

УДК 551.465

НЕФТЯНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ БАЛТИКИ ПО СПУТНИКОВЫМ НАБЛЮДЕНИЯМ И НАТУРНЫМ ДАННЫМ

© 2016 г. Е. В. Булычева¹, А. В. Крек^{1,2}, А. Г. Костяной³¹Атлантическое отделение Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Калининград
e-mail: bulycheva.lena@gmail.com²Балтийский Федеральный университет им. И. Канта, Калининград
e-mail: av_krek_ne@mail.ru³Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва
e-mail: kostianoy@gmail.com

Поступила в редакцию 10.06.2015 г.

После доработки 16.06.2015 г.

Результаты спутникового мониторинга нефтяного загрязнения морской поверхности, а также натурные измерения концентрации нефтепродуктов в водной толще и в донных осадках впервые позволили установить связь между поверхностным загрязнением, поступающим с судов, и общими пространственно-временными особенностями распределения нефтепродуктов в Юго-Восточной Балтике. Были выявлены районы Юго-Восточной Балтики с повышенными концентрациями нефтепродуктов в поверхностном и придонном слоях. Определены пути распространения загрязнения, которые согласуются с основным направлением транспорта вещества в Гданьском бассейне.

DOI: 10.7868/S0030157416010019

ВВЕДЕНИЕ

Основными источниками поступления нефтепродуктов (НП) в море являются морские суда, выделение нефти со дна моря, реки, городские и промышленные стоки и атмосфера [10–15, 21, 24]. Нефтяное загрязнение морей и океанов разделяется на рутинное (загрязнение небольшими порциями из-за антропогенного воздействия или по естественным природным причинам) и аварийное (более редкое, но обычно сильное загрязнение в результате катастрофических разливов нефти с кораблей, нефтяных платформ или подводных трубопроводов). Существенные различия в относительных долях каждого из источников (или причин) нефтяного загрязнения объясняются спецификой различных районов Мирового океана и внутренних морей. Наибольшая доля (20–50%) от общего загрязнения Мирового океана приходится на морской транспорт [21, 15, 13, 24].

После попадания в водную среду нефть и нефтепродукты начинают трансформироваться за счет ряда физических, химических и биологических процессов: испарения, эмульгирования, растворения, окисления, образования агрегатов, седиментации, биодegradации, включающей микробное разрушение и ассимиляцию планктонными и бентосными организмами [12]. В течение последнего десятилетия интенсивность судоходства в Балтийском море постоянно растет. Увеличивается как количество судов, так и их размер, и эта

тенденция будет сохраняться. Это приводит к увеличению рутинного нефтяного загрязнения, а также повышает риск большого разлива нефти в акватории Балтийского моря [22, 24, 23]. С 2004 г. в российском секторе Юго-Восточной Балтики ООО “ЛУКОЙЛ-КМН” ведет разработку нефтяного месторождения “Кравцовское” с морской ледостойкой стационарной платформы (МЛСП) D-6, с чем также связаны определенные риски нефтяного загрязнения окружающей среды.

Основные физические, физико-химические и биологические процессы связаны с расположением контактирующих и взаимодействующих сред и фаз вещества – геохимических барьеров [6]. Как известно, важнейшими природными геохимическими барьерными зонами для акватории российского сектора Юго-Восточной Балтики в виду отсутствия крупных рек являются границы “вода–воздух”, “вода–дно” и “море–берег”. Наиболее подверженной антропогенному воздействию частью морской среды, через которую происходит основной газообмен с атмосферой, является морская поверхность. Донные осадки, в свою очередь, представляют собой постоянно действующий вторичный источник загрязнения моря [12, 13]. Поэтому в работе будут рассматриваться пространственно-временные характеристики распределения НП на основных физико-химических барьерах (“вода–воздух”, “вода–

Таблица 1. Количество полученных и проанализированных спутниковых РЛИ с 12.06.2004 г. по 31.12.2014 г.

Год	Спутники				Всего РЛИ
	ENVISAT	RADARSAT-1	RADARSAT-2	Cosmo-SkyMed	
2004	87				87
2005	154	19			173
2006	133	53			186
2007	163	51			214
2008	165	45	3		213
2009	146	6	41		193
2010	130	38	26		194
2011	129	30	27		186
2012	36	45	63		144
2013		11	89	33	133
2014			94	28	122
Всего	1143	298	343	61	1845

дно” и дополнительный барьер – слой скачка плотности).

Целью работы является сравнение данных спутниковых наблюдений нефтяного загрязнения морской поверхности и судовых измерений концентрации НП в воде и донных осадках Юго-Восточной Балтики.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Спутниковые наблюдения. Спутниковый мониторинг нефтяного загрязнения морской поверхности Юго-Восточной Балтики ведется с начала добычи нефти на МЛСП D-6 – с июня 2004 г. [25, 23, 3, 4, 26]. Основной целью спутниковых наблюдений является обнаружение нефтяных пленок на морской поверхности. Для целей мониторинга были использованы радиолокационные изображения (РЛИ) морской поверхности с нескольких спутников: ENVISAT – спутник Европейского космического агентства (ESA), RADARSAT-1 – Канадского космического агентства (CSA), RADARSAT-2, принадлежащий компании МакДональд, Деттвилер и Партнеры (MDA, Канада), а также с четырех спутников Итальянского космического агентства (ASI) Cosmo-SkyMED-1, -2, -3, -4, полученные в период с 12 июня 2004 г. по 31 декабря 2014 г. (табл. 1). Данные спутники оснащены радиолокаторами с синтезированной апертурой (РСА), которые регистрируют пространственную изменчивость гравитационно-капиллярных волн, всегда присутствующих на морской поверхности, в виде картин распределения интенсивности обратно-рассеянного сигнала – радиолокационных изображений (РЛИ). Пленки различного происхождения, такие как нефтяные, биогенные, синтетических поверхностно-ак-

