

КЕРЧЕНСКИЙ ПРОЛИВ И ЕГО ТЕХНОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ: ВОЗМОЖНОСТИ ОПТИЧЕСКОГО И РАДИОЛОКАЦИОННОГО ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ



¹А.Ю. Иванов, ¹Д.В. Хлебников, ¹Б.В. Коновалов, ¹С.К. Клименко,
¹Н.В. Терлеева

¹Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН

Рассмотрены возможности использования данных современных спутников дистанционного зондирования Земли, как оптических, так и радиолокационных, для изучения антропогенных загрязнений и состояния морской среды Керченского пролива. Показано, что спутниковые данные позволяют оперативно получить практически полную информации о том или ином техногенном явлении и чрезвычайной ситуации в проливе.

Ключевые слова: Керченский пролив, техногенное загрязнение, дистанционное зондирование, оптические и радиолокационные съемки, источники загрязнения, экосистема пролива

Статья поступила в редакцию 27.01.2021, доработана 29.04.2021, принята к публикации 16.06.2021

Kerch Strait and Its Technogenic Pollution: Possibilities of Optical and Radar Remote Sensing

¹A.Yu. Ivanov, ¹D.V. Khlebnikov, ¹B.V. Konovalov, ¹S.K. Klimenko, ¹N.V. Terleeva

¹Shirshov Institute of Oceanology Russian Academy of Sciences, 117997 Moscow, Russia

The possibilities of using satellite imagery of modern remote sensing satellites, both optical and radar, to study anthropogenic pollution and the state of the marine environment of the Kerch Strait are discussed. It is shown that satellite data and images allow one to quickly obtain practically complete information about a particular phenomenon and emergency situation in the strait.

Keywords: Kerch Strait, technogenic pollution, remote sensing, optical and SAR images, sources of pollution, marine ecosystem

Received 27.01.2021, revised 29.04.2021, accepted for publication 16.06.2021

DOI: 10.18412/1816-0395-2021-8-21-27

Оптическое и радиолокационное дистанционное зондирование акваторий в настоящее время является одной из наиболее быстро развивающихся областей науки и техники и источником самой актуальной и оперативной пространственной информации, эти данные широко используются при решении различных природоохранных задач. Это направление остается крайне актуальным и востребованным в связи с развитием новых технологий дистанцион-

ного зондирования Земли (ДЗЗ). Так, с 2014 г. Европейское космическое агентство (ESA) запускает на орбиту Земли семейство искусственных спутников Земли (ИСЗ) дистанционного зондирования Sentinel в рамках проекта глобального мониторинга окружающей среды и безопасности "Copernicus". Эти и другие спутники (Terra, Aqua, Suomi NPP, NOAA-20, серий Landsat и SPOT), и их данные в том числе, предназначены для мониторинга водных ресурсов,

состояния морской среды и могут использоваться для наблюдения последствий антропогенных воздействий, чрезвычайных ситуаций и стихийных бедствий [1–13].

Ещё одним источником важной геопроостранственной информации являются сервисы и геопорталы, разработанные российской компанией ГК СКА-НЭКС на платформе "Геомиксер" (<http://geomixer.ru>), в частности Maritime и Operative, позволяющие, во-первых, иметь доступ к спутниковой информа-

