

Межгодовая изменчивость нефтяного загрязнения морской поверхности Юго-Восточной Балтики в 2004–2015 гг.

Е.В. Булычева¹, А.Г. Костяной^{2,3,4}, А.В. Крек^{1,5}

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*

⁴*Институт космических исследований РАН, Москва, 117997, Россия*

⁵*Балтийский Федеральный Университет им. И. Канта, Калининград, 236016, Россия
E-mail: alexander.krek@gmail.com*

В статье приведены результаты оперативного спутникового мониторинга нефтяного загрязнения морской поверхности юго-восточной части Балтийского моря за 2004–2015 гг. Исследование межгодовой изменчивости нефтяного загрязнения показало, что с начала спутниковых наблюдений по 2011 г. наблюдалось устойчивое снижение количества нефтяных пятен и их суммарной площади. В 2014–2015 гг. уровень нефтяного загрязнения был немного выше минимального, зафиксированного в 2011 г. Анализ форм обнаруженных пятен показал, что основными источниками нефтяного загрязнения являются морские суда. Наиболее загрязненной акваторией района мониторинга остается район западнее Самбийского полуострова с подходами к порту Балтийск. Большинство пятен имеют площадь 1–10 км². Крупные разливы встречаются редко, хотя дают весомый вклад в общую статистику нефтяного загрязнения Юго-Восточной Балтики. На основе натурных измерений было получено среднегодовое фоновое значение концентрации нефтепродуктов в морской воде. Количественная оценка нефтяного загрязнения показала, что вклад нефтяных пятен, наблюдаемых со спутника, в общее загрязнение района исследований нефтепродуктами по предварительной оценке составляет 0,1–1%. За период 2004–2015 гг. ни одного случая нефтяного загрязнения с нефтедобывающей платформы D-6 обнаружено не было.

Ключевые слова: Балтийское море, спутниковый мониторинг, радиолокационные изображения, нефтяное загрязнение, межгодовая изменчивость, сброс нефтепродуктов с судна, количественная оценка нефтяного загрязнения, нефтедобывающая платформа D-6

Одобрена к печати: 02.08.2016

DOI: 10.21046/2070-7401-2016-13-4-74-84

Введение

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, 2015; Лаврова и др., 2011; Булычева, Костяной, 2011, 2014; Немировская и др., 2011; Костяной и др., 2012; Булычева, 2012; Oil pollution..., 2014; Lavrova et al., 2014; Bulycheva et al., 2014, 2015; Костяной, Булычева, 2014; Гинзбург и др., 2015; Булычева и др., 2016). В рамках мониторинга продолжали выполняться следующие виды работ: радиолокационный контроль появления и распространения нефтяных пятен на поверхности моря по оперативным данным со спутников, оснащенных радаром с синтезированной апертурой (РСА), определение вероятных источников нефтяных загрязнений с помощью системы идентификации морских судов AIS, прогноз направления и скорости дрейфа пятен с использованием официально признанной HELCOM оперативной численной модели Шведского института метеорологии

и гидрологии (SMHI) SeatrackWeb, сбор и анализ вспомогательных гидрометеорологических данных, систематизация и хранение информации.

Результаты

Для выявления нефтяного загрязнения на морской поверхности в Юго-Восточной Балтике использовались радиолокационные изображения (РЛИ) со спутников ENVISAT Европейского космического агентства (ESA) (до апреля 2012 г.), RADARSAT-1 Канадского космического агентства (CSA) (до марта 2013 г.), RADARSAT-2 компании МакДональд, Деттвилер и Партнеры (MDA, Канада), COSMO-SkyMed-1, 2, 3, 4 Итальянского космического агентства (ASI) и TerraSAR-X Германского центра авиации и космонавтики (DLR). Дополнительно использовались РЛИ со спутника SENTINEL-1A (ESA). Интервал между двумя последовательными съемками составлял от 12 до 72 часов. Кроме того, при скоростях приводного ветра менее 2 м/с и более 10 м/с спутниковая радиолокация не выявляет нефтяного загрязнения. Поэтому все приведенные ниже результаты соответствуют нижней оценке реального нефтяного загрязнения морской поверхности. В рамках производственного экологического мониторинга нефтяного месторождения «Кравцовское» прием и обработка РЛИ осуществлялись норвежским спутниковым оператором Kongsberg Satellite Services (KSAT) в Тромсё.

За весь период спутниковых наблюдений было проанализировано 1946 РЛИ (рис. 1), на которых было идентифицировано 1232 нефтяных пятна (рис. 2, 3), из них 638 – в районе мониторинга (рис. 3), который включал исключительные экономические зоны (ИЭЗ) России, Литвы и частично Польши.

