

Итоги спутникового мониторинга нефтяного загрязнения морской поверхности Юго-Восточной Балтики за 2004-2013 гг.

Е.В. Булычева¹, А.Г. Костяной^{2,3}

¹*Атлантическое отделение Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН
Калининград, 236022, Россия*

E-mail: bulycheva.lena@gmail.com

²*Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, 117997, Россия*

³*Московский университет им. С.Ю. Витте, Москва, 115432, Россия*

E-mail: kostianoy@gmail.com

В статье приведены результаты спутникового мониторинга нефтяного загрязнения морской поверхности юго-восточной части Балтийского моря за 2004-2013 гг. Исследована межгодовая и сезонная изменчивость нефтяного загрязнения. С 2005-2006 гг. по 2011 г. наблюдалось устойчивое снижение количества нефтяных пятен и их суммарной площади. Максимум нефтяного загрязнения приходится на весенне-летний период, что, вероятно, связано, с благоприятными гидрометеорологическими условиями для детектирования нефтяных пятен по РЛИ. Рассмотрены особенности пространственного распределения нефтяного загрязнения и выявлены основные районы локализации нефтяных пятен. По результатам анализа форм обнаруженных пятен можно заключить, что основными источниками нефтяного загрязнения Юго-Восточной Балтики являются морские суда. Наиболее загрязненным является район западнее Самбийского полуострова с подходами к порту Балтийск. За период 2004-2013 гг. ни одного факта нефтяного загрязнения с нефтедобывающей платформы D-6 обнаружено не было. С 2004 г. по настоящее время спутниковый мониторинг нефтяного месторождения «Кравцовское» (D-6) является единственным оперативным инструментом контроля нефтяного загрязнения морской поверхности вод РФ в юго-восточной части Балтийского моря.

Ключевые слова: Балтийское море, радиолокационные изображения, нефтяное загрязнение, межгодовая и сезонная изменчивость нефтяного загрязнения, прогноз дрейфа нефтяных пятен.

Введение

Балтийское море – это мелководный и полузамкнутый морской бассейн с высокой плотностью судоходства, что делает его особенно уязвимым к антропогенным воздействиям, в частности, к нефтяному загрязнению. С 2004 г. по настоящее время в рамках производственного экологического мониторинга нефтяного месторождения «Кравцовское» (морская ледостойкая стационарная платформа (МЛСП) D-6) ООО «ЛУКОЙЛ-КМН» и ряда российских и международных научных проектов проводится спутниковый мониторинг нефтяного загрязнения морской поверхности Юго-Восточной Балтики (Kostianoy et al., 2004, 2005, 2006; Лаврова и др., 2011; Булычева, Костяной, 2011; Немировская и др., 2011; Костяной и др., 2012; Булычева, 2012; Kostianoy, Lavrova, 2014; Lavrova et al., 2014, Bulychева et al., 2014). Основными направлениями этих работ являются: ежедневный радиолокационный контроль появления и распространения нефтяных пятен на поверхности моря по оперативным данным с различных спутников, обнаружение и определение вероятных источников нефтяных загрязнений с помощью системы идентификации морских судов AIS, прогноз направления и скорости переноса пятен с помощью официально при-

знанной HELCOM оперативной численной модели Шведского института метеорологии и гидрологии (SMHI) Seatrack Web, сбор и анализ вспомогательной гидрометеорологической информации, систематизация и хранение информации.

Результаты

С 2004 г. для выявления нефтяных загрязнений использовались радиолокационные изображения (РЛИ) спутников ENVISAT Европейского космического агентства (ESA) (до выхода из строя спутника в апреле 2012 г.), RADARSAT-1 Канадского космического агентства (CSA) (до выхода из строя спутника 29 марта 2013 г.) и RADARSAT-2 МакДональд, Деттвилер и Партнеры (MDA, Канада). Прием и поставка этих РЛИ осуществляется норвежским спутниковым оператором Kongsberg Satellite Services (KSAT) в Тромсё. С апреля 2013 г. используются РЛИ со спутников COSMO-SkyMed-1, -2, -3, -4 Итальянского космического агентства (ASI) (рис. 1).

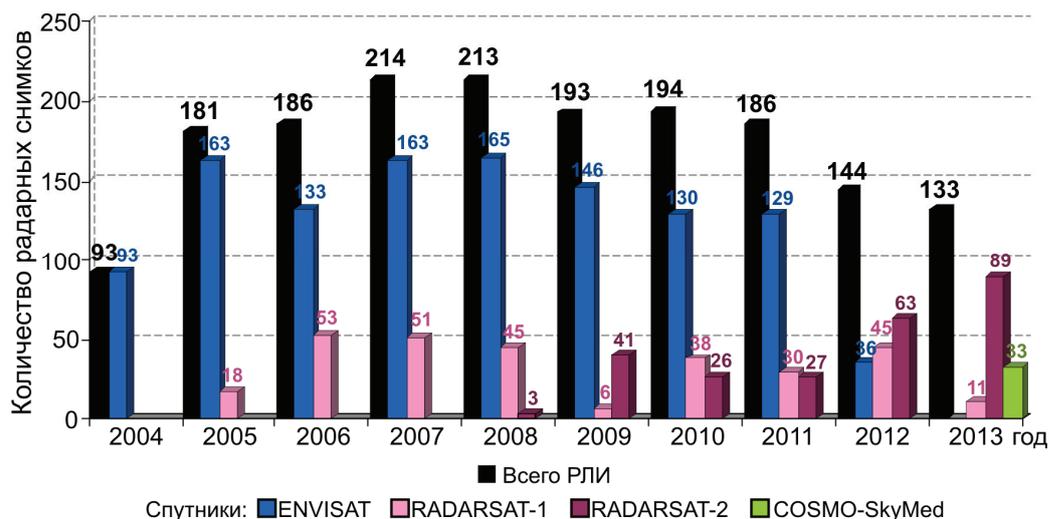


Рис. 1. Количество РЛИ, полученных и проанализированных с различных спутников с 2004 по 2013 г.

Из рис. 1 следует, что в 2004-2011 гг. (с учетом того, что в 2004 г. мониторинг велся с июня по декабрь) общее количество проанализированных РЛИ варьировалось в пределах 181-214, что вполне достаточно для круглогодичного мониторинга. В среднем один снимок приходился на 1,7-2 дня, при этом время между двумя последовательными съемками менялось от 12 часов до 2 суток. В этом случае достигалась минимальная вероятность пропуска нефтяных пятен. С 2011 г. общее количество РЛИ стало уменьшаться, сначала в связи с выходом из строя спутника ENVISAT весной 2012 г. (144 РЛИ), затем, спутника RADARSAT-1 весной 2013 г. (133 РЛИ). В настоящее время

возможно увеличение частоты съемки исследуемого района, в том числе за счет привлечения других радиолокационных спутников, но это существенно увеличит финансовые затраты на проведение мониторинга.

В ходе анализа РЛИ поверхности моря Юго-Восточной Балтики с 12.06.2004 по 31.12.2013 (всего 1737 снимков, *рис. 1*) было идентифицировано 1171 нефтяное пятно (*рис. 2*).