тивных веществ, а также цветение водорослей, морской лед, ряд гидрофизических и метеорологических процессов локально видоизменяют шероховатость поверхности моря и образуют выглаженные поверхности (слики), что фиксирует радиолокатор. Преимуществами применения РСА является возможность практически всепогодной и круглосуточной съемки. Метод не применим при скоростях приводного ветра менее 2 м/с (штиль), когда не возникает радиолокационного контраста между чистой водой и водой, покрытой пленкой нефти или нефтепродуктов, и более 10 м/с, когда пленки начинают разрушаться под влиянием сильного волнения. Дешифрованные РЛИ с информацией о наличии или отсутствии на РЛИ нефтяного загрязнения были получены от норвежского спутникового оператора Kongsberg Satellite Services (KSAT, г. Тромсё). Интервал между последовательными съемками составлял от 12 до 72 часов.

Для исследования пространственного распределения нефтяных пятен на морской поверхности была выбрана часть Юго-Восточной Балтики, на которую пришлось более чем 70% покрытия спутниковыми снимками. Сюда вошли российский сектор (исключительная экономическая зона (ИЭЗ) РФ), ИЭЗ Литвы, а также часть ИЭЗ Польши до 18° в.д. (рис. 1).

Натурные измерения. Концентрации НП были получены в ходе комплексного экологического мониторинга Кравцовского месторождения (D-6) в 2003–2014 гг. для водной толщи и в 2005–2011 гг. для донных осадков в стандартных точках мониторинга (рис. 1).

Пробы морской воды отбирались пластиковым батометром с поверхностного горизонта (0.5–1.0 м – всего 754 пробы), придонного (1.0 м

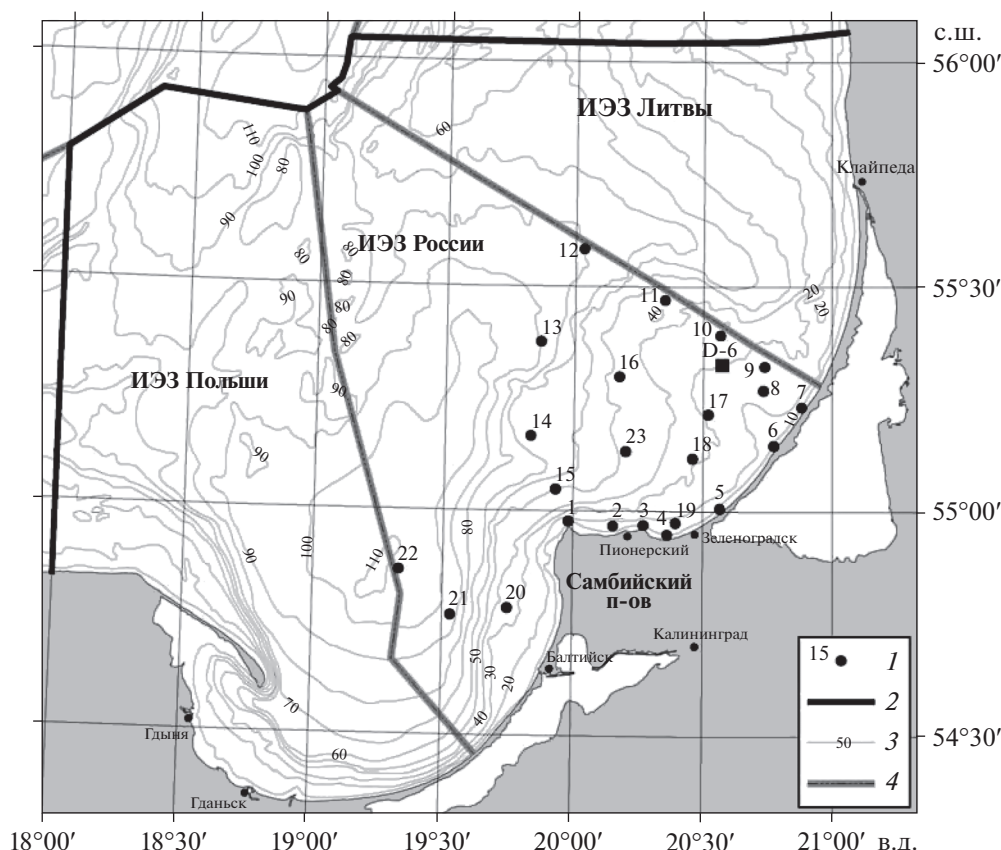


Рис. 1. Район исследований. 1 – точки пробоотбора; 2 – район спутникового мониторинга; 3 – изобаты, м; 4 – границы исключительных экономических зон (ИЭЗ) России и сопредельных государств.