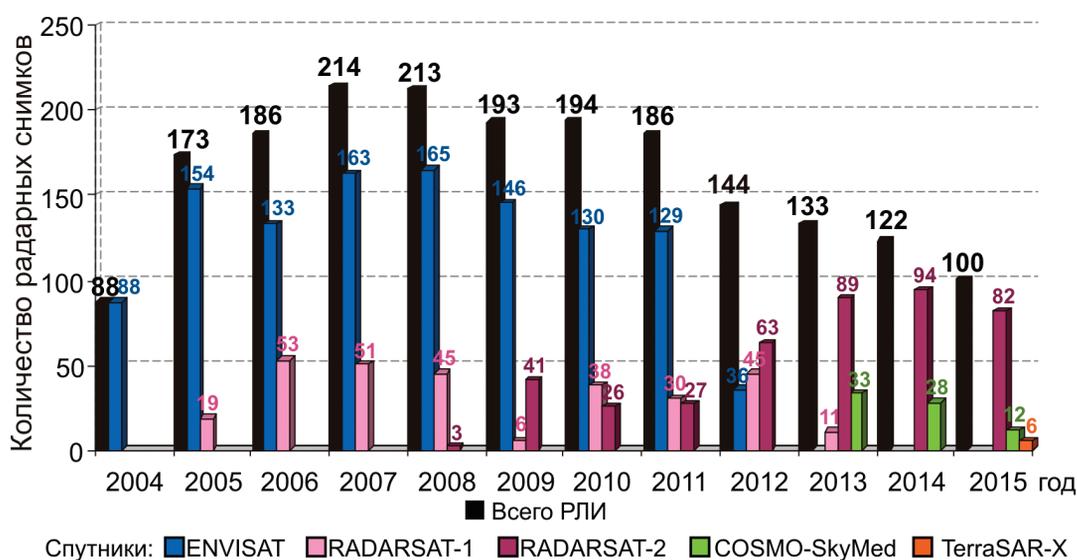


Рис. 1. Количество РЛИ, полученных и проанализированных со спутников, оснащенных РСА, с 2004 по 2015 г.

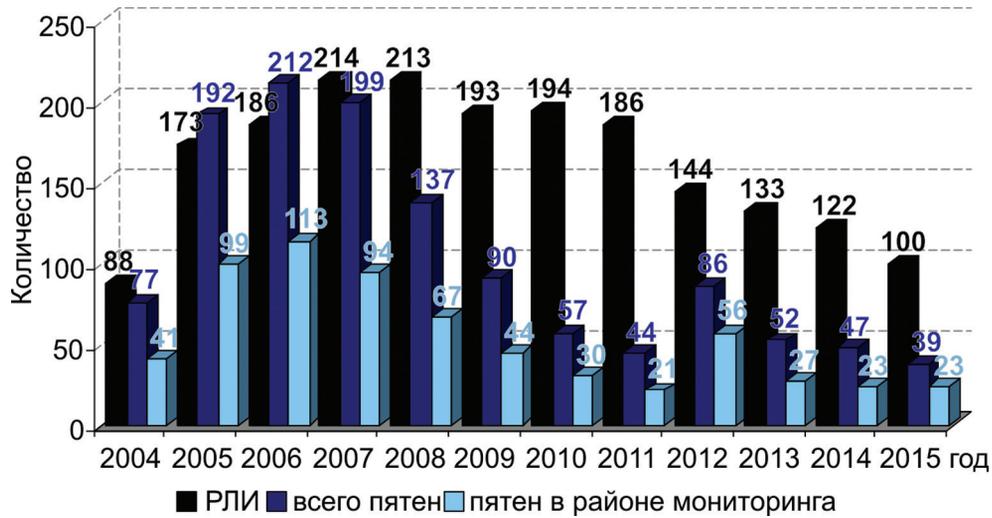


Рис. 2. Количество проанализированных РЛИ и обнаруженных на них нефтяных пятен с 12.06.2004 г. по 31.12.2015 г.