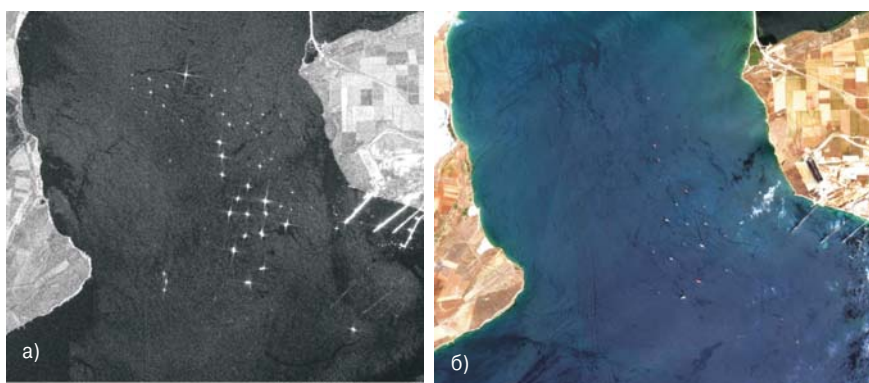


Рис. 1. Многочисленные пятна пленочных загрязнений судового происхождения в Керченском проливе (в районе рейдовых стоянок) на радиолокационном изображении Sentinel-1B от 6.07.2020 (03:48 UTC) (а) и оптическом снимке Sentinel-2A от 7.07.2020 (10:45 UTC) (б). © ESA, СКАНЭКС

Fig. 1. Numerous oil spills of ship origin in the Kerch Strait (in the area of roadsteads) on the Sentinel-1B SAR image on 6/07/2020 (03:48 UTC) (a) and the Sentinel-2A optical image on 7/07/2020 (10:45 UTC) (b). © ESA, SCANEX

пии практически в режиме реального времени, и, во-вторых, предоставляющие крайне широкий массив дополнительной информации, необходимой для надежного и полноценного анализа спутниковых снимков [11].

С точки зрения использования новейших инструментов и данных ДЗЗ, одним из крайне интересных и важных объектов исследования является Керченский пролив, так как с каждым годом возрастает антропогенная нагрузка на его экосистему. Керченский пролив — важная морская артерия, связывающая Черное и Азовское моря [14]. Строительство Крымского моста, обустройство порта Тамань (в предпроливье Черного моря), активное

грузовое судоходство, дампинг грунтов и перевалка грузов и другие техногенные процессы оказывают сильнейшее воздействие на состояние его акватории [15]. С другой стороны, в проливе находятся места обитания и проходят миграционные пути промысловых рыб и других морских организмов. По данным ряда исследований, на природные и антропогенные изменения в полях абиотических и биотических элементов экосистемы этой части Азово-Черноморского бассейна влияет ряд техногенных явлений и процессов, которые можно увидеть и исследовать современными методами ДЗЗ.

В настоящей статье обсуждается антропогенно-техноген-

ное воздействие, влияющие на состояние морской среды Керченского пролива, и на конкретных примерах показаны современные возможности его спутникового мониторинга.

Материалы и методы

Для мониторинга и последующего анализа использовалась вся спутниковая информация, которая доступна на оперативном портале ГК СКА-НЭКС. Это — снимки, данные и продукты европейских ИСЗ Sentinel-1 и Sentinel-2, американских Terra, Aqua, Suomi NPP, NOAA-20, Landsat-8, а также других космических систем ДЗЗ, например SPOT и т.п. Однако наиболее информативными для данных задач, особенно поиска источников пленочных/нефтяных загрязнений, являются радиолокационные изображения (РЛИ) морской поверхности спутников Sentinel-1A и Sentinel-1B.

Помимо спутниковой информации для реализации идей ГИС-подхода [7] данные геопорталы содержат разнообразную и полезную информацию о том или ином водном бассейне, например цифровые навигационные карты, карты ветра, карты подводной топографии и ледовой обстановки, данные систем автоматической идентификации судов (АИС) и т.п., что позволяет проводить полноценный и надежный анализ спутниковых снимков в интерактивном режиме [11]. В частности, для анализа и интерпретации данных ДЗЗ использовались подходы и методы, разработанные в ИО РАН, а именно ГИС-подход [7], суть которого сводится к учету набора объективных данных (гидрометеорологических, навигационных, техногенных и др.), характеризующих место обнаружения пятна, и контекстной судовой обстановки; детальный анализ ряда частных случаев дан в [1, 3, 5, 6]. На рис. 1–7 приведены примеры данных ДЗЗ, наглядно иллюстрирующие различные антропогенные воздействия на морскую среду пролива и возможности их наблюдения.

