

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.

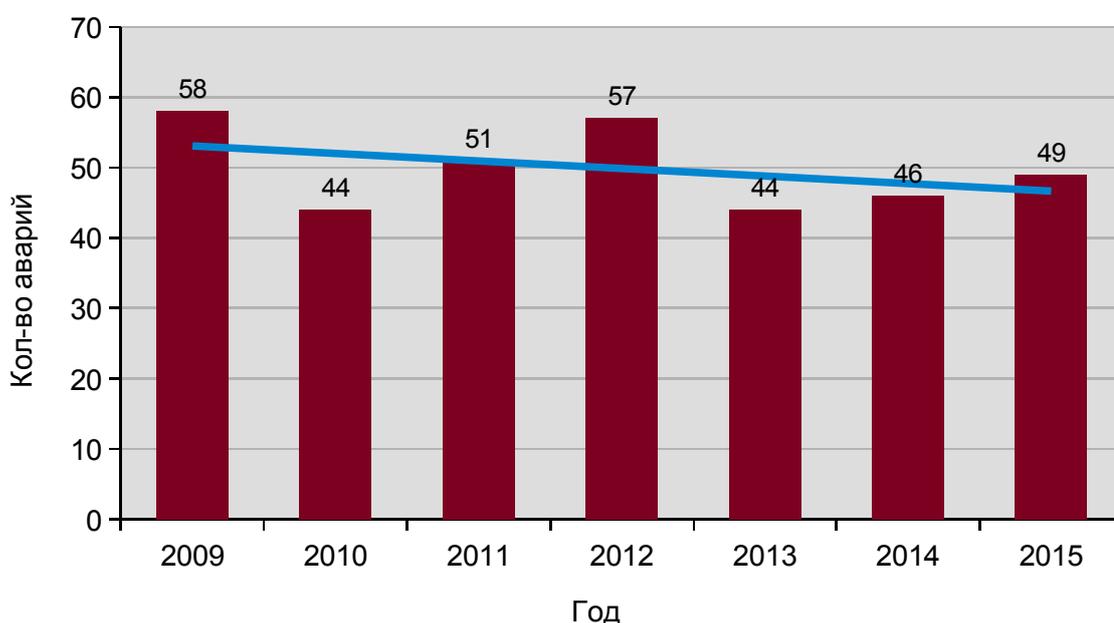


Рис. 1. – Динамика изменения общего количества аварий на нефтяных объектах за период 2009-2015 гг.

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.

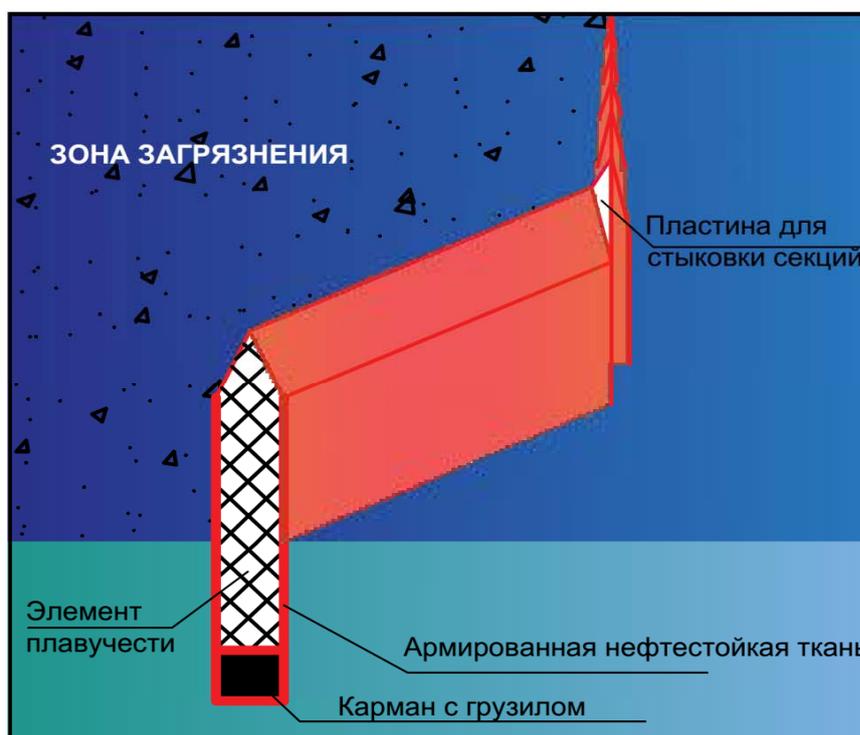


Рис. 2. – Основа устройства боновых ограждений

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/.



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.

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/.



2. Zagranichnyy K.A. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2014, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2014/2300

3. Cheremnykh M.E., Popova O.V., Zabaluyeva A.I. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2014, №2. URL: 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.

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.