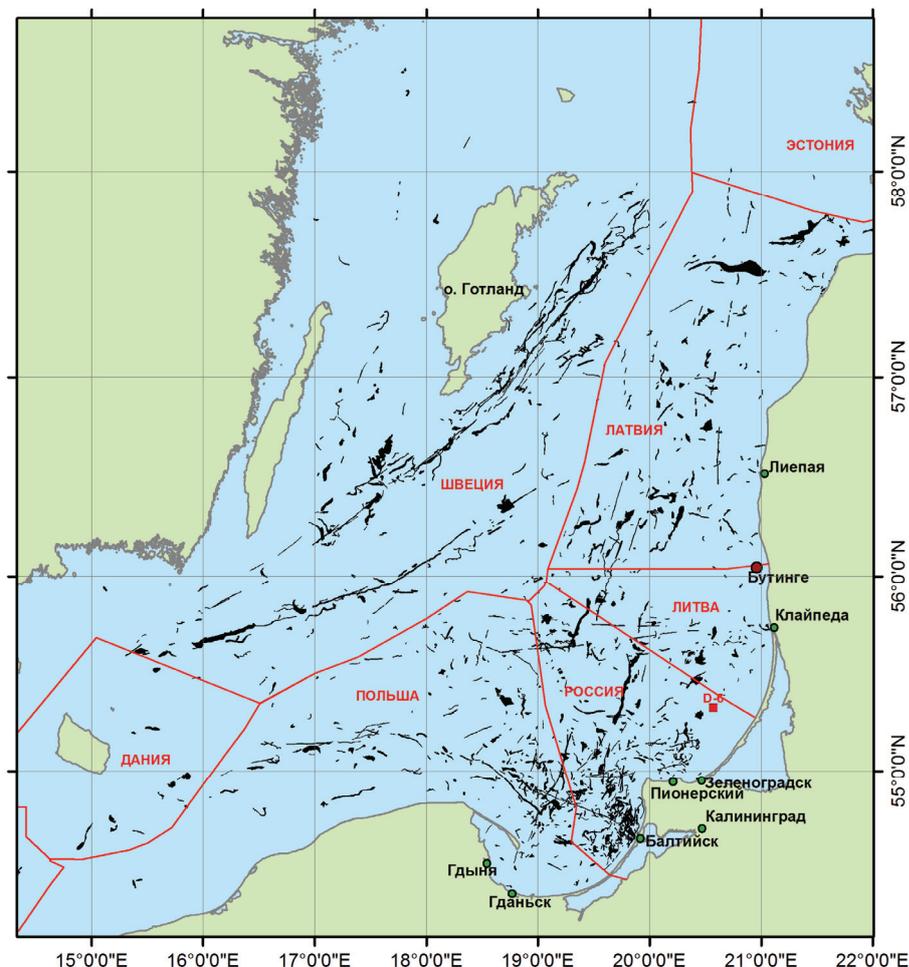


Рис. 2. Сводная карта всех нефтяных пятен, обнаруженных в ходе анализа РЛИ с 12.06.2004 по 31.12.2013

В данной статье мы подробно остановимся на нефтяном загрязнении в районе экологического мониторинга Кравцовского нефтяного месторождения, который был выбран из соображений более чем 70%-ного покрытия спутниковыми снимками (*рис. 3*) и непосредственной близости самого месторождения, куда вошел российский сектор (исключительная экономическая зона (ИЭЗ) РФ) Юго-Восточной Балтики, а также ИЭЗ Литвы и прилегающая часть польского сектора до 18° в.д.

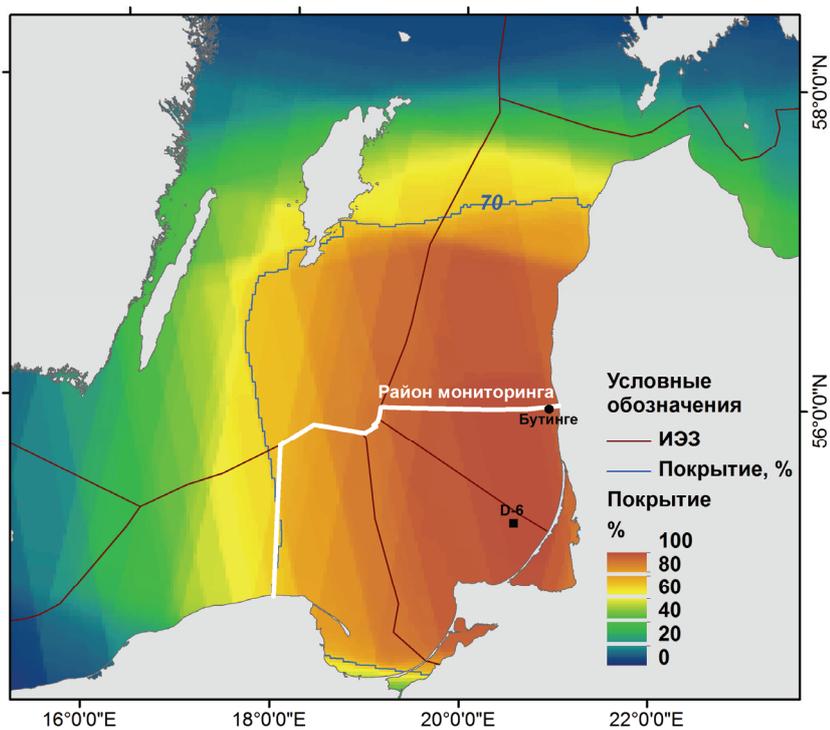


Рис. 3. Плотность покрытия Юго-Восточной Балтики спутниковыми снимками, полученными в 2006-2013 гг.

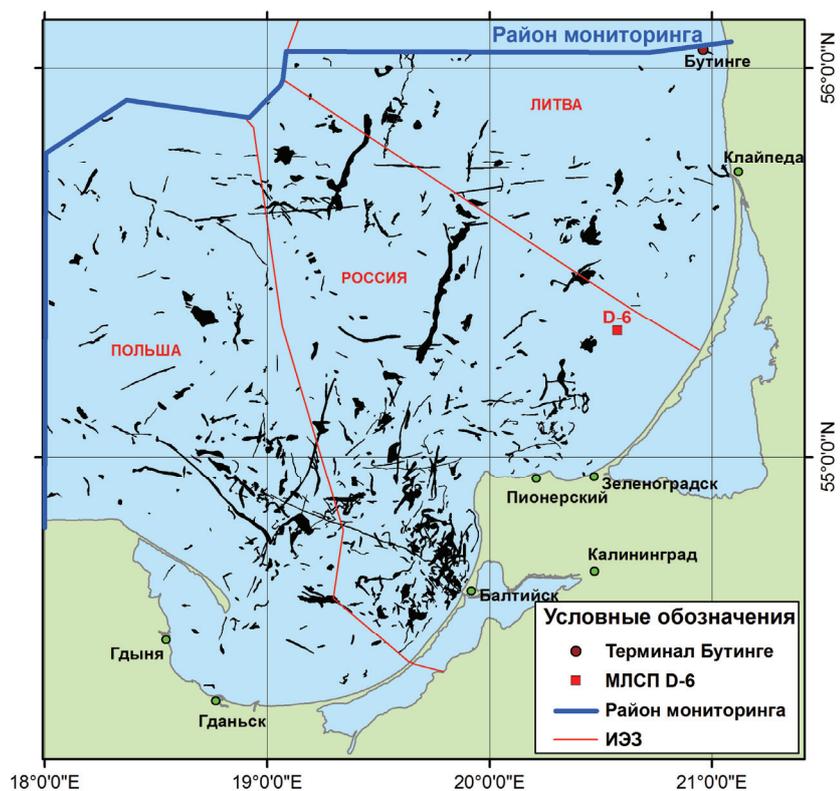


Рис. 4. Сводная карта всех нефтяных пятен, обнаруженных на РЛИ в районе экологического мониторинга Кравцовского нефтяного месторождения в 2004-2013 гг. Представлена реальная форма пятен

На *рис. 4* представлена сводная карта нефтяных пятен, обнаруженных в районе мониторинга за период 2004-2013 гг. Всего в выделенном районе было обнаружено 608 нефтяных пятен различной формы. Примерно столько же пятен было выявлено за пределами района мониторинга, несмотря на меньшее количество спутниковых наблюдений. Пятна, в основном, локализовались вдоль главных судоходных трасс Балтики, проходящих в ИЭЗ Швеции южнее и юго-восточнее о. Готланд (*рис. 2*).

