаловажными характеристиками являются простота и скорость развёртывания, эксплуатационная надёжность, вес и стоимость.

Обычно боновые заграждения используются многократно, но некоторые недорогие модели используются один раз. После использования их сжигают или возвращают производителю для дальнейшей утилизации.

Эффективность работы бонов существенно зависит и от их качественной установки. Для установки боновых заграждений и удержания их на месте используют тросовые системы, лебёдки, якоря и якорные системы. На небольших водоёмах боны закрепляют на двух берегах, а на



крупных чаще устанавливают в виде каскадов, в таком случае анкеровка проводится по берегам и под водой [13].

При значительных разливах нефти и нефтепродуктов требуется установка нескольких каскадов боновых заграждений, так как нефтяное пятно проходит под бонами, что в результате приводит к формированию загрязняющего слоя у кромки бонового заграждения, превышающего или сравнимого с осадкой самого бона. Длина боновых заграждений, установленных в каждом каскаде и необходимых для локализации всего объёма разлитой нефти, определяется полупериметром пятна на момент времени, когда каскад будет установлен [14]. На основе данных компьютерного моделирования различных аварийных ситуаций [14] получены результаты, которые могут быть приняты за основу при определении необходимого количества каскадов.

Таким образом, для минимизации ущерба от катастроф и аварий, связанных с нефтяными разливами, нужно обеспечить максимально эффективную работу по локализации разливов: изолировать зону разлива, собрать нефтяные продукты и утилизировать их. Различные типы боновых заграждений остаются наиболее эффективным средством локализации разливов нефти и нефтяных пожаров в акватории. Конструкции их постоянно совершенствуются, что связано в основном с появлением новых композиционных материалов и новыми функциональными возможностями таких материалов.

### Литература

1. Статистика по аварийности и травматизму со смертельным исходом в странах-участниках совета Межгосударственного совета по промышленной безопасности. URL: [mspbsng.org/stat\\_accident/](http://mspbsng.org/stat_accident/).



2. Заграничный К.А. К вопросу об источниках и объемах поступления нефтяных компонентов в акваторию Черного моря // Инженерный вестник Дона, 2014, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2014/2300

3. Черемных М.Э., Попова О.В., Забалуева А.И. Анализ причин загрязнения вод Таганрогского залива нефтепродуктами // Инженерный вестник Дона, 2014, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2391

4. Pat. WO 2014112855 A1, CPC E02B15/10, B63B35/32, F23G7/05. Device for eradicating oil spills in bodies of water / Nurtayeva A., Priimak D., Nurtayeva G. and other; applicant and patentee Nurtayeva A., Priimak D. PCT/KZ2013/000007, filed 21.05.2013; publ. 24.07.2014.

5. Давыдова С.Л., Тагасов В.И. Нефть и нефтепродукты в окружающей среде. М.: Изд-во РУДН, 2004. 163 с.

6. Пат. 2183231 Российская Федерация, МПК7 E02B15/06. Нефтесорбирующий бон / Бачерникова С.Г., Есенкова Н.П., Михалькова А.И.; заявитель и патентообладатель Открытое акционерное общество «Научно-исследовательский институт нетканых материалов». 99119841/13, заявл. 16.09.1999; опубл. 10.06.2002.

7. Пат. 2158801 Российская Федерация, МПК7 E02B15/06. Боновое сорбционное ограждение / Веснин Н.М.; заявитель и патентообладатель Экспериментально-производственный и технический центр Межотраслевого научно-исследовательского института экологии топливно-энергетического комплекса. 99113498/13, заявл. 21.06.1999; опубл. 10.11.2000.

8. Pat. US 20120003045 A1, CPC E02B15/04. Floating oil containment and absorbent barrier system / Earl R. Singleton; applicant and patentee Singleton Earl R. US 13/165,834, filed 22.06.2011; publ. 05.01.2012.

9. Pat. US 4537528 A, CPC E02B15/06, E02B15/04. Fireproof boom / Wayne F. Simpson; applicant and patentee Shell Oil Company. US 06/675,456, filed 27.11.1984; publ. 27.08.1985.

10. Pat. US 4645376 A, CPC E02B15/06, E02B15/04. Fireproof boom / Wayne F. Simpson; applicant and patentee Shell Western E&P Inc. US 06/806,575, filed 09.12.1985; publ. 24.02.1987.

11. Пат. 2177062 Российская Федерация, МПК7 E02B15/06. Огнестойкое боновое ограждение / Веснин Н.М., Исмагилов А.Х.; заявитель и патентообладатель Экспериментально-производственный и технический центр Межотраслевого научно-исследовательского института экологии топливно-энергетического комплекса. 2000121861/13, заявл. 15.08.2000; опубл. 20.12.2001.

12. Pat. US 4923332 A, CPC E02B15/06, E02B15/04. High temperature resistant oil boom flotation core / Stephen M. Sanocki, Donald D. Johnson, Edward M. Fischer; applicant and patentee Minnesota Mining And Manufacturing Company. US 07/309,416, filed 10.02.1989; publ. 08.05.1990.

13. Применение боновых ограждений при ликвидации разливов нефти. Технический информационный документ. URL: [itopf.com/uploads/translated/TIP\\_3\\_2011\\_RU\\_Use\\_of\\_booms\\_in\\_oil\\_pollution\\_response.pdf](http://itopf.com/uploads/translated/TIP_3_2011_RU_Use_of_booms_in_oil_pollution_response.pdf).