от дна – всего 751 проба), а также с промежуточных горизонтов (10, 30, 50 и 70 м – всего 604 пробы) в зависимости от глубины станции. Донные отложения отбирались дночерпателем “Ван-Вина” с поверхности дна (горизонт 0–10 см). Концентрации НП, полученные в период одной съемки на близко расположенных станциях около МЛСП D-6 (расстояние между станциями 250–1000 м) усреднялись до одного значения.

Известно, что распределение многих химических веществ в осадках, в том числе и НП, зависит от их гранулометрического состава [9]. Поэтому в илах (точки 12–14, 21, 22) и обломочных отложениях (точки 1–11, 15–18, 23, D-6) средние концентрации подсчитывались независимо.

Концентрации НП в осадках определялись в Экоаналитической лаборатории морской геологии ЦМГСШ ФГУНПП “Севморгео” (г. Санкт-Петербург) флуориметрическим методом на анализаторе жидкости “Флюорат-02-3м”, в воде – в ФГУП АтлантНИРО (г. Калининград) флуориметрическим методом на анализаторе жидкости “Флюорат-02” [16, 17].

РЕЗУЛЬТАТЫ СПУТНИКОВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

С 12 июня 2004 г. по 31 декабря 2014 г. для обнаружения пленочных загрязнений на морской поверхности было получено и проанализировано 1845 РЛИ, на которых было обнаружено 1193 нефтяных пятна, 616 из которых находились в районе мониторинга (рис. 2).

Наибольшее количество нефтяных пятен приходится на весну и лето (рис. 3), что объясняется умеренными ветрами, при которых нефтяное загрязнение хорошо идентифицируется на РЛИ. В осенний и зимний период преобладают сильные ветры, при которых метод спутниковой радиолокации не применим [4]. Исследование сезонного распределения обнаруженных нефтяных пятен было выполнено в соответствии с гидрологическими сезонами Юго-Восточной Балтики. В Гданьском бассейне за зиму принимается январь–март, за весну – апрель–июнь, лето – июль–сентябрь и осень – октябрь–декабрь [2]. В период с апреля по сентябрь было обнаружено около 80% всех нефтяных пятен, что составляет 86% суммарной площади нефтяного загрязнения.

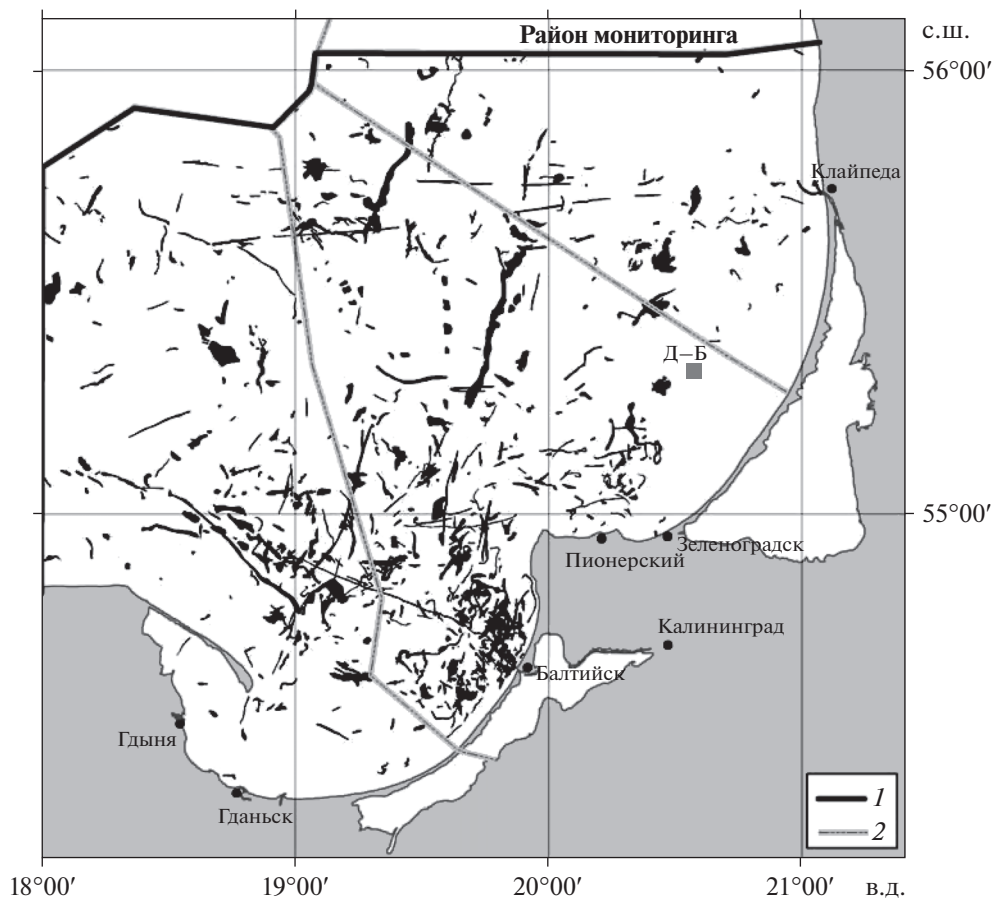


Рис. 2. Сводная карта нефтяных пятен, обнаруженных в результате анализа РЛИ с 12.06.2004 г. по 31.12.2014 г. 1 – границы района мониторинга; 2 – границы ИЭЗ России. Представлена реальная форма пятен.