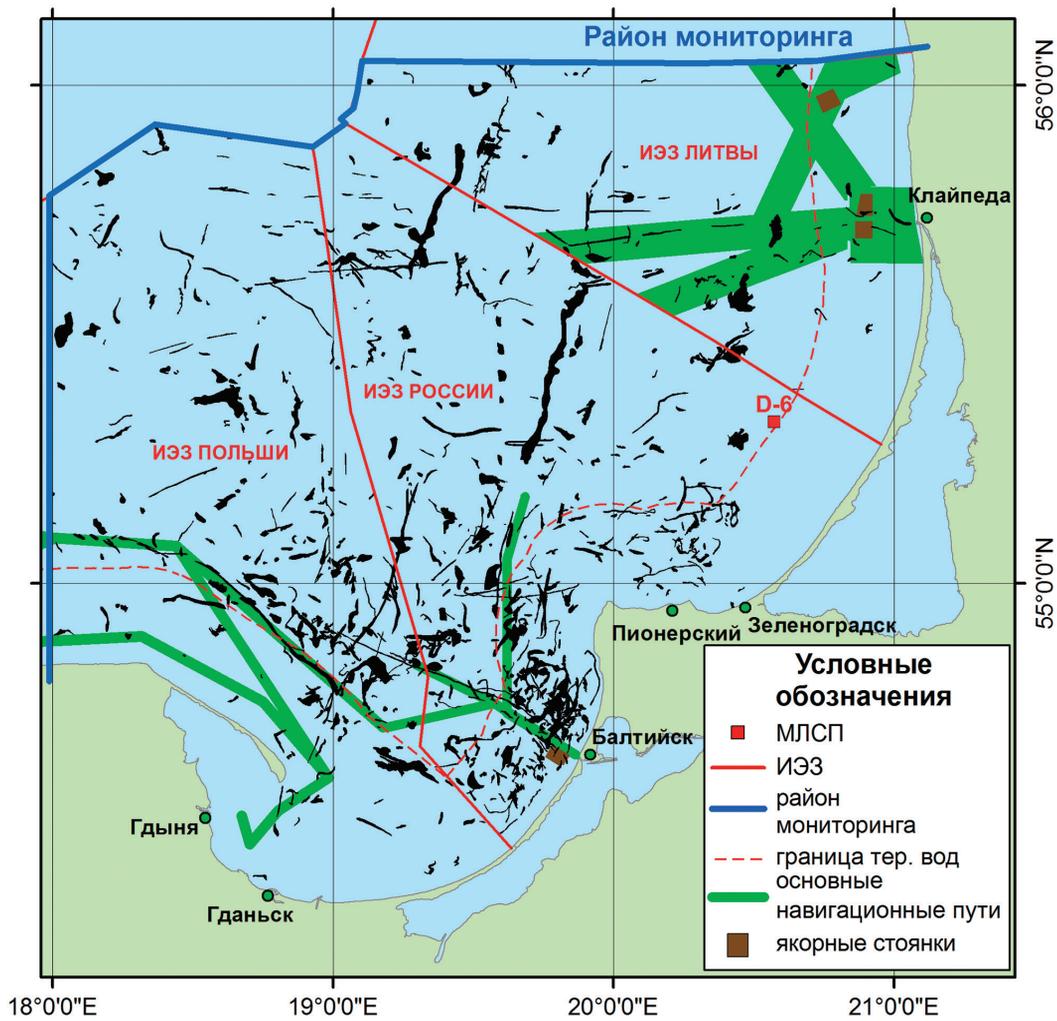


Рис. 3. Сводная карта всех нефтяных пятен, обнаруженных на РЛИ в районе экологического мониторинга Кравцовского нефтяного месторождения в 2004-2015 гг. Представлена реальная форма пятен

Анализ формы нефтяных пятен показал, что основным источником загрязнения поверхности моря являются движущиеся суда, которые оставляют за собой узкие пятна протяженной формы (рис. 4).



Рис. 4. Соотношение общего количества обнаруженных пятен, к пятнам протяженной и прочих форм

Наиболее загрязненным районом Юго-Восточной Балтики остается район к западу от Самбийского полуострова и на подходе к Калининградскому каналу в районе Балтийска, см. рис. 3 (Bulycheva et al., 2014, 2015). Рейд порта Балтийск и якорная стоянка вблизи него является наиболее загрязненной акваторией российского сектора Юго-Восточной Балтики (Kostianou et al., 2006; Лаврова и др., 2011; Булычева, Костяной, 2011, 2014; Костяной и др., 2012; Булычева, 2012; Oil pollution..., 2014; Lavrova et al., 2014; Bulycheva et al., 2014, 2015; Булычева и др., 2016). Сравнительный анализ концентрации нефтяных пятен и плотности сигналов AIS показал, что смещение нефтяных пятен от основной судоходной трассы в районе порта Балтийск к северо-востоку является следствием особенностей гидрометеорологического режима Юго-Восточной Балтики и общей схемы циркуляции поверхностных течений в Гданьском заливе (Bulycheva et al., 2015; Булычева и др., 2016).

В отдельные годы (2006–2009, 2012) наблюдалось скопление нефтяных пятен к северу от Самбийского полуострова вблизи морского порта Пионерский (см. рис. 3), где уровень судоходства очень низкий, о чем свидетельствует маленькая плотность сигналов AIS. Это объясняется сбросом нефтепродуктов с маломерных судов, в основном рыболовных, не оснащенных оборудованием AIS (Bulycheva et al., 2014). За двенадцатилетний период ни одного случая нефтяного загрязнения от МЛСП D-6 зафиксировано не было.

В 2014 и 2015 годах в районе Гданьского залива (в польском и российском секторах ИЭЗ) были зафиксированы значительные нефтяные загрязнения (рис. 5).

Суммарная площадь нефтяного загрязнения северо-восточнее косы Хель 11 ноября 2014 г. (см. рис. 5а) составила 26,5 км², что является почти ¼ общего загрязнения за весь 2014 г. На двух последовательных РЛИ 9 и 10 июня 2015 г. со спутников SENTINEL-1А

(рис. 5б) и RADARSAT-2 соответственно наблюдался большой нефтяной разлив в центре Гданьского бассейна. За 8,5 часов между этим спутниковыми наблюдениями площадь нефтяного загрязнения увеличилась в 3,4 раза с 7,6 км² до 25,8 км². В обоих случаях причиной нефтяного загрязнения являлись суда, которые не удалось идентифицировать.