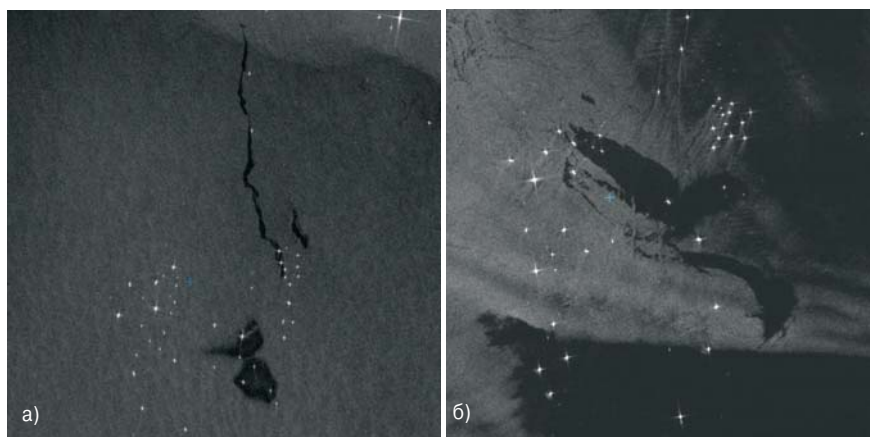


Рис. 2. Крупные судовые разливы в районе якорной стоянки/рейда в предпроливной зоне Черного моря на радиолокационных изображениях спутника Sentinel-1B от 2.03.2020 (12,5 км²) (а) и 9.03.2020 (49 км²) (б). © ESA, СКАНЭКС

Fig. 2. Large ship-made oil spills in the area of the anchorage in the pre-strait zone of the Black Sea on the Sentinel-1B SAR images on 2/03/2020 (12.5 km²) (a) and 9/03/2020 (49 km²) (b). © ESA, SCANEX

Благодаря этим подходам в настоящее время анализ данных ДЗЗ не представляет принципиальных затруднений. Так, интегральные карты пленочных загрязнений, созданные на основе данных космической радиолокации, позволяют получить информацию об источниках пленочных/нефтяных загрязнений (рис. 3). Данные спутников ДЗЗ с оптической аппаратурой (сканеры цвета моря) предоставляют количественную информацию о концентрации хлорофилла и минеральной взвеси. Данные АИС помогают идентифицировать суда, причастные к тому или иному инциденту на море.

Техногенное воздействие, наблюдаемое из космоса

Судоходство, судовые сбросы и разливы, пленочное загрязнение. Судоходство в Керченском проливе крайне интенсивно. Это подтверждают последовательные РЛИ, на которых наглядно видно, что около 20–35 судов ежедневно находятся на стоянках ожидания (на подходах к проливу) в Черном и Азовском морях, а на рейдовых стоянках в самом проливе — от 50 и более. Это же подтверждают и данные АИС. Результат — практически ежедневные пленочные загрязнения (утечки и сбросы нефтесодержащих и прочих маслянистых продуктов при перевалках и бункеровках, сбросы бытовых и льяльных вод, других жидких отходов) стали очень часто регистрироваться на рейдовых стоянках в самом проливе (рис. 1). На РЛИ пленочные загрязнения регистрируются наиболее часто на акватории перегрузочных рейдов и якорных стоянок № 450 и № 451 (рис. 4, а), где отмечались судовые разливы, образовавшиеся в результате рутинных судовых операций и утечек при перегрузке нефтепродуктов. Их площадь обычно незначительна — 0,05–0,1 км², однако их количество время от времени резко увеличивается. К счастью, крупные судовые разливы в районе фарватера и главного судоходного канала в проливе стали встре-