Анализ распределения пятен по форме показал, что основным источником загрязнения поверхности моря является судоходство (*рис. 5*).

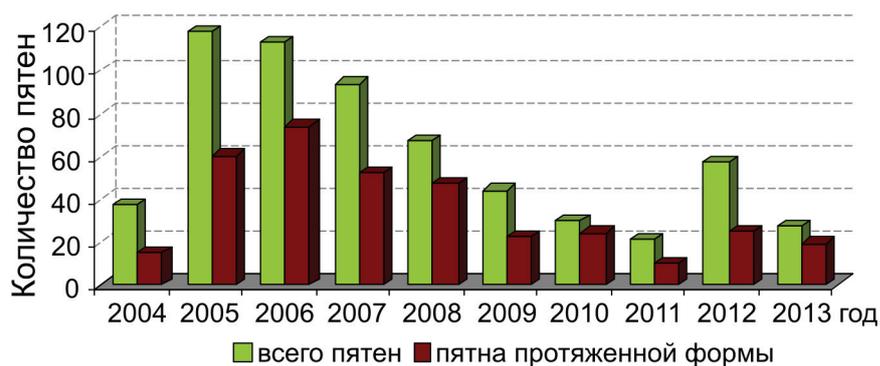


Рис. 5. Соотношение количества пятен протяженной формы к общему количеству пятен

В российском секторе Юго-Восточной Балтики наибольшее загрязнение наблюдается к западу от Самбийского полуострова и на подходе к Калининградскому каналу (в районе Балтийска), куда сходятся несколько судоходных трасс с севера и запада (*рис. 6*) (Bulycheva et al., 2014). Район якорной стоянки у входа в Калининградский канал, в различные годы и по разной статистике отмечается как наиболее загрязненная акватория юго-восточной части Балтийского моря, а может быть, и всего Балтийского моря (Kostianou et al., 2006; Лаврова и др., 2011; Булычева, Костяной, 2011; Костяной и др., 2012; Булычева, 2012; Kostianou, Lavrova, 2014; Lavrova et al., 2014, Bulycheva et al., 2014). Кроме того, выделяется скопление нефтяных пятен к северу от Самбийского полуострова вблизи морского порта Пионерский, вероятными источниками которых являются небольшие рыболовные суда, не оснащенные оборудованием AIS (Bulycheva et al., 2014), а также в центральной и северной части российского сектора, через которую проходят судоходные трассы, направленные в порт Клайпеда и в северную часть Балтийского моря (*рис. 6*).

К Клайпедке подходят несколько судоходных трасс с запада и юго-запада, которые отчетливо прочерчиваются положением и формой обнаруженных нефтяных пятен (*рис. 6*). В польском секторе исследуемого района также наблюдается значительное неф-

тяное загрязнение, связанное с прохождением судоходных трасс, направленных в Клайпеду, Калининград, Гдыню и Гданьск северо-восточнее косы Хель (рис. 6). В непосредственной близости от МЛСП D-6 за 10-ти летний период ни одного случая нефтяного загрязнения зафиксировано не было. Относительно чистой является морская поверхность вдоль всего побережья Куршской косы. Это, очевидно, связано с низкой активностью судоходства (Bulycheva et al., 2014), а также с характерными для данного района течениями, которые сносят поверхностное загрязнение, в основном, на северо-запад, север, северо-восток.

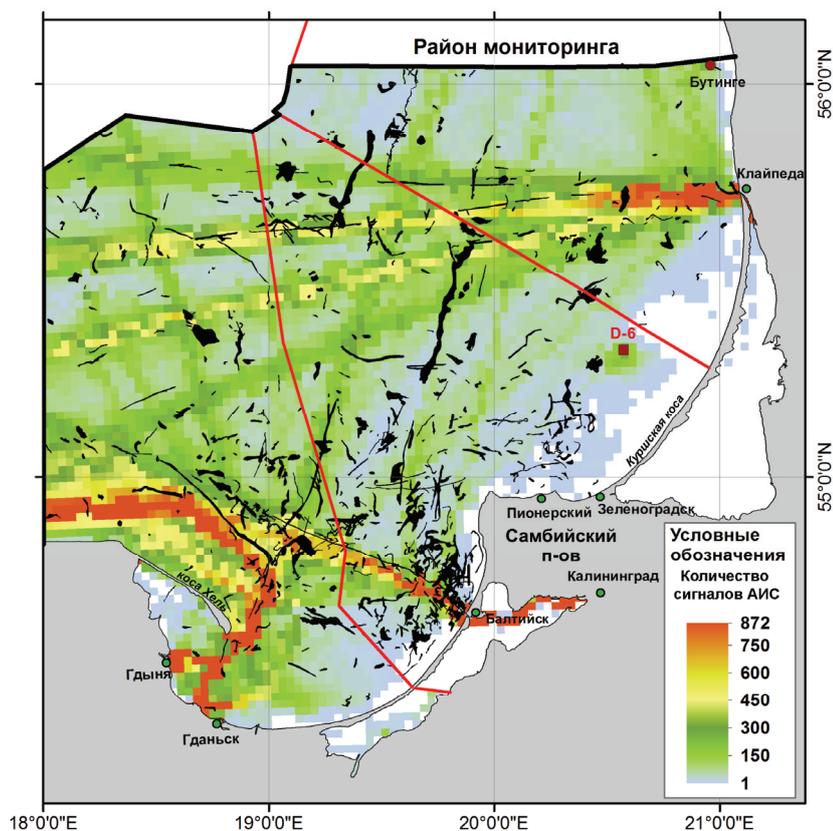


Рис. 6. Расположение нефтяных пятен, обнаруженных в районе мониторинга в 2004-2013 гг. на фоне плотности сигналов AIS

На рис. 7 представлен один из примеров нефтяного загрязнения района мониторинга. На РЛИ со спутника RADARSAT-2, полученного 13.09.2013 г. в 05:09 UTC, была зафиксирована утечка нефтепродуктов с судна с координатами 55°24'53,73" с.ш. 19°46'58,82" в.д. (показано красной стрелкой). Длина нефтяного пятна составляла 43 км, общая площадь – 72 км². По данным AIS источником нефтяного загрязнения являлось грузовое судно «Замоскворечье», следующее в порт Балтийск (рис. 8).