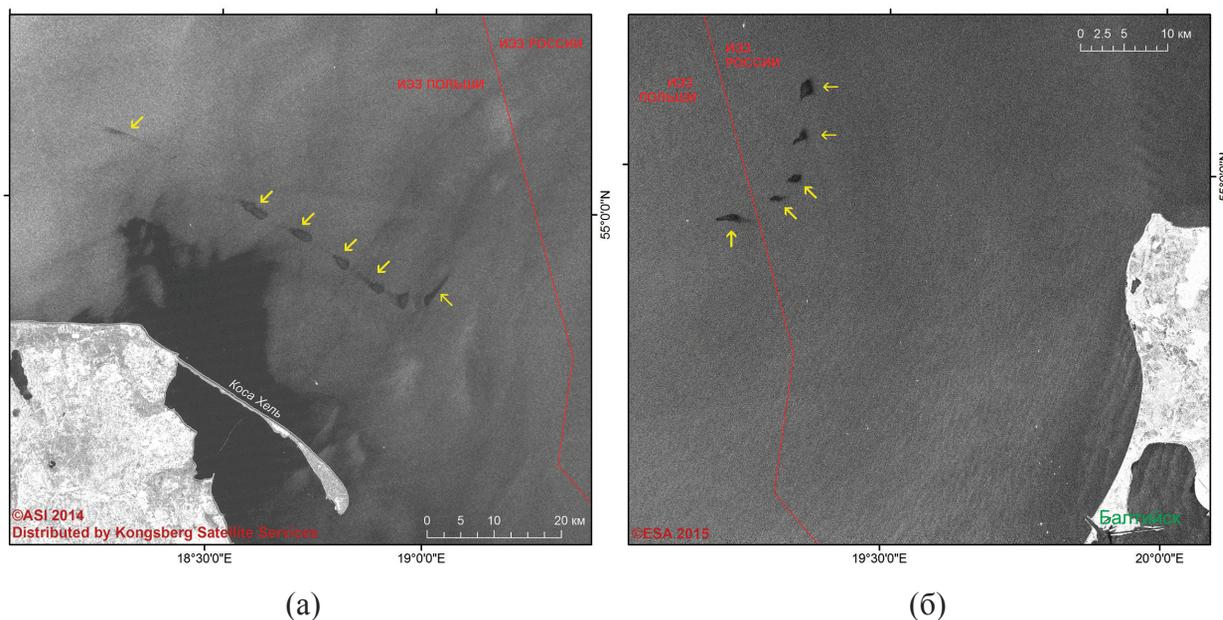


Рис. 5. Разливы нефтепродуктов с неизвестных судов, зафиксированные со спутников: (а) COSMO-SkyMed-4 11.11.2014 (05:57 UTC); (б) SENTINEL-1A, 9.06.2015 (16:27 UTC). Стрелками показано положение нефтяных пятен

23 июля 2016 г. в этом же районе на РЛИ со спутника SENTINEL-1A был зафиксирован нефтяной разлив длиной 65 км и площадью 16,9 км², который явился следствием преднамеренного слива загрязненных вод с химовоза «Амарант», что было достоверно определено с помощью автоматической системы идентификации судов (AIS) и РЛИ (Костяной и др., 2016).

Межгодовая изменчивость нефтяного загрязнения

Данные спутниковых наблюдений

В качестве параметров межгодовой изменчивости нефтяного загрязнения поверхности моря были выбраны: количество и площадь обнаруженных за 2004–2015 гг. нефтяных пятен (рис. 6), распределение обнаруженных нефтяных пятен по площадям (рис. 7), средняя площадь одного нефтяного пятна, которая определялась отношением общей площади пятен на их количество (рис. 8), а также количество пятен, нормированное на количество РЛИ (рис. 9). Площади отдельных пятен на РЛИ определялись с помощью программного пакета ArcGIS 10.2.

С 2006 г. по 2011 г. наблюдалось устойчивое снижение как общего количества нефтяных пятен, обнаруженных на РЛИ, так и их суммарной площади (см. рис. 6). Несмотря

на интервалы между съемками и ограничения метода, наблюдается очевидная межгодовая тенденция к уменьшению нефтяного загрязнения Юго-Восточной Балтики. По данным HELCOM за 1988–2014 гг. аналогичная тенденция прослеживается и для всего Балтийского моря (HELCOM Annual report..., 2014). В 2012 г. наблюдалось резкое увеличение количества обнаруженных нефтяных пятен с 21 до 56 и, как следствие, – общей площади нефтяного загрязнения (Булычева, Костяной, 2014). При небольшом количестве нефтяных пятен (27), обнаруженных в 2013 г., наблюдалась высокая суммарная площадь нефтяного загрязнения. Это объясняется крупным одиночным нефтяным разливом (Булычева, Костяной, 2014). Аналогичная ситуация наблюдалась в 2014–2015 гг., когда единичные крупные сбросы нефтепродуктов с судов составили $\frac{1}{4}$ от суммарной годовой площади нефтяного загрязнения (см. рис. 5).



Рис. 6. Межгодовая изменчивость площади нефтяного загрязнения и количества нефтяных пятен (указано в основании столбцов) в районе экологического мониторинга Кравцовского нефтяного месторождения в 2004-2015 гг.