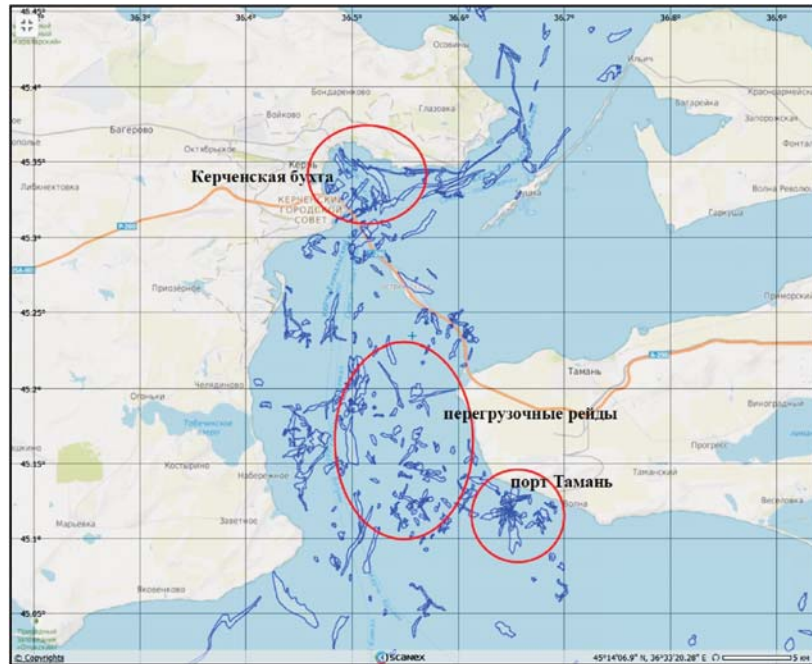


Рис. 3. Карта пленочных загрязнений, обнаруженных в Керченском проливе и на подходах к нему; создана по данным космической радиолокации за 2017 г.

Fig. 3. Summary map of oil spills detected in the Kerch Strait and on the approaches in 2017 based on SAR image analysis

чаться крайне редко, возможно, это объясняется тем, что общестественности стали доступны данные АИС.

Одним из постоянных источников пленочных загрязнений стал причальный комплекс порта Тамань (четыре выносных причала-терминала), находящийся у выхода из пролива в Черном море у м. Панагия. Здесь загрязнения очень часто отмечались у выносных

причалов ЗАО "Таманьнефтегаз" и ООО "Пищевые ингредиенты" (см. рис. 1, 6, 7), причем наряду с судовыми сбросами здесь происходят утечки перегружаемых нефтепродуктов и прочих жидких маслянистых продуктов, также возможно попадание остатков топлива в воду при бункеровках [6].

В последнее время одним из основных источников пленочного загрязнения стала якорная

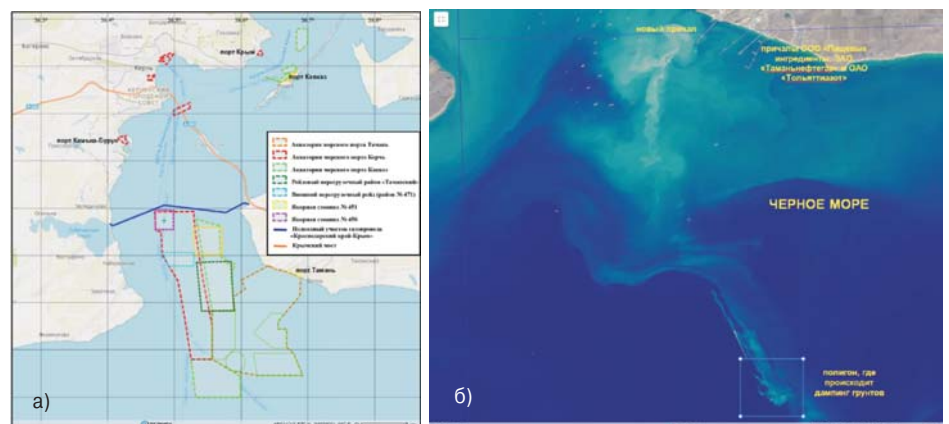


Рис. 4. Схема Керченского пролива с акваториями портов, якорными стоянками и перегрузочными районами, где загрязнения наблюдаются наиболее часто (а) и фрагмент оптического снимка Sentinel-2B от 16.10.2019, иллюстрирующий взмучивание вод в результате дноуглубления на акватории порта Тамань (б). © ESA, СКАНЭКС