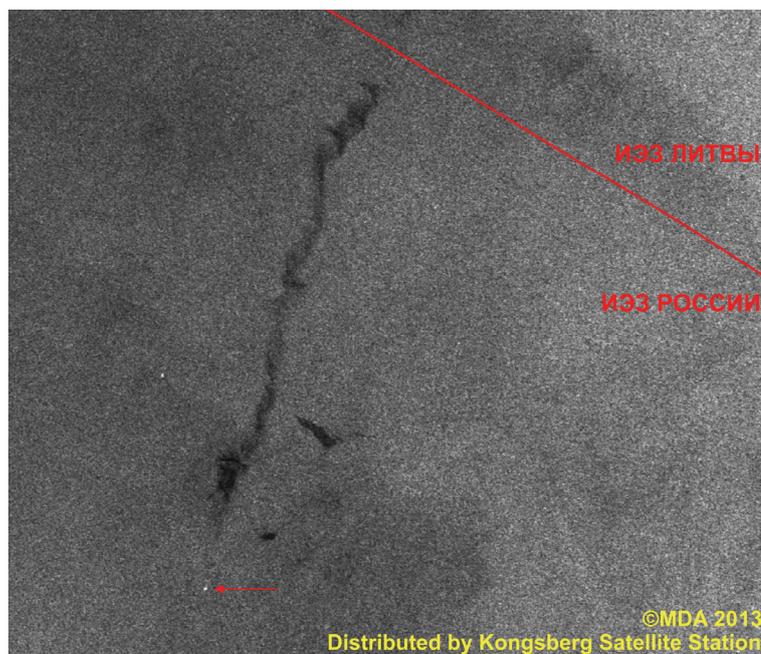


Рис. 7. Фрагмент РЛИ от 13.09.2013 г. со спутника RADARSAT-2

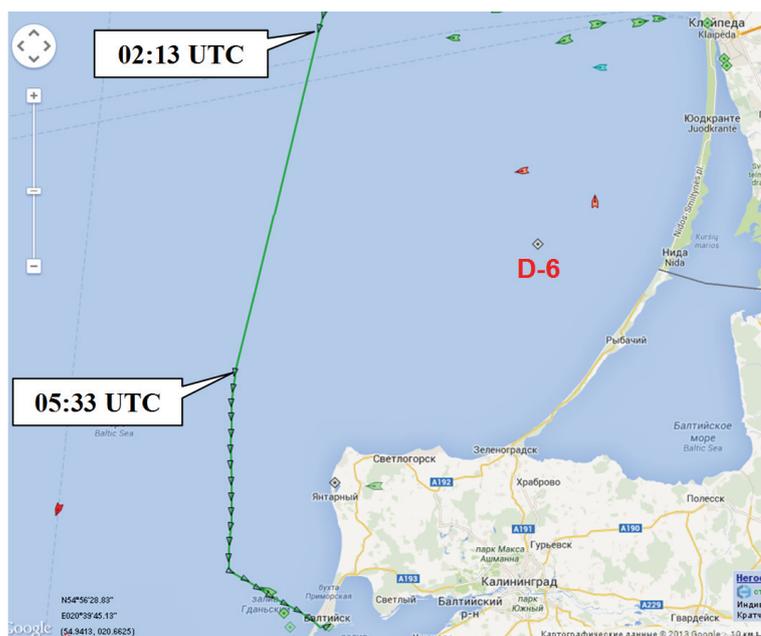


Рис. 8. Трек судна «Замоскворечье» с 02:13 UTC по 05:33 UTC 13.09.2013 проходит вдоль пятна, обнаруженного на РЛИ в 05:09 UTC. www.marinetraffic.com

Межгодовая изменчивость нефтяного загрязнения

В качестве показателей межгодовой и межсезонной изменчивости нефтяного загрязнения поверхности моря было выбрано количество и площадь обнаруженных с помощью спутниковых РЛИ нефтяных пятен за 2004-2013 гг. (рис. 9), а также средняя площадь одного нефтяного пятна, которая определялась делением общей площади пятен на их ко-

личество (рис. 10). Площади отдельных пятен на РЛИ определялись с помощью программного пакета ArcGIS 9.2.

С 2006 по 2011 г. наблюдалось устойчивое снижение как общего количества нефтяных пятен (со 113 до 21), обнаруженных на РЛИ, так и суммарной площади нефтяного загрязнения (примерно с 370 до 70 км²) (рис. 9). Эти цифры соответствуют нижней оценке существующего реального нефтяного загрязнения морской поверхности в связи с ограничениями используемого метода и промежутками между спутниковыми пролетами, которые иногда достигали двух суток. Тем не менее, наблюдается очевидная межгодовая тенденция к уменьшению нефтяного загрязнения Юго-Восточной Балтики. Следует отметить, что по данным HELCOM за 1988-2011 гг. аналогичная тенденция прослеживается и для всего Балтийского моря в целом (Kostianou, Lavrova, 2014). В 2012 г. произошел резкий скачок количества обнаруженных нефтяных пятен и, как следствие, общей площади нефтяного загрязнения. В 2013 г. при небольшом количестве нефтяных пятен наблюдалась высокая суммарная площадь нефтяного загрязнения, что объясняется крупным нефтяным пятном, обнаруженным 13.09.2013 г. (рис. 7).

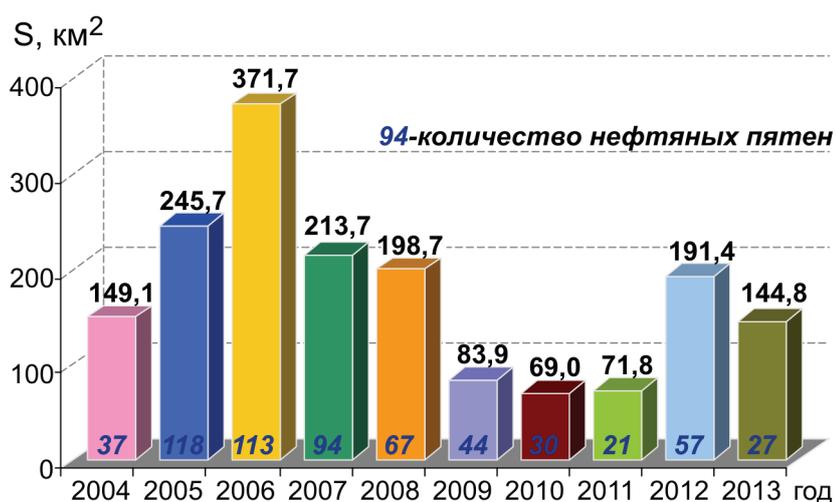


Рис. 9. Межгодовая изменчивость площади нефтяного загрязнения и количества нефтяных пятен в районе экологического мониторинга Кравцовского нефтяного месторождения в 2004-2013 гг.

Поскольку ежегодно анализировалось различное количество РЛИ, то для более правильной оценки межгодовой динамики нефтяного загрязнения необходимо нормировать, например, количество обнаруженных пятен на количество РЛИ. Такая изменчивость представлена на рис. 10, из которого следует, что действительно количество нефтяных пятен с 2005-2006 гг. постепенно уменьшалось до 2011 г., после чего произошел некоторый скачок. Полученные нормированные величины показывают, что в 2005 г. на одном РЛИ было обнаружено в среднем 0,65 пятна, а в 2011 г. - 0,11, т.е. на 9 РЛИ приходилось одно нефтяное пятно.