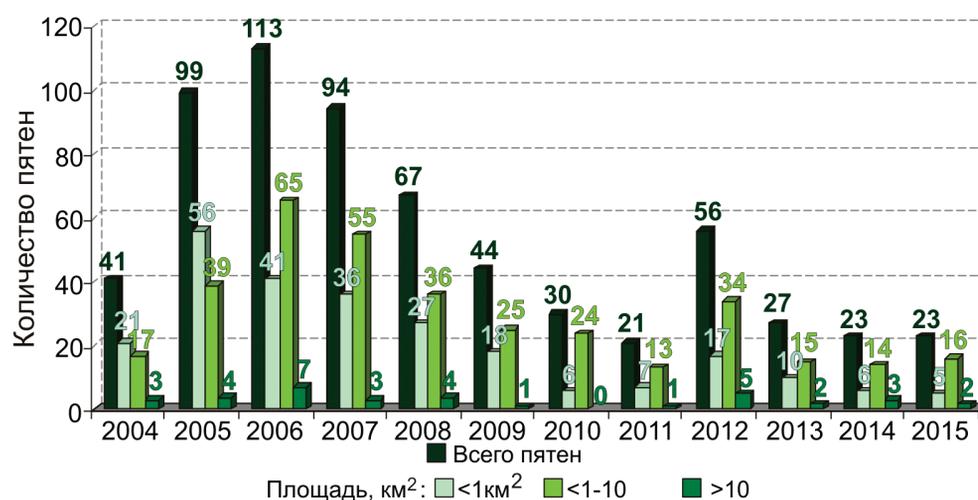


Рис. 7. Распределение обнаруженных нефтяных пятен по площади

Как видно из рис. 7, большинство обнаруженных пятен имеют площадь 1–10 км², затем идут пятна <1 км². Случаи крупных нефтяных разливов >10 км² встречаются редко,

но тем не менее, как показывает практика, дают весомый вклад в общую статистику нефтяного загрязнения Юго-Восточной Балтики.

Средняя площадь одного нефтяного пятна изменяется в пределах 1,9–5,4 км² (рис. 8). Увеличение средней площади нефтяного загрязнения в 2013–2015 гг. объясняется единичными крупными разливами, описанными выше (Булычева, Костяной, 2014).

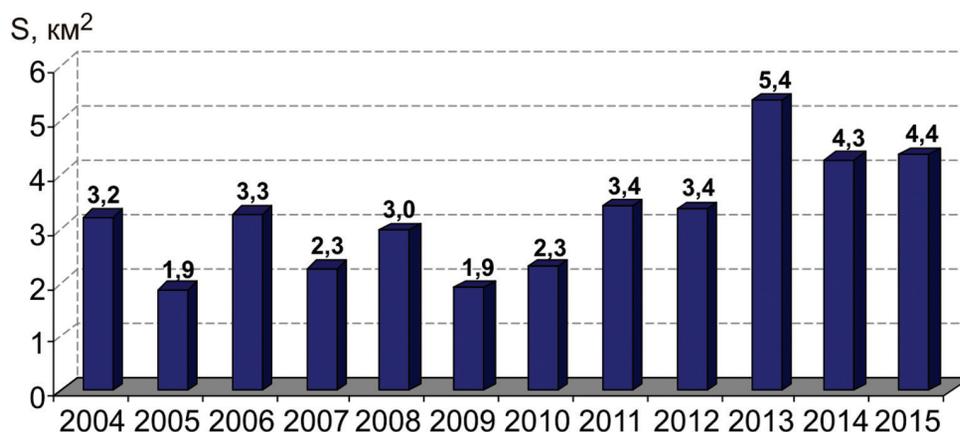


Рис. 8. Межгодовая изменчивость средней площади (км²) одного нефтяного пятна в 2004-2015 гг.

Для корректной оценки межгодовой изменчивости нефтяного загрязнения была сделана нормировка количества обнаруженных пятен на количество РЛИ (рис. 9). С 2004 г. по 2006 г. наблюдался незначительный рост, затем наблюдалось устойчивое снижение нефтяного загрязнения до минимума (1 пятно на 9 РЛИ) в 2011 г. В 2012 г. произошел некоторый скачок, а в 2013–2015 гг. на 4–5 РЛИ можно было обнаружить 1 пятно.