Fig. 4. Schematic of the Kerch Strait with port waters, anchorages and transshipment areas, where pollution is most often observed (a) and a sub-scene of the Sentinel-2B optical image on 16/10/2019, showing suspended matter in the water as a result of dredging in the marine area of the port of Taman (b). © ESA, SCANEX

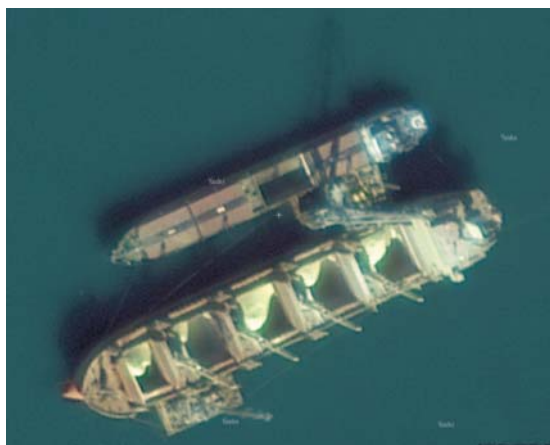


Рис. 5. Перевалка сыпучих грузов (серы или цемента) на оптическом снимке высокого разрешения из интернет-сервиса. Керченский пролив, рейдовый перегрузочный район. © Яндекс

Fig. 5. The transshipment of bulk cargo (sulfur or cement) on a high-resolution optical image. Transshipment sea area in the Kerch Strait. © Yandex

стоянка (рейд) в предпроливной зоне Черного моря (координаты центра 44°48'42" с.ш. и 36°29'16" в.д.) (см. рис. 2, а). Она находится вне территориальных вод РФ, и поэтому требования конвенции МАРПОЛ к производству судовых сбросов здесь явно облегчены. Судовые разливы в этом месте имеют площадь 50 км² и более (см. рис. 2, б). Кроме того, у Крымского моста некоторое время после ввода его в эксплуатацию регистрировались пятна пленочных загрязнений (из-за неполноценной работы очистных сооружений), что было видно как на оптических снимках, так и на РЛИ [5]).

Наглядным примером может служить рис. 3, на котором показано распределение пленочных загрязнений в Керченском проливе в 2017 г. и однозначно выделяются основные источники загрязнений, — районы рейдовой перегрузки, Керченский залив, порт Тамань, судоходные трассы и др.

Перекачка сыпучих и жидких грузов. Хорошо известно, что в пределах рейдового перегрузочного района "Таманский" и на внешнем перегрузочном рейде (район № 471 — см. рис. 4, а) происходят перегрузки различных жидких (нефть, нефтепродукты, различные технические масла, сжиженный газ, аммиак) и сыпучих (уголь, кокс, железная руда, удобрения, сера, прочие химикаты, цемент, зерно и т.п.) продуктов с судов типа "река-море" на морские танкеры и сухогрузы. Обычная технологическая схема перекачки: трюм (речное судно) → плавкран → трюм (морское судно) [1]. Операции по перекачке нефтепродуктов на якорных стоянках в условиях открытого моря достаточно часто сопровождаются выбросами и утечками сухих и жидких продуктов, включая нефтепродукты. На оптических снимках высокого разрешения (рис. 5) часто можно видеть операции по перекачке сыпучих продуктов в районе якорной стоянки № 451 с судов "река-море" на океанские сухогрузы с

помощью плавкранов (которые находятся сбоку или посередине грузовых судов). Вопросы законности и необходимости существования рейдовой перекачки опасных грузов в южной части пролива поднимались неоднократно, в т.ч. путем демонстрации данных ДЗЗ.