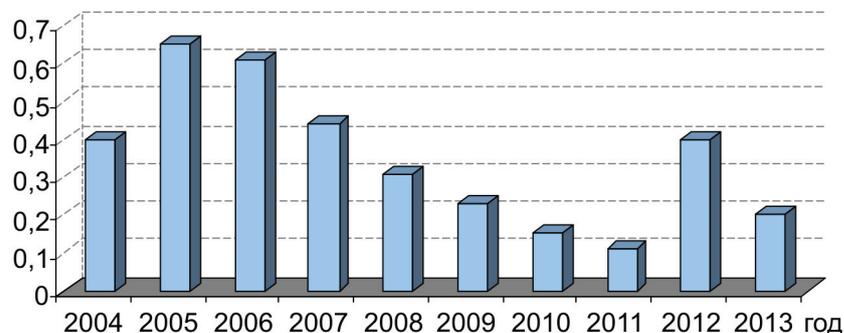


Рис. 10. Межгодовая изменчивость количества нефтяных пятен, нормированное на количество проанализированных РЛИ в 2004-2013 гг.

Практический интерес представляет вопрос: какова средняя площадь нефтяного пятна и какова ее межгодовая динамика. На рис. 11 показано, что средняя площадь одного пятна варьировалась в пределах от 1,9 до 5,4 км². Увеличение средней площади нефтяного загрязнения в 2013 г. объясняется единичным крупным разливом с судна 13.09.2013 (рис. 7).

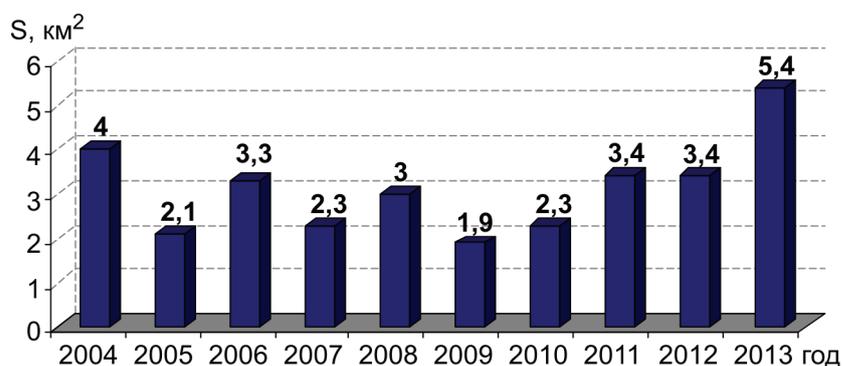


Рис. 11. Межгодовая изменчивость средней площади (км²) одного нефтяного пятна в 2004-2013 гг.

Сезонная изменчивость нефтяного загрязнения

При анализе сезонной изменчивости нефтяного загрязнения Юго-Восточной Балтики за период исследований было отмечено значительное уменьшение количества обнаруженных пятен в холодный и штормовой период года (осень-зима) по сравнению с теплыми сезонами года (рис. 12), что, по-видимому, связано с ограничением радиолокационного метода по скорости ветра (2-10 м/с) (Лаврова и др., 2011). Кроме того, сильное волнение способствует более быстрому образованию эмульсии «вода в нефти» и «нефть в воде», что препятствует возникновению поверхностных нефтяных пленок (Немировская, 2004, 2013).

Явный максимум площади нефтяного загрязнения так же пришелся на весенне-летний период (рис. 13). Наибольшее загрязнение наблюдалось весной и летом 2006 г. Далее происходило постепенное уменьшение площади нефтяного загрязнения, минимум которого зафиксирован в 2010-2011 гг. В 2012 г. максимум суммарной площади нефтяного загрязнения пришелся на весну, а в 2013 г. – на осень.

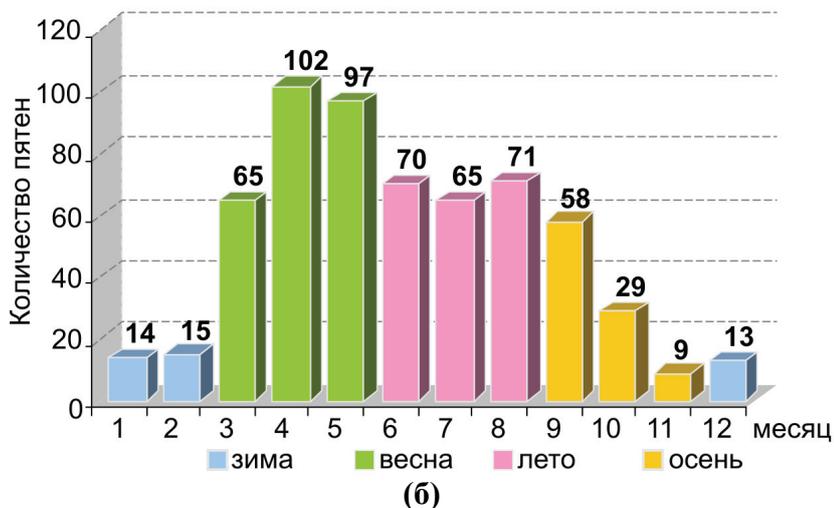
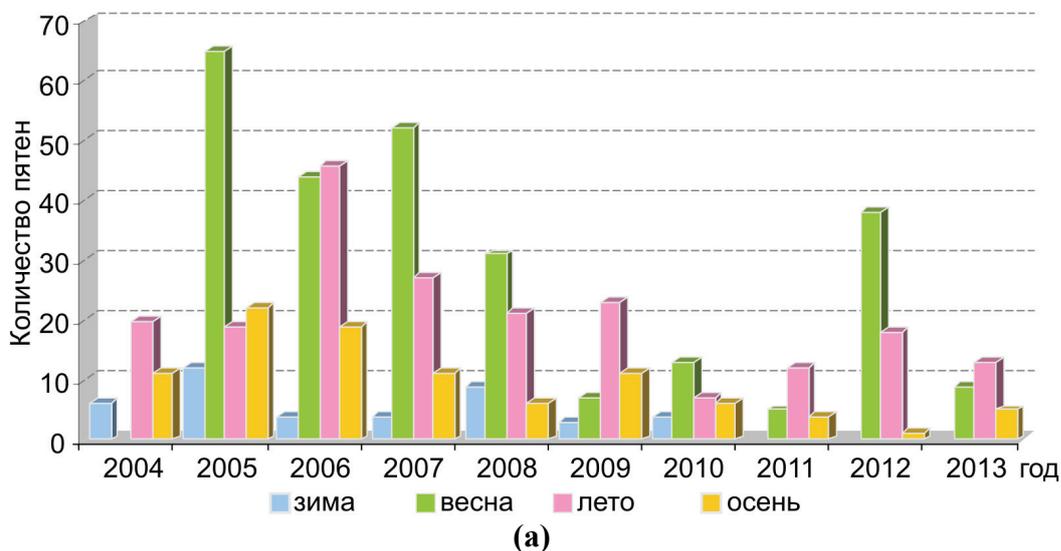
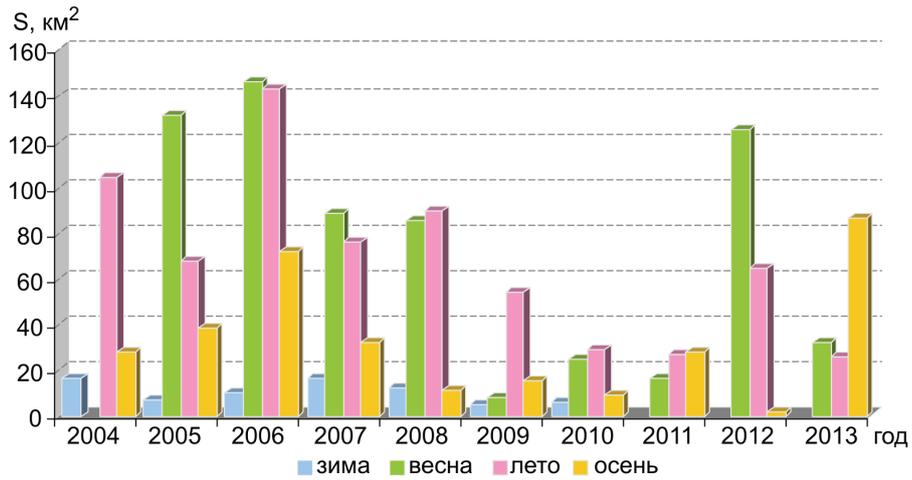
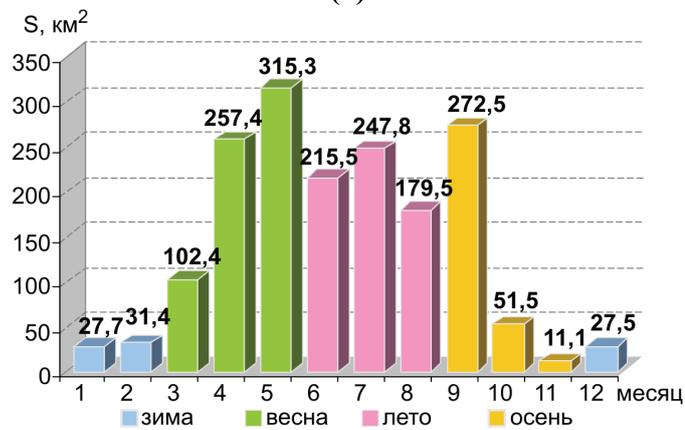