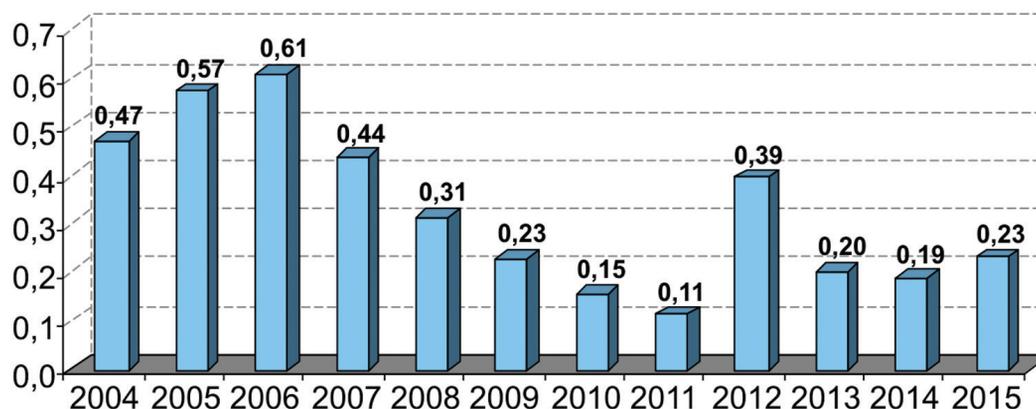


Рис. 9. Межгодовая изменчивость количества нефтяных пятен, нормированное на количество проанализированных РЛИ в 2004-2015 гг.

Количественная оценка нефтяного загрязнения Юго-Восточной Балтики

Для оценки среднего количества нефтепродуктов, постоянно находящихся в Юго-Восточной Балтике, были использованы данные, полученные в ходе комплексного производ-

ственного экологического мониторинга Кравцовского месторождения (D-6) в 2004–2015 гг., в ходе которого на 22 станциях мониторинга были отобраны 2245 проб морской воды на стандартных горизонтах (Bulycheva et al., 2015; Булычева и др., 2016).

Фоновые концентрации НП для столба воды в исследованной акватории по данным натуральных измерений в среднем составили $0,017 \pm 0,017$ мг/л. Таким образом, общее количество НП, находящихся одновременно в акватории при грубой оценке составляет 30000 т.

Средняя годовая площадь пятен, обнаруженных в исследуемой акватории по данным спутникового мониторинга за весь период наблюдений, составила 161,43 км². С учетом интервалов в спутниковых наблюдениях (1946 снимков за 4229 дней) был введен коэффициент $K=2,17$, учитывающий периодичность получения спутниковых данных. Таким образом, среднегодовая площадь нефтяных пятен могла составить $161,43 \times 2,17 = 350,3$ км². Исходя из средней толщины нефтяной пленки в 0,1–1 мкм (Руководство..., 2013) суммарный объем поступающих НП с судов составит примерно 35–350 т/год. Таким образом, вклад нефтяных пятен в общее загрязнение акватории составляет от 0,1% до 1%. В данных оценках не учтена существенная сезонная изменчивость проявления нефтяных пятен на РЛИ (Булычева, Костяной, 2011, 2014), а также не проведен анализ ветровых условий при получении каждого РЛИ, на котором не было обнаружено нефтяного загрязнения, что может увеличить эти оценки на порядок.

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 спутниковые и авиационные наблюдения не проводятся. За весь период спутниковых наблюдений (2004–2015 гг.) ни одного случая нефтяного загрязнения, исходящего от МЛСП D-6, зарегистрировано не было. Районами наиболее частого обнаружения 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. Преобладание пятен протяженной формы говорит о том, что основными источниками загрязнения морской поверхности нефтепродуктами являются суда, сброс с которых регулируется конвенцией HELCOM (HELCOM Convention..., 2014). С 2006 г. по 2011 г. наблюдалось устойчивое снижение нефтяного загрязнения. Наблюдаемый в последующие годы небольшой рост связан с единичными крупными нефтяными разливами. Количественная оценка нефтяного загрязнения показала, что вклад нефтяных пленок, наблюдаемых со спутника, в общее загрязнение акватории Юго-Восточной Балтики нефтепродуктами может составлять 0,1–1%.

Авторы выражают благодарность ООО «ЛУКОЙЛ-КМН» за предоставленные спутниковые радиолокационные данные и данные натуральных измерений. Булычева Е.В. выпол-

няла исследование нефтяного загрязнения по спутниковым данным в рамках госзадания № 0149-2014-0040. Костяной А.Г. выполнял статистический анализ межгодовой изменчивости нефтяного загрязнения по сводным данным за счет гранта Российского научного фонда (проект №14-17-00555). Крек А.В. занимался количественной оценкой нефтяного загрязнения морской воды по судовым измерениям в рамках и за счет гранта Российского научного фонда (проект № 14-37-00047).