14. Маценко С.В., Волков Г.Г., Волкова Т.А. Ликвидация разливов нефти и нефтепродуктов на море и внутренних акваториях. Расчет достаточности сил и средств: методические рекомендации. Новороссийск: МГА им. адмирала Ф.Ф. Ушакова, 2009. 78 с.

### References

1. Statistika po avariynosti i travmatizmu so smertel'nym iskhodom v stranakh-uchastnikakh soveta Mezghosudarstvennogo soveta po promyshlennoy bezopasnosti [Statistics on accidents and injuries fatalities in the participating countries of the Interstate Council for Industrial Safety Council]. URL: [mspbsng.org/stat\\_accident/](http://mspbsng.org/stat_accident/).

2. Zagranichnyy K.A. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2014, №1. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2014/2300](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2014/2300)
3. Cheremnykh M.E., Popova O.V., Zabaluyeva A.I. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2014, №2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2391](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2391)
4. Pat. WO 2014112855 A1, MPK7 E02B15/10, B63B35/32, F23G7/05. Device for eradicating oil spills in bodies of water / Nurtayeva A., Priimak D., Nurtayeva G. and other; applicant and patentee Nurtayeva A., Priimak D. PCT/KZ2013/000007, zayavl. 21.05.2013; opubl. 24.07.2014.
5. Davydova S.L., Tagasov V.I. Neft' i nefteprodukty v okruzhayushchey srede [Oil and oil products in the environment]. M.: Izd-vo RUDN, 2004. 163 p.
6. Pat. 2183231 Rossiyskaya Federatsiya, MPK7 Ye02V15/06. Neftesorbiruyushchiy bon / Bachernikova S.G., Yesenkova N.P., Mikhal'kova A.I.; zayavitel' i patentoobladatel' Otkrytoye aktsionernoye obshchestvo «Nauchno-issledovatel'skiy institut netkanykh materialov». 99119841/13, zayavl. 16.09.1999; opubl. 10.06.2002.
7. Pat. 2158801 Rossiyskaya Federatsiya, MPK7 E02B15/06. Bonovoye corbtsionnoye zagrazhdeniye / Vesnin N.M.; zayavitel' i patentoobladatel' Eksperimental'no-proizvodstvennyy i tekhnicheskyy tsentr Mezhotraslevogo nauchno-issledovatel'skogo instituta ekologii toplivno-energeticheskogo kompleksa. 99113498/13, zayavl. 21.06.1999; opubl. 10.11.2000.
8. Pat. US 20120003045 A1, MPK7 E02B15/04. Floating oil containment and absorbent barrier system / Earl R. Singleton; applicant and patentee Singleton Earl R. US 13/165,834, zayavl. 22.06.2011; opubl. 05.01.2012.
9. Pat. US 4537528 A, MPK7 E02B15/06, E02B15/04. Fireproof boom / Wayne F. Simpson; applicant and patentee Shell Oil Company. US 06/675,456, zayavl. 27.11.1984; opubl. 27.08.1985.

10. Pat. US 4645376 A, MPK7 E02B15/06, E02B15/04. Fireproof boom / Wayne F. Simpson; applicant and patentee Shell Western E&P Inc. US 06/806,575, zayavl. 09.12.1985; opubl. 24.02.1987.

11. Pat. 2177062 Rossiyskaya Federatsiya, MPK7 E02B15/06. Ognestoykoye bonovoye zagrazhdeniye / Vesnin N.M., Ismagilov A.Kh.; zayavitel' i patentoobladatel' Eksperimental'no-proizvodstvennyy i tekhnicheskyy tsentr Mezhotraslevogo nauchno-issledovatel'skogo instituta ekologii toplivno-energeticheskogo kompleksa. 2000121861/13, zayavl. 15.08.2000; opubl. 20.12.2001.

12. Pat. US 4923332 A, MPK7 E02B15/06, E02B15/04. High temperature resistant oil boom flotation core / Stephen M. Sanocki, Donald D. Johnson, Edward M. Fischer; applicant and patentee Minnesota Mining And Manufacturing Company. US 07/309,416, zayavl. 10.02.1989; opubl. 08.05.1990.

13. Primeneniye bonovykh zagrazhdeniy pri likvidatsii razlivov nefi. Tekhnicheskyy informatsionnyy document [The use of booms for oil spill response. Technical information document]. URL: [itopf.com/uploads/translated/TIP\\_3\\_2011\\_RU\\_Use\\_of\\_booms\\_in\\_oil\\_pollution\\_response.pdf](http://itopf.com/uploads/translated/TIP_3_2011_RU_Use_of_booms_in_oil_pollution_response.pdf).

14. Matsenko S.V., Volkov G.G., Volkova T.A. Likvidatsiya razlivov nefi i nefteproduktov na more i vnutrennikh akvatoriyakh. Raschet dostatochnosti sil i sredstv: metodicheskiye rekomendatsii [Liquidation of oil spills at sea and inland waters. The calculation of the adequacy of the forces and means: guidelines]. Novorossiysk: MGA im. admirala F.F. Ushakova, 2009. 78 p.