Рис. 12. Сезонная динамика количества нефтяных пятен, обнаруженных в результате анализа РЛИ с 2004 по 2013 гг.: а) межгодовая; б) суммарная внутрисезонная

Сравнение количества обнаруженных нефтяных пятен (рис. 14) и их площадей (рис. 15) на утренних и дневных/вечерних снимках не выявило значительной разницы, что говорит о равной вероятности их обнаружения. Начиная с 2010 г. вероятность обнаружить нефтяное загрязнение на утренних и вечерних снимках одинакова. Этот факт свидетельствует о том, что участились случаи сброса нефтепродуктов с судов в дневное время суток, хотя ранее с 2008 по 2011 гг. большинство сбросов происходило ночью (Булычева, Костяной, 2011).

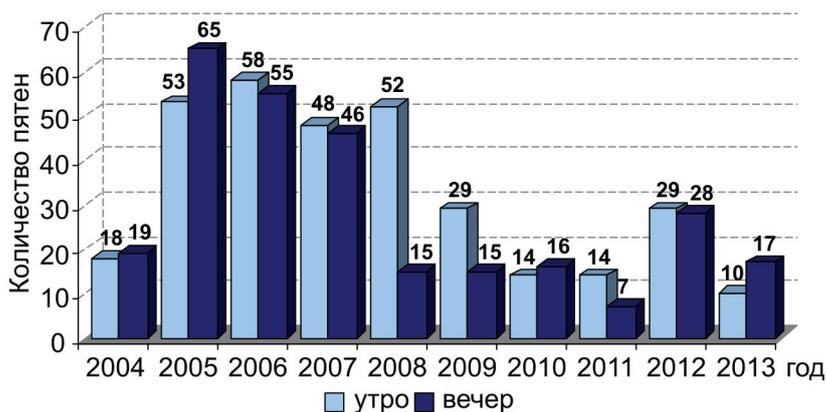


(а)

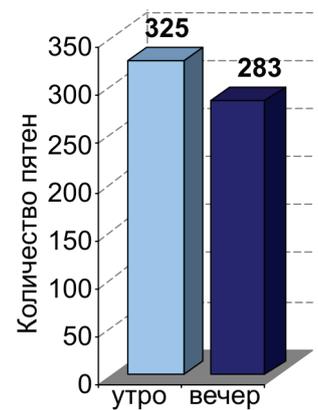


(б)

Рис. 13. Сезонная динамика площади нефтяного загрязнения с 2004 по 2013 гг.: а) межгодовая; б) суммарная внутрисезонная



(а)



(б)

Рис. 14. Динамика количества нефтяных пятен, обнаруженных на утренних и вечерних РЛИ в 2004-2013 гг.: а) межгодовая; б) суммарная за период исследования

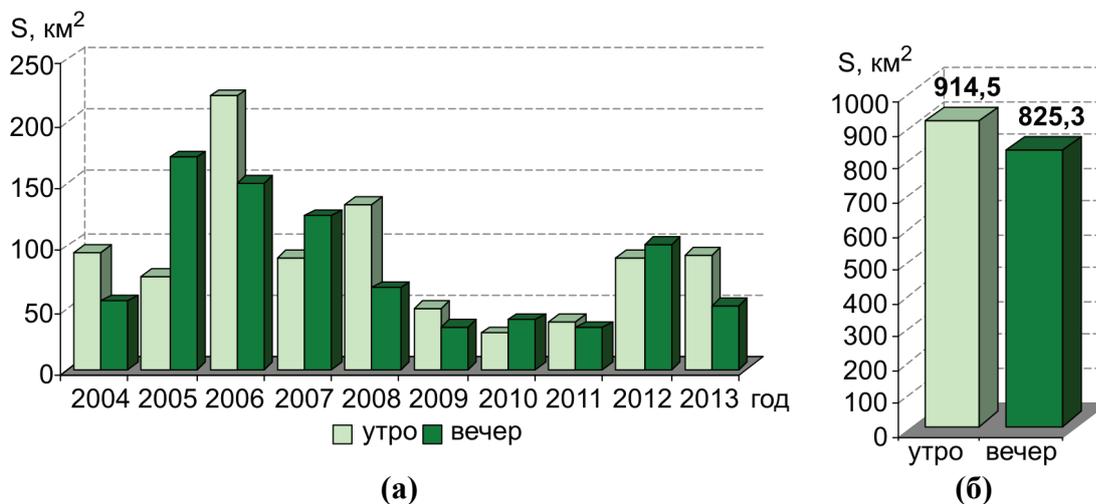


Рис. 15. Динамика площади нефтяного загрязнения, обнаруженного на утренних и вечерних РЛИ в 2004-2013 гг.: а) межгодовая; б) суммарная за период исследования

Прогноз дрейфа нефтяного загрязнения

Наиболее удобным и проверенным инструментом прогнозирования динамики и эволюции нефтяных пятен в Балтийском море является численная модель Шведского института метеорологии и гидрологии (Seatrack Web, SMHI). Эта интерактивная оперативная модель использовалась нами в программе комплексного экологического мониторинга Кравцовского месторождения (D-6) с 2004 г., а также для оценки влияния потенциальных разливов нефти на основных судоходных трассах и при строительстве морского газопровода Nord Stream на окружающую среду Балтийского моря (2006-2010) (Kostianou et al., 2006; Лаврова и др., 2011; Булычева, Костяной, 2011; Костяной и др., 2012; Kostianou, Lavrova, 2014). Модель Seatrack Web использовалась для оценки рисков загрязнения окружающей морской среды, побережья Самбийского полуострова и Куршской косы при потенциально возможной аварии на нефтяной платформе D-6 (Kostianou et al., 2006; Лаврова и др., 2011; Kostianou, Lavrova, 2014).