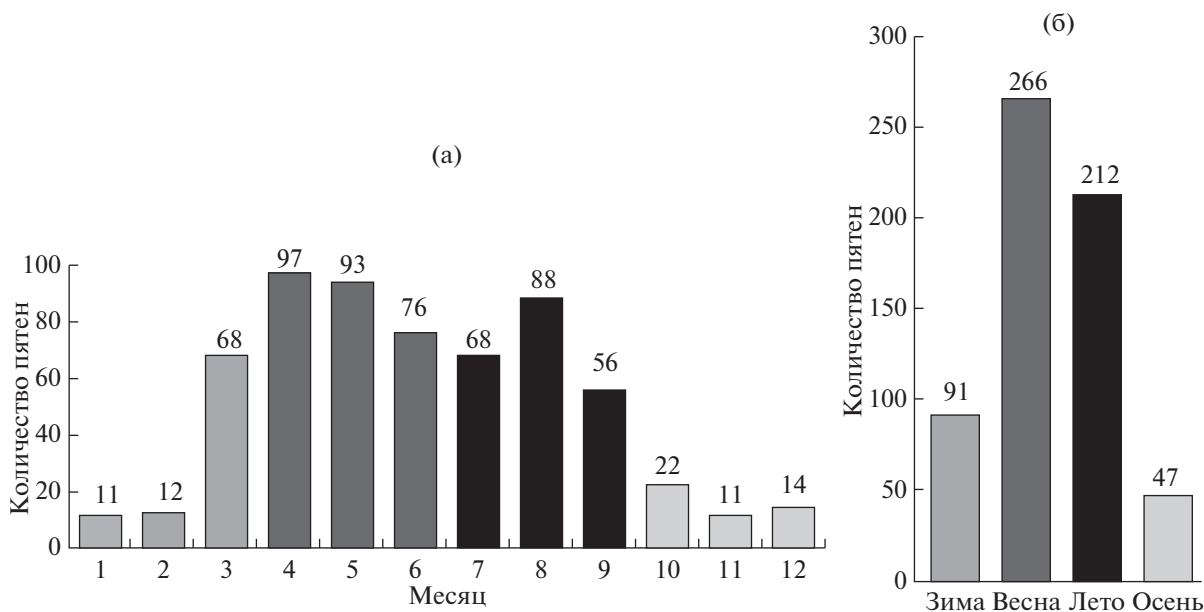


Рис. 3. Распределение количества нефтяных пятен, обнаруженных на РЛИ с 12.06.2004 г. по 31.12.2014 г. по месяцам (а) и сезонам (б).

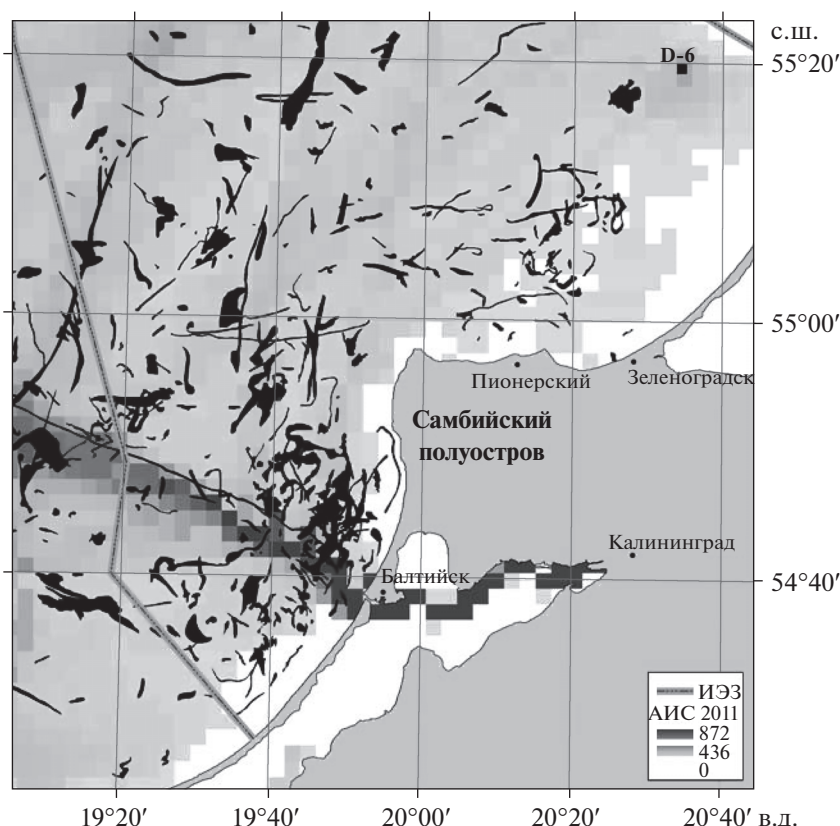


Рис. 4. Плотность сигналов AIS (по данным HELCOM, 2011) и нефтяные пятна, обнаруженные в результате анализа РЛИ с 12.06.2004 г. по 31.12.2014 г.