Литература

1. Булычева Е.В. Нефть и окружающая среда Калининградской области // Нефтяное загрязнение поверхности моря в 2006–2009 гг. по данным спутниковой радиолокации. Калининград: Янтарный сказ, 2012. Т. 2: Море. 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. Булычева Е.В., Костяной А.Г. Итоги спутникового мониторинга нефтяного загрязнения морской поверхности Юго-Восточной Балтики за 2004–2013 гг. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2014. Т. 11. № 4. С. 111–126.
4. Булычева Е.В., Крек А.В., Костяной А.Г. Нефтяное загрязнение Юго-Восточной Балтики по спутниковым наблюдениям и натурным данным // Океанология. 2016. Т. 56. № 1. С. 1–10.
5. Гинзбург А.И., Булычева Е.В., Костяной А.Г., Соловьев Д.М. О роли вихрей в распространении нефтяных загрязнений по акватории Юго-Восточной Балтики (по данным спутникового мониторинга) // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. Т. 12. № 3. С. 149–157.
6. Костяной А.Г., Булычева Е.В. Численное моделирование рисков нефтяного загрязнения Юго-Восточной Балтики и Финского залива // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2014. Т. 11. № 4. С. 56–75.
7. Костяной А.Г., Булычева Е.В., Лаврова О.Ю., Митягина М.И., Бочарова Т.Ю., Соловьев Д.М., Сирота А.М. Беспрецедентный случай нефтяного загрязнения морской поверхности с судна в Юго-Восточной Балтике 23 июля 2016 г. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2016. Т. 13. № 4. С. 277–281.
8. 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. Нефть и окружающая среда Калининградской области // Комплексный оперативный спутниковый мониторинг в 2004–2005 гг. Калининград: Янтарный сказ, 2012. Т. 2: Море. С. 483–518
9. Лаврова О.Ю., Костяной А.Г., Лебедев С.А., Митягина М.И., Гинзбург А.И., Шеремет Н.А. Комплексный спутниковый мониторинг морей России. Москва: ИКИ РАН, 2011. 470 с.
10. 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.
11. Руководство сотрудникам МПООПТ по первоочередным действиям при разливах нефти и нефтепродуктов в пределах и вблизи МПООПТ // WWF России. ГЭФ/ПРООН. 2013.
12. 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. Vilnius. 2014. P. 9–14.
13. Bulycheva E.V., Krek A.V., Kostianoy A.G., Semenov A.V., Joksimovich A. Oil Pollution of the Southeastern Baltic Sea by satellite remote sensing data and in-situ measurements // Transport and Telecommunication. 2015. Vol. 16. No. 4. P. 296–304.
14. HELCOM Annual report, 2014. <http://www.helcom.fi/Lists/Publications/HELCOM%20Annual%20report%20on%20discharges%20observed%20during%20aerial%20surveillance%20in%20the%20Baltic%20Sea%20in%202014.pdf>.
15. HELCOM Convention, 2014. http://www.helcom.fi/Documents/About%20us/Convention%20and%20commitments/Helsinki%20Convention/Helsinki%20Convention_July%202014.pdf.
16. Kostianoy A.G., Bulycheva E.V., Semenov A.V., Krainyukov A.V. Satellite monitoring systems for shipping, and offshore oil and gas industry in the Baltic Sea // Transport and Telecommunication. 2015. Vol. 16. No. 2. P. 117–126.
17. 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.
18. 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.
19. 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). P. 70–77.
20. 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. P. 322–331.
21. Oil pollution in the Baltic Sea. Kostianoy A.G., Lavrova O.Yu. (Eds.). Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 2014. Vol. 27. 268 p.

Interannual variability of sea surface oil pollution in the southeastern Baltic Sea in 2004–2015

E.V. Bulycheva¹, A.G. Kostianoy^{2,3,4}, A.V. Krek^{1,5}

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*

⁴*Space Research Institute RAS, Moscow 117997, Russia*

⁵*I. Kant Baltic Federal University, Kaliningrad 236016, Russia
E-mail: alexander.krek@gmail.com*

The results of satellite monitoring of oil pollution in the southeastern Baltic Sea in 2004–2015 are discussed in the paper. The present study of interannual variability of oil pollution shows that from 2004 to 2011 there was a steady decline in the number of oil spills and their total area. In 2014–2015, the level of oil contamination was slightly higher than the minimum recorded in 2011. Analysis of forms of detected oil spills showed that the main sources of oil pollution were vessels. The most polluted water area is the region to the west of the Sambia Peninsula with approaches to the Port of Baltiysk. Most oil spills have areas of 1–10 km². Larger spills are rare, but they contribute to the general statistics of oil pollution in the southeastern Baltic. On the basis of field measurements, an average annual value of background concentration of oil products in seawater was obtained. Quantitative estimation of oil contamination showed that oil spills observed by satellites according to preliminary estimates constituted 0.1–1% of the total oil pollution of the study area. In 2004–2015, no cases of oil pollution from the D-6 oil platform were recorded.

Keywords: Baltic Sea, satellite monitoring, radar images, oil pollution, interannual variability, oil discharge from the vessel, quantitative estimation of oil pollution, D-6 oil platform