Результаты ежедневного прямого прогноза на 48 часов в период с 01.01.2013 по 31.12.2013 показали, что при потенциальной аварии на платформе D-6 нефть в большинстве случаев дрейфовала бы на северо-запад, северо-восток, на север, и в меньшем количестве случаев - на юг. При этом ни в одном случае нефть за время модельного прогноза не достигло бы побережья Куршской косы (рис. 16).

Основные направления дрейфа хорошо согласуются с данными автоматической гидрометеорологической станции (АГМС), установленной на МЛСП D-6. Повторяемость ветров от основных румбов распределилась следующим образом: западные ветра 17,8%, восточные 16,2%, северные 14,8%, южные 11,2% (рис. 17).

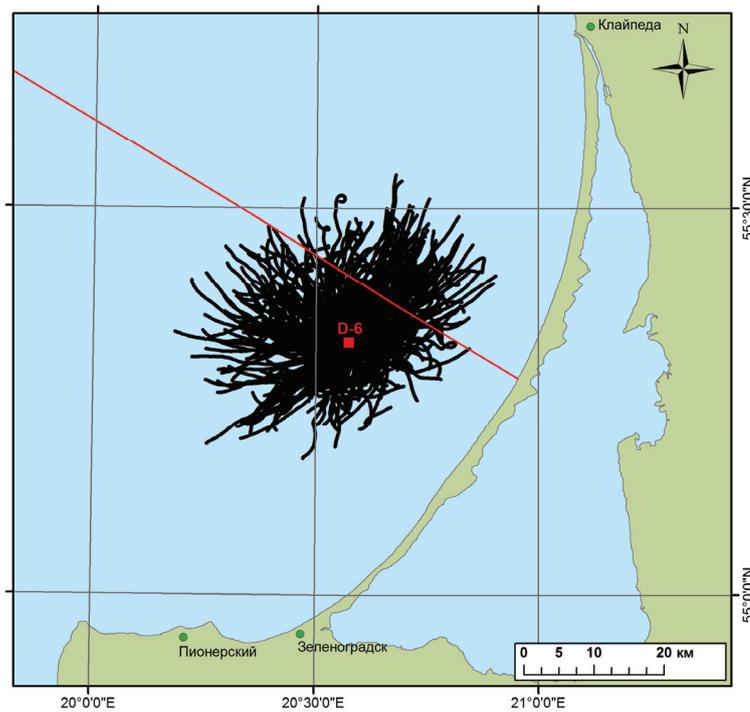


Рис. 16. Траектории дрейфа потенциального разлива с МЛСП D-6 по данным Seatrack Web

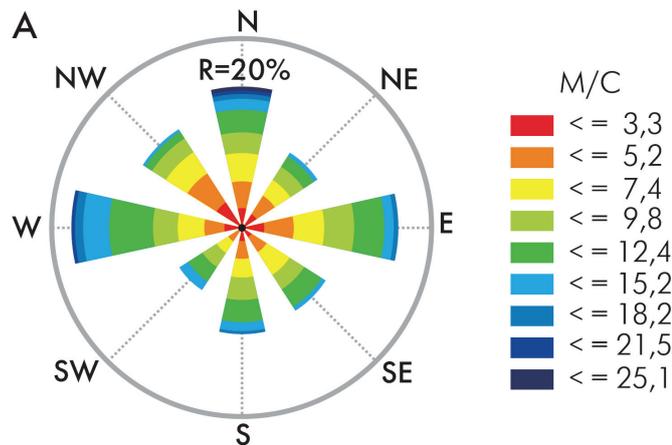


Рис. 17. Роза ветров в 2013 г. по данным АГМС на D-6

Выводы

С 2004 г. по настоящее время спутниковый мониторинг нефтяного месторождения «Кравцовское» (D-6) является единственным оперативным инструментом контроля нефтяного загрязнения морской поверхности вод РФ в юго-восточной части Балтийского моря, поскольку в рамках государственного экологического мониторинга Балтийского моря (включая воды РФ в Финском заливе) спутниковые и авиационные наблюдения не проводятся. За весь период спутниковых наблюдений ни одного случая нефтяного загрязнения, исходящего от МЛСП D-6, зарегистрировано не было. Районами наиболее частого обна-

ружения нефтяных пленок являются основные судоходные трассы Балтийского моря. Для Юго-Восточной Балтики наиболее загрязненным районом является акватория к западу от Самбийского п-ова, включая подходы к порту Балтийск. По результатам анализа формы нефтяных пятен и данным AIS можно заключить, что основными источниками загрязнения морской поверхности нефтепродуктами являются суда различных типов.

С 2005-2006 гг. по 2011 г. наблюдалось устойчивое снижение количества пятен и их суммарной площади. Максимум нефтяного загрязнения приходится на весенне-летний период, что, вероятно, связано с благоприятными гидрометеорологическими условиями для детектирования нефтяных пятен по РЛИ.

Благодарности: Авторы выражают благодарность ООО «ЛУКОЙЛ-КМН» за предоставленные радиолокационные данные. Костяной А.Г. выполнял исследование за счет гранта Российского научного фонда (проект №14-17-00555).

Литература

1. Булычева Е.В. Нефтяное загрязнение поверхности моря в 2006-2009 гг. по данным спутниковой радиолокации / В кн.: Нефть и окружающая среда Калининградской области. Т. 2: Море. Калининград: Янтарный сказ, 2012. С.518-529.
2. Булычева Е.В., Костяной А.Г. Результаты спутникового мониторинга нефтяного загрязнения юго-восточной части Балтийского моря в 2006-2009 гг. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2011. Т.8. № 2. С. 74-83.
3. Костяной А.Г., Литовченко К.Ц., Лаврова О.Ю., Митягина М.И., Бочарова Т.Ю., Лебедев С.А., Станичный С.В., Соловьев Д.М., Сирота А.М. Комплексный оперативный спутниковый мониторинг в 2004-2005 гг. / В кн.: Нефть и окружающая среда Калининградской области. Т. 2: Море. Калининград: Янтарный сказ. 2012. С. 483-518.
4. Лаврова О.Ю., Костяной А.Г., Лебедев С.А., Митягина М.И., Гинзбург А.И., Шеремет Н.А. Комплексный спутниковый мониторинг морей России. М.: ИКИ РАН, 2011. 470 с.
5. Немировская И.А. Углеводороды в океане (снег-лед-вода-взвесь-донные осадки) // М.: Научный мир, 2004. 328 с.
6. Немировская И.А. Нефть в океане. Загрязнение и природные потоки. М.: Научный мир, 2013. 439 с.
7. Немировская И.А., Сивков В.В., Булычева Е.В. Содержание и состав углеводородов в районе месторождения Кравцовское Балтийского моря // Доклады РАН. 2011. С. 520-525.
8. Bulychева E., Kuzmenko I., Sivkov V. Annual sea surface oil pollution of the south-eastern part of the Baltic Sea by satellite data for 2006-2013. Baltica, Vol. 27, Special Issue, Vilnius, 2014, P. 9-14.
9. Kostianoy A.G., Lavrova O.Yu. (Eds.) Oil pollution in the Baltic Sea. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York. 2014. Vol.27. 268 pp.
10. Kostianoy A.G., Lebedev S.A., Litovchenko K.Ts., Stanichny S.V., Pichuzhkina O.E. Satellite remote sensing of oil spill pollution in the southeastern Baltic Sea // Gayana, 2004. Vol. 68. No. 2. Part 2. P. 327-332.
11. Kostianoy A.G., Lebedev S.A., Soloviev D.M., Pichuzhkina O.E. Satellite monitoring of the Southeastern Baltic Sea. Annual Report 2004. Kaliningrad: Lukoil-Kaliningradmorneft, 2005, 36 p.
12. Kostianoy A.G., Litovchenko K.Ts., Lavrova O.Yu., Mityagina M.I., Bocharova T.Yu., Lebedev S.A., Stanichny S.V., Soloviev D.M., Sirota A.M., Pichuzhkina O.E. Operational satellite monitoring of oil spill pollution in the southeastern Baltic Sea: 18 months experience // Environmental Research, Engineering and Management, 2006. N4 (38). P.70-77.
13. Lavrova O.Yu., Mityagina M.I., Kostianoy A.G., Semenov A.V. Oil pollution in the Southeastern Baltic Sea in 2009-2011 // Transport and Telecommunication, 2014. V.15. N4 (in press).