Наиболее загрязненной акваторией Юго-Восточной Балтики по данным РЛИ являются районы судоходных трасс, места якорных стоянок к западу от Самбийского полуострова и внешний рейд порта Балтийск. Источниками загрязнения акватории севернее порта Пионерский являются малые суда, в основном, рыболовецкие [20].

После анализа формы пятен и расположения основных судоходных трасс по данным AIS (системе автоматической идентификации судов) в Юго-Восточной Балтике (рис. 4) можно сделать вывод, что основными источниками нефтяного загрязнения являются различные суда [24, 4, 23]. При детальном рассмотрении видно, что пятна несколько смещены от судоходных трасс – мест своего потенциального возникновения (рис. 4). Это объясняется особенностями гидрометеорологического режима Юго-Восточной Балтики и общей схемой циркуляции поверхностных течений в Гданьском бассейне [27]. Также причиной скопления некоторых нефтяных пятен вдали от судоходных трасс является поступление загрязнения с малых судов, не оснащенных оборудованием AIS [20].

Межгодовая тенденция к уменьшению нефтяного загрязнения Юго-Восточной Балтики наблюда-

лась с 2006 по 2011 гг. [4]. По данным HELCOM за 1988–2011 гг. аналогичная тенденция прослеживается и для всего Балтийского моря в целом [24]. В 2012 г. наблюдалось резкое увеличение количества обнаруженных нефтяных пятен и, как следствие, общей площади нефтяного загрязнения. В 2013 г. при сравнительно небольшом количестве нефтяных пятен наблюдалась высокая суммарная площадь нефтяного загрязнения, что объясняется крупным нефтяным разливом с судна площадью около 72 км², обнаруженным 13 сентября 2013 г. [4].

РЕЗУЛЬТАТЫ НАТУРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Водная среда. Как в поверхностном, так и в придонном горизонтах наибольшие концентрации НП по всему району наблюдались в 2003 г., что было связано с аварией китайского танкера “Фу Шанхай” в юго-западной части Балтики и сформировавшимися особыми гидрометеорологическими условиями [12]. Поэтому в дальнейшем анализе данные за 2003 г. не учитывались.

Известно, что слой скачка плотности является границей, разделяющей поступление НП с поверхности и вторичным загрязнением, поступающим из донных осадков [1, 6]. Характеры верти-

Таблица 2. Средние концентрации НП в российском секторе Юго-Восточной Балтики

Горизонт	Концентрация, мг/л		среднее	Стандартное отклонение
	минимальная	максимальная		
Поверхностный	0.001	0.208	0.018	0.021
Придонный	0.001	0.183	0.016	0.018
Водная толща	0.001	0.136	0.016	0.018

Таблица 3. Сезонная изменчивость концентраций НП в поверхностном и придонном горизонтах в Юго-Восточной Балтике

Сезон	Поверхностный горизонт, мг/л		Придонный горизонт, мг/л	
	среднее значение	стандартное отклонение	среднее значение	стандартное отклонение
Зима	0.016	0.020	0.015	0.017
Весна	0.027	0.032	0.019	0.022
Лето	0.019	0.017	0.017	0.017
Осень	0.014	0.011	0.012	0.009

кального распределения концентраций НП и вертикального распределения взвеси (по глубокowodной ст. 22, см. рис. 1) были схожими. Наибольшие значения наблюдались на поверхности, а вторичный максимум – над основным галоклином на глубине около 70 м. Поэтому вместо концентрации НП в придонном горизонте, для глубоководных станций (глубже 70 м) в дальнейшем использовались концентрации НП над галоклином.

Как средние, так и максимальные концентрации НП, в поверхностном слое оказались немного выше аналогичных концентраций в придонном и промежуточном слоях (табл. 2), что может говорить об основном источнике поступления НП в толщу воды с поверхности.

При схожем вертикальном распределении в сезонной изменчивости концентрации НП достигали максимальных значений весной, минимальных – осенью (табл. 3). Во всех случаях средние концентрации не превышали ПДК = 0.05 мг/л [18].

Возле МЛСП D-6 (ежемесячные измерения в 2011–2014 гг.) максимальные средние концентрации НП были зафиксированы в поверхностном слое (0.026 ± 0.014 мг/л) с последующим уменьшением концентраций до дна (0.020 ± 0.011 – в толще и 0.019 ± 0.009 мг/л – у дна).

Области повышенных концентрация НП на поверхности и в придонном горизонте, в общем, объясняется основным направлением переноса вещества от места максимального его поступления на поверхность, определенного по спутниковым наблюдениям (рис. 5–6).

В пространственном распределении в поверхностном и придонном горизонтах были выделены районы с концентрациями НП выше и ниже

средних по району (см. табл. 3, см. рис. 5–6). На поверхности моря, в основном, повышенные концентрации НП наблюдались в акватории, примыкающей к Самбийскому полуострову (см. рис. 5). Максимальные средние концентрации НП были зафиксированы в точках 2 и 20 (по четырем съемкам 2004 г.) и составили 0.044 ± 0.046 мг/л и 0.035 ± 0.023 мг/л, соответственно. На общем фоне, небольшим превышением концентрации НП выделялась МЛСП D-6 как в поверхностном, так и в придонном слое (рис. 5–6).