Углубление фарватера и акваторий портов, дамлинг грунтов. Дноуглубительные работы на основном судоходном Керчь-Еникальском канале для поддержания его в надлежащем состоянии происходят уже на протяжении многих десятилетий [15]. Захоронение грунтов дноуглубления (дамлинг) традиционно производится в предпроливной зоне Черного моря на пяти участках, называемых свалками грунтов (на навигационных картах они обозначены №№ 922, 923, 935, 942 и 943). Кроме того, хорошо известно, что при дноуглублении и последующем дамлинге в воду северо-восточной части Черного моря попадают не только взвешенные вещества, но и взвешенная органика, тяжелые металлы и др. загрязнители, накопившиеся ранее в осадках пролива. Однако в связи со строительством Крымского моста, прокладкой подводного газопровода и обустройством порта Тамань пролив подвергался дополнительным нагрузкам и рискам в связи с донными работами начиная с 2016 г. Оптические снимки среднего и высокого разрешения спутников Sentinel-2, Landsat-8 и SPOT позволяют даже без специальной обработки обнаружить основные источники загрязнения взвешенным веществом пролива и его предпроливной зоны в Черном море (см. рис. 1, 4, б, 7, а и б).

Основными объектами дноуглубления в проливе остаются акватории торгового порта г. Керчь, акватория порта Тамань и главный канал. Содержание загрязненных взвешенных веществ здесь в несколько раз превосходит окружающий природный фон, а анализ проб показывает, что в придонном слое значительно повышается кон-



Рис. 6. Пленочные загрязнения у выносных причалов порта Тамань в Черном море на фрагментах радиолокационных изображений спутника Sentinel-1B от 19.02.2010 (1,1 км²) (а) и 7.05.2020 (3,2 км²) (б). © ESA, СКАНЭКС

Fig. 6. Oil pollution at the long berths of the port of Taman in the Black Sea on sub-scenes of the Sentinel-1B SAR images 19/02/2010 (1.1 km²) (a) and 7/05/2020 (3.2 km²) (b). © ESA, SCANEX

центрация тяжелых металлов [15]. Экологическая опасность дампинга грунтов, помимо их загрязненности и токсичности, обусловлена близостью районов дампинга к районам обитания и воспроизводства промысловых видов морской фауны. Негативный эффект дноуглубления и дампинга обусловлен как взмучиванием и засорением инородным грунтом больших пространств морского дна, так и загрязнением вод в районе свалок из-за захоронения крайне загрязненных грунтов, изъятых в зонах портов, судоходных каналов и якорных стоянок [15].

Гидротехнические и дноуглубительные работы. В настоящее время гидротехническая инфраструктура пролива крайне сложна (рис. 4, а). Крымский мост, несмотря на его крайне важное социально-экономическое значение, также стал оказывать существенное влияние на гидрологический, гидрохимический, биоэкологический и ледовый режимы Керченского пролива [1, 2, 6, 14]. На оптических снимках среднего и высокого разрешения (рис. 1, 6, 7) в районах работ и строительства моста, подводного участка газопровода Краснодарский край — Крым и порта Тамань были видны скопления специализированных судов и значительное техногенное взмучивание вод — в этих местах активно велись и ведутся гидротехнические и дноуглубительные работы. Благодаря высокому разрешению снимков и оперативным данным АИС (сервисы: marine-traffic.com и exactEarth) удается однозначно идентифицировать суда, участвующие как в строительстве/обслуживании моста, так и в обустройстве порта Тамань (см. рис. 4, б и [4]).

В 2016–2018 гг. интенсивное техногенное взмучивание вод в проливе было обусловлено работами по строительству Крымского моста и работами по прокладке подводной части газопровода, связывающего п-ов Крым с Краснодарским краем. В 2019 г. начались работы по обустройству акватории