Results of satellite monitoring of sea surface oil pollution in Southeastern Baltic Sea in 2004-2013

E.V. Bulycheva¹, A.G. Kostianoy^{2,3}

¹*Atlantic Branch of P.P. Shirshov Institute of Oceanology RAS, Kaliningrad 236022, Russia
E-mail: bulycheva.lena@gmail.com*

²*P.P. Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow 117997, Russia*

³*S.Yu. Witte Moscow University, Moscow 115432, Russia
E-mail: kostianoy@gmail.com*

The results of satellite monitoring of oil pollution in the Southeastern Baltic Sea in 2004-2013 are discussed in the paper. Interannual and seasonal variability of oil pollution is investigated. From 2005-2006 to 2011 there was a steady decline in the number of oil spills and their total area. Maximal oil pollution is observed in spring and summer, which is probably due to favorable hydrometeorological conditions for the detection of oil spills in radar images. Peculiarities of spatial distribution of oil pollution and areas of oil spills location are revealed. The most polluted area are waters west of the Sambian Peninsula, including the shipping routes to the Port of Baltiysk with approaches. According to the analysis of the shapes of detected oil spills, it was concluded that the main polluters of the sea surface in the Southeastern Baltic are vessels. No oil spills originated from the oil platform D-6 was detected in 2004-2013. From 2004 to the present time satellite monitoring of the “Kravtsovskoe” (D-6) oil field is the only operational tool for oil pollution control of the sea surface waters of the Russian Federation in the Southeastern Baltic Sea.

Keywords: The Baltic Sea, radar images, oil pollution, oil spills, interannual and seasonal variability of oil pollution, oil spill drift forecast.

References

1. Bulycheva E.V. Neftianoe zagriaznenie poverhnosti moria v 2006-2009 gg. po dannym sputnikovoj radiolokacii (Oil pollution of the sea surface in 2006-2009 based on satellite radiolocation), In: *Neft' i okruzhajushchaja sreda Kaliningradskoj oblasti. Tom 2: More* (Oil and the environment of the Kaliningrad Region. Vol.2: The sea). Kaliningrad: Yantarny skaz, 2012, pp. 518-529.
2. Bulycheva E.V., Kostianoy A.G. Rezultaty sputnikovogo monitoringa neftianogo zagriaznenija yugovostochnoj chasti Baltijskogo moria v 2006-2009 gg. (Results of satellite monitoring of oil pollution in the Southeastern Baltic Sea in 2006-2009), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2011, Vol. 8, No. 2, pp. 74-83.
3. Kostianoy A.G., Litovchenko K.C., Lavrova O. Yu., Mitiagina M.I., Bocharova T.Yu., Lebedev S.A., Stanichny S.V., Solov'ev D.V., Sirota A.M. Kompleksnyj operativnyj sputnikovyy monitoring v 2004-2005 gg. (Integrated operational satellite monitoring in 2004-2005), In: *Neft' i okruzhajushchaja sreda Kaliningradskoj oblasti. Vol. 2: More* (Oil and the environment of the Kaliningrad Region. Vol.2: The sea). Kaliningrad, Yantarny skaz, 2012, pp. 483-518.
4. Lavrova O.Yu., Kostianoy A.G., Lebedev S.A., Mitiagina M.I., Ginzburg A.I., Sheremet N.A. *Kompleksnyj sputnikovyy monitoring morej Rossii* (Integrated satellite monitoring of Russian seas), Moscow: IKI RAN, 2011, 470 p.
5. Nemirovskaya I.A. *Uglevodorody v okeane (sneg-liod-voda-vzves'-donnye osadki)* (Hydrocarbons in the ocean (snow – ice – water - suspended matter - bottom sediments), M.: Nauchny Mir, 2004, 328 p.
6. Nemirovskaya I.A. *Neft' v okeane. Zagriaznenie i prirodnye potoki* (Oil in the ocean. Contamination and natural fluxes), M.: Nauchny Mir, 2013, 439 p.
7. Nemirovskaya I.A., Sivkov V.V., Bulycheva E.V. Soderzhanie i sostav uglevodorodov v rajone mestorozhdenija Kravtsovskoe Baltijskogo moria (Content and composition of hydrocarbons in the Kravtsovskoe oil field region, the Baltic Sea), *Doklady RAN*, 2011, pp. 520-525.
8. Bulycheva E., Kuzmenko I., Sivkov V. Annual sea surface oil pollution of the south-eastern part of the Baltic Sea by satellite data for 2006-2013. *Baltica*, Vol.27, Special Issue, 2014, pp. 9-14.
9. Kostianoy A.G., Lavrova O.Yu. (Eds.) *Oil pollution in the Baltic Sea*. Springer-Verlag, 2014, Vol. 27, 268 pp.
10. Kostianoy A.G., Lebedev S.A., Litovchenko K.Ts., Stanichny S.V., Pichuzhkina O.E. Satellite remote sensing of oil spill pollution in the southeastern Baltic Sea, *Gayana*, 2004, Vol. 68, No. 2, Part 2, pp.327-332.

11. Kostianoy A.G., Lebedev S.A., Soloviev D.M., Pichuzhkina O.E. *Satellite monitoring of the Southeastern Baltic Sea. Annual Report 2004*, Kaliningrad: Lukoil-Kaliningradmorneft, 2005, 36 pp.
12. Kostianoy A.G., Litovchenko K.Ts., Lavrova O.Yu., Mityagina M.I., Bocharova T.Yu., Lebedev S.A., Stanichny S.V., Soloviev D.M., Sirota A.M., Pichuzhkina O.E. Operational satellite monitoring of oil spill pollution in the southeastern Baltic Sea: 18 months experience, *Environmental Research, Engineering and Management*, 2006, No. 4 (38), pp.70-77.
13. Lavrova O.Yu., Mityagina M.I., Kostianoy A.G., Semenov A.V. Oil pollution in the Southeastern Baltic Sea in 2009-2011, *Transport and Telecommunication*, 2014, Vol. 15, No. 4 (in press).