С учетом особенностей структуры течений в Гданьском бассейне [27] и среднего направления приводного ветра, направленным на северо-восток [19], создаются благоприятные условия для переноса вещества от основного района загрязнения на север и северо-восток (см. рис. 5). В частных случаях, в районе мыса Таран возникает система достаточно сложных течений, огибающих мыс и распространяющихся вдоль северного побережья Калининградской области [27].

В придонном горизонте (или горизонте над галоклином) в общих чертах, основной район повышенных концентраций (концентрации выше среднего по району, см. табл. 2) совпадает с аналогичным районом на поверхности (рис. 6). Выделяется район точек D-6, 10 и 11, что может быть связано как с описанными выше особенностями циркуляции, так и с деятельностью нефтедобывающей платформы D-6.

При общей благоприятной обстановке в акватории, примыкающей к Куршской косе, выделяется придонный горизонт в точках 5 и 8 (см. рис. 6) с повышенными концентрациями НП, которые, вероятнее всего являются результатом переноса загрязнения из района порта Пионерский.

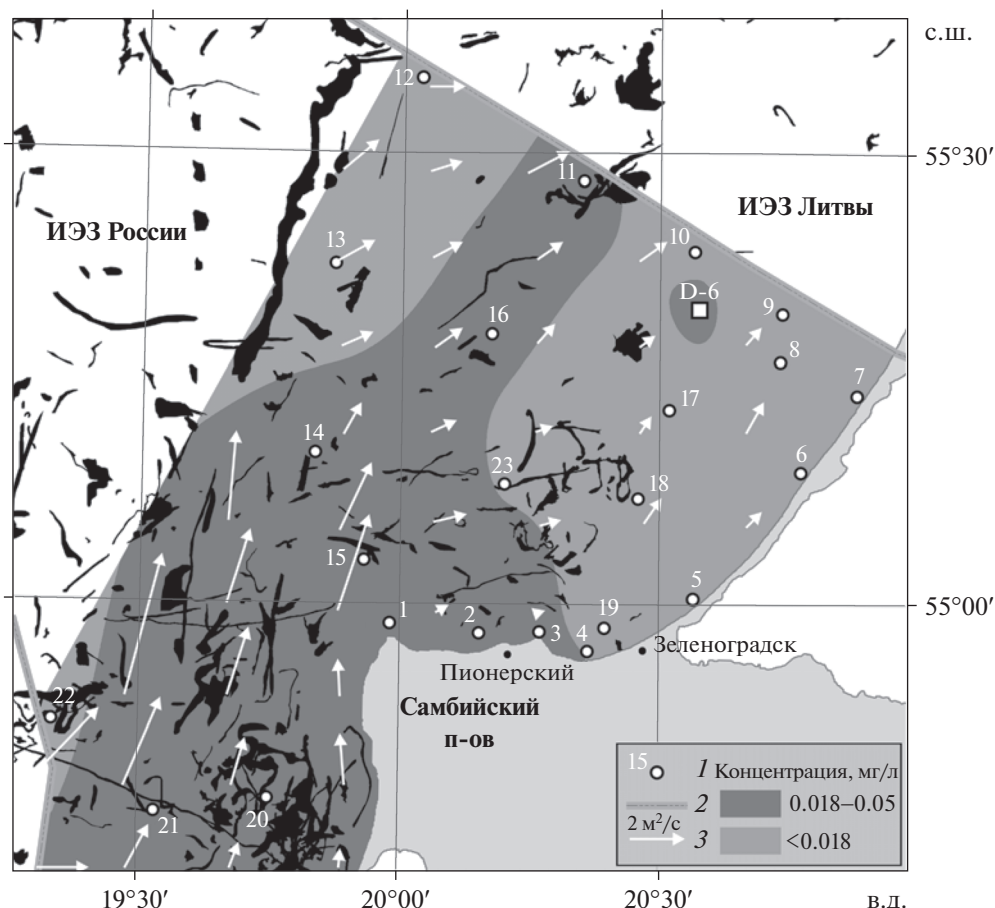


Рис. 5. Пространственное распределение нефтяных пятен, среднегоголетней концентрации НП в поверхностном горизонте моря и среднегодовой перенос вещества в поверхностном слое. 1 – точки пробоотбора; 2 – границы ИЭЗ России; 3 – среднегодовой перенос вещества в поверхностном слое по [27].

Локально повышенные концентрации НП в придонном горизонте могут быть связаны с естественным выделением углеводородов из недр, что предполагается в работе [13]. Данное предположение не подтвердилось нашими исследованиями, так как повышенных концентраций НП в донных осадках около МЛСП D-6 обнаружено не было, что возможно, связано с ограничениями методов определения.

Донные осадки. Концентрации НП в донных осадках значительно выше, чем в воде [11–13]. Согласно [7], в соответствии с закономерностями механической дифференциации осадочного вещества в Балтийском море как бассейне с преимущественно терригенным характером осадконакопления, происходит процесс накопления большинства химических элементов согласно правилу “гранулометрических фракций”. В частности, чем больше в осадке содержится пелитовой фракции, тем выше в нем содержание большинства химических веществ и загрязнений [7].