Accepted: 02.08.2016

DOI: 10.21046/2070-7401-2016-13-4-74-84

References

1. Bulycheva E.V. Neftyanoe zagryaznenie poverkhnosti morya v 2006–2009 gg. po dannym sputnikovoi radiolokatsii (Oil pollution of the sea surface in 2006–2009 based on satellite radiolocation), *Neft' i okruzhayushchaya sreda Kaliningradskoi oblasti* (Oil and environment of the Kaliningrad Region), Kaliningrad: Yantarnyi skaz, 2012, Vol. 2: The Sea, pp. 518–529.
2. Bulycheva E.V., Kostianoy A.G. Rezul'taty sputnikovogo monitoringa neftyanogo zagryazneniya yugo-vostochnoi chasti Baltiiskogo morya 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. Bulycheva E.V., Kostianoy A.G. Itogi sputnikovogo monitoringa neftyanogo zagryazneniya morskoi poverkhnosti Yugo-Vostochnoi Baltiki za 2004–2013 gg. (Results of satellite monitoring of the sea surface oil pollution in the Southeastern Baltic Sea in 2004–2013), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2014, Vol. 11, No. 4, pp. 111–126.
4. Bulycheva E.V., Krek A.V., Kostianoy A.G. Neftyanoe zagryaznenie Yugo-Vostochnoi Baltiki po sputnikovym nablyudeniya i naturnym dannym (Oil pollution in the Southeastern Baltic Sea by satellite data and in-situ observations), *Okeanologiya*, 2016, Vol. 56, No. 1, pp. 1–10.
5. Ginzburg A.I., Bulycheva E.V., Kostianoy A.G., Solov'ev D.M. O roli vikhrei v rasprostraneni neftyanikh zagryaznenii po akvatorii Yugo-Vostochnoi Baltiki (po dannym sputnikovogo monitoringa) (About role of eddies in propagation of oil pollution in Southeastern Baltic (by data of satellite monitoring)), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2015, Vol. 12, No. 3, pp. 149–157.
6. Kostianoy A.G., Bulycheva E.V. Chislennoe modelirovanie riskov neftyanogo zagryazneniya Yugo-Vostochnoi Baltiki i Finskogo zaliva (Numerical simulation of risks of oil pollution in the Southeastern Baltic Sea and in the Gulf of Finland), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2014, Vol. 11, No. 4, pp. 56–75.
7. Kostianoy A.G., Bulycheva E.V., Lavrova O.Yu., Mityagina M.I., Bocharova T.Yu., Soloviev D.M., Sirota A.M., Besprezidentnyi sluchai neftyanogo zagryazneniya morskoi poverkhnosti s sudna v Yugo-Vostochnoi Baltike 23 iyulya 2016 g. (The unprecedented case of sea surface oil pollution from a ship in the South-Eastern Baltic Sea on 23 July 2016), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2016, Vol. 13, No. 4, pp. 277–281.
8. Kostianoy A.G., Litovchenko K.Ts., Lavrova O.Yu., Mityagina M.I., Bocharova T.Yu., Lebedev S.A., Stanichnyi S.V., Solov'ev D.M., Sirota A.M. Kompleksnyi operativnyi sputnikovyi monitoring v 2004–2005 gg. (Integrated

- operational satellite monitoring in 2004–2005), *Neft' i okruzhayushchaya sreda Kaliningradskoi oblasti* (Oil and environment of the Kaliningrad Region), Kaliningrad: Yantarnyi skaz, 2012, Vol. 2: The Sea, pp. 483–518.
9. Lavrova O.Yu., Kostianoy A.G., Lebedev S.A., Mityagina M.I., Ginzburg A.I., Sheremet N.A., *Kompleksnyi sputnikovyi monitoring morei Rossii* (Integrated satellite monitoring of Russian seas), Moscow: IKI RAN, 2011, 470 p.
 10. Nemirovskaya I.A., Sivkov V.V., Bulycheva E.V. Soderzhanie i sostav uglevodorodov v raione mestorozhdeniya Kravtsovskoe Baltiiskogo morya (Content and composition of hydrocarbons in the Kravtsovskoe oil field region, the Baltic Sea), *Doklady RAN*, 2011, pp. 520–525.
 11. Rukovodstvo sotrudnikam MPOOPT po pervoocherednym deistviyam pri razlivakh nefi i nefteproduktov v predelakh i vblizi MPOOPT (Handy guide for MPOOPT staff on priority actions in the case of discharge of oil and oil products within and nearby of MPOOPT), WWF Rossii, GEF/PROON, 2013.
 12. 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, Vilnius, 2014, pp. 9–14.
 13. Bulycheva E.V., Krek A.V., Kostianoy A.G., Semenov A.V., Joksimovich A., Oil Pollution of the Southeastern Baltic Sea by satellite remote sensing data and in-situ measurements, *Transport and Telecommunication*, 2015, Vol. 16, No. 4, pp. 296–304.
 14. HELCOM Annual report, 2014, <http://www.helcom.fi/Lists/Publications/HELCOM%20Annual%20report%20on%20discharges%20observed%20during%20aerial%20surveillance%20in%20the%20Baltic%20Sea%20in%202014.pdf>.
 15. HELCOM Convention, 2014, http://www.helcom.fi/Documents/About%20us/Convention%20and%20commitments/Helsinki%20Convention/Helsinki%20Convention_July%202014.pdf.
 16. Kostianoy A.G., Bulycheva E.V., Semenov A.V., Krainyukov A.V. Satellite monitoring systems for shipping, and offshore oil and gas industry in the Baltic Sea, *Transport and Telecommunication*, 2015, Vol. 16, No. 2, pp. 117–126.
 17. 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.
 18. 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.
 19. 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.
 20. 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, pp. 322–331.
 21. *Oil pollution in the Baltic Sea*, Kostianoy A.G., Lavrova O.Yu. (Eds.), Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 2014, Vol. 27, 268 p.