Нижняя граница галоклина соответствует границе распространения обломочных и глинистых

отложений на склоне Гданьской впадины [8]. Учитывая, что концентрации НП в песчаных отложениях на порядок ниже, чем концентрации НП в глинистых [5], фактор вторичного загрязнения вод в районах распространения обломочных отложений не рассматривался.

Средние концентрации НП для обломочных отложений (без учета единичных локальных максимумов загрязнений) были ниже порога чувствительности метода определения (5 мг/кг), а для илистых составляли 49.8 ± 43.4 мг/кг. Связи с загрязнением воды не прослеживалось.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Впервые было проведено сопоставление результатов спутникового мониторинга нефтяного загрязнения морской поверхности Юго-Восточной Балтики с натурными наблюдениями загрязнения водной толщи Российского сектора Юго-Восточной Балтики с 12 июня 2004 г. по 31 декабря 2014 г.

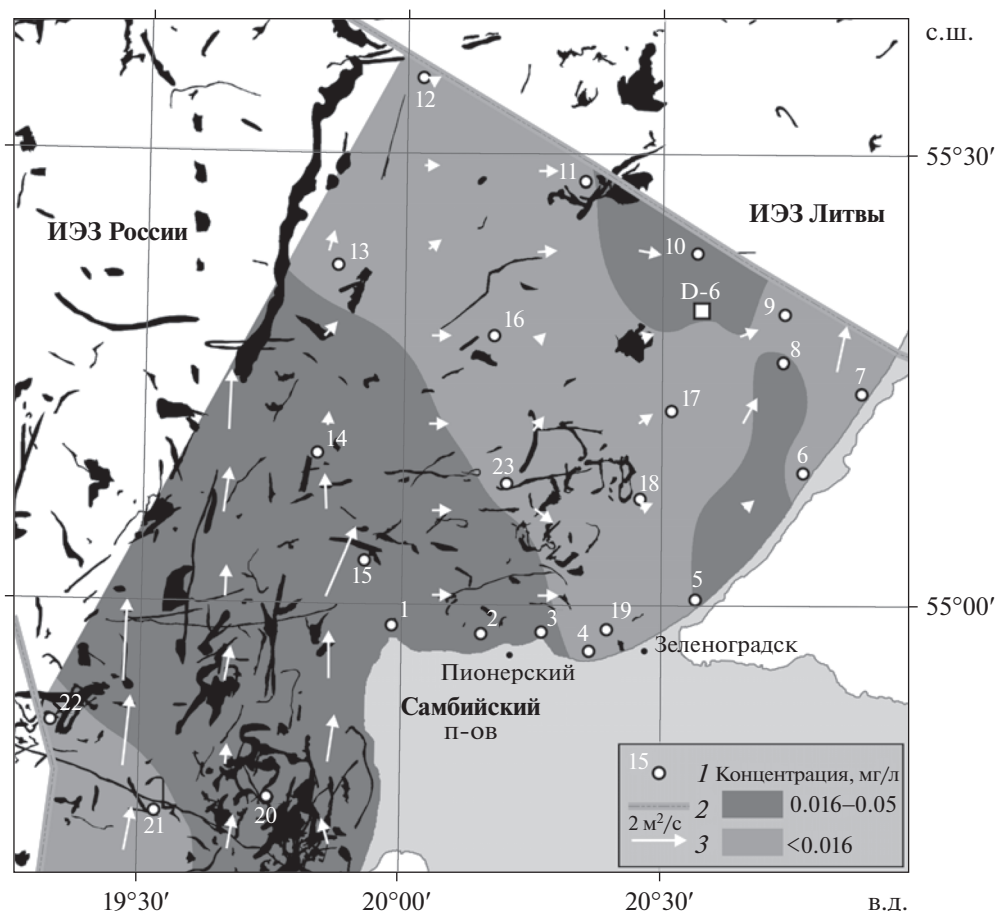


Рис. 6. Пространственное распределение нефтяных пятен, среднееголетней концентрации НП в придонном горизонте и среднегодовой перенос вещества в придонном слое. 1 – точки пробоотбора; 2 – границы ИЭЗ России; 3 – перенос вещества в придонном слое по [27].

Основным источником загрязнения морской поверхности вокруг Самбийского полуострова является район схождения судоходных трасс у входа в Калининградский морской канал. После попадания нефти или НП в воду происходит их трансформация, в том числе дисперсия. При дальнейшей деградации часть нефти или нефтепродуктов оседает на дно с детритом [12]. Сопоставление результатов спутниковых наблюдений с данными натуральных измерений и с особенностями общей циркуляции вод позволило проследить основные пути переноса загрязнений.

Основной перенос нефтяных загрязнений из акватории западнее Самбийского полуострова (от источника) осуществляется в северном и северо-восточном направлениях как в поверхностном, так и в придонном слоях. Низкие концентрации НП в морской воде (ниже ПДК) говорят о том, что наблюдаемое на РЛИ нефтяное загрязнение, не является катастрофическим.

Авторы благодарят ООО «ЛУКОЙЛ-КМН» за предоставленные радиолокационные данные и данные судовых съемок. Е.В. Булычева и А.Г. Кос-

тяной проводили исследование нефтяного загрязнения по спутниковым данным в рамках и за счет гранта РФ (проект № 14-50-00095). А.В. Крек занимался анализом нефтяного загрязнения морских вод и донных осадков по судовым измерениям в рамках и за счет гранта РФ (проект № 14-37-00047).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Афанасьева Н.А., Гейдаров Ф.А., Затучная Б.М., Иванова Т.А. Роль взвешенных веществ в перераспределении нефтяных углеводородов в морской среде (на примере Северной Атлантики) // Океанографические аспекты охраны морей и океанов от химических загрязнений. М.: Гидрометеоздат, 1990. С. 216–219.
2. Берникова Т.А., Дубравин В.Ф., Нагорнова Н.Н., Стонт Ж.И. Климатические сезоны Южной Балтики // V международная научная конференция «Инновации в науке и образовании – 2007». Труды науч. конф. Калининград: КГТУ, 2007. Ч. 1. С. 53–55.
3. 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.
4. Бульчева 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.
 5. Емельянов Е.М. Геохимические барьеры и барьерные зоны и их роль в седиментогенезе // Геохимия осадочного процесса в Балтийском море. М.: Наука, 1986. С. 5–25.
 6. Емельянов Е.М. Барьерные зоны в океане. Осадко- и рудообразование, геоэкология. Калининград: Янтарный сказ, 1998. 416 с.
 7. Емельянов Е.М., Кравцов В.А., Сивков В.В., Дорохова Е.В. Токсичные вещества в донных осадках // Нефть и окружающая среда Калининградской области. Т. II: Море / Отв. ред. Сивков В.В. Калининград: Терра Балтика, 2012. С. 304–314.
 8. Жамойда В.А., Сивков В.В. Донный рельеф и поверхностные осадки // Нефть и окружающая среда Калининградской области. Т. II: Море / Отв. ред. Сивков В.В. Калининград: Терра Балтика, 2012. С. 59–68.
 9. Лобковский Л.И., Левченко Д.Г., Леонов А.В., Амбросимов А.К. Геоэкологический мониторинг морских нефтегазовых акваторий. М.: Наука, 2005. 326 с.
 10. Нельсон-Смит А. Нефть и экология моря. М.: Прогресс, 1977. 298 с.
 11. Немировская И.А. Углеводороды в океане (снег-лед-вода-взвесь-донные осадки). М.: Научный мир, 2004. 328 с.
 12. Немировская И.А. Нефтяные углеводороды // Нефть и окружающая среда Калининградской области. Т. II: Море / Отв. ред. Сивков В.В. Калининград: Терра Балтика, 2012. С. 152–173.
 13. Немировская И.А. Нефть в океане. Загрязнение и природные потоки. М.: Научный мир, 2013. 428 с.
 14. Патин С.А. Нефть и экология континентального шельфа. М.: ВНИРО, 2001. 340 с.
 15. Патин С.А. Нефтяные разливы и их воздействие на морскую среду и биоресурсы. М.: ВНИРО, 2008. 507 с.
 16. ПНД Ф 14.1:2:4.128-98 Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации нефтепродуктов в пробах природных, питьевых, сточных вод флуориметрическим методом на анализаторе жидкости “Флюорат-02”.
 17. ПНД Ф 16.1:2.21-98 Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почв и грунтов флуориметрическим методом с использованием анализатора жидкости “Флюорат-02”.
 18. Приказ Федерального агентства по рыболовству “Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения” № 20 от 18.01.2010 г.
 19. Стонт Ж.И. Современные тенденции изменчивости гидрометеорологических параметров в юго-восточной части Балтийского моря и их отражение в прибрежных процессах // Автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. геогр. наук. Калининград: АО ИОРАН, 2014. 23 с.
 20. 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. 2014. V. 27. P. 9–14.
 21. Burger J. Oil spills // Rutgers University Press. New Brunswick, 1997. 262 p.
 22. HELCOM 2013. Illegal discharges observed during aerial surveillance 2013 // Source: <http://www.helcom.fi/Lists/Publications/HELCOM/report/202013.pdf>
 23. 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. V. 16. № 2. P. 117–126.
 24. Kostianoy A.G., Lavrova O.Yu. (Eds.) Oil pollution in the Baltic Sea // Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 2014. V. 27. 268 p.
 25. Kostianoy A.G., Litovchenko K.Ts., Lavrova O.Yu. et al. Operational satellite monitoring of oil spill pollution in the southeastern Baltic Sea: 18 months experience // Environmental Research, Engineering and Management. 2006. № 4 (38). P. 70–77.
 26. 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. № 4. P. 322–331.
 27. Meier M. Modelling the pathways and ages of inflowing salt- and freshwater in the Baltic Sea // Estuarine, Coastal and Shelf Science. 2007. № 74. P. 610–627.

Oil Pollution in the Southeastern Baltic Sea from Satellite Observations and in-situ Data

E. V. Bulycheva, A. V. Krek, A. G. Kostianoy

The results of satellite monitoring of oil pollution of the sea surface, as well as field measurements of the concentration of oil products in the water column and bottom sediments for the first time allowed to establish a connection between the surface pollution coming from ships, and the general characteristics of spatial and temporal distribution of oil products in the water column and bottom sediments in the Southeastern Baltic Sea. Areas with higher concentrations of oil products in the surface and bottom layers were determined in the study area. The basic directions of the contamination spread are consistent with the main direction of annual mean transport of substances in the Gdansk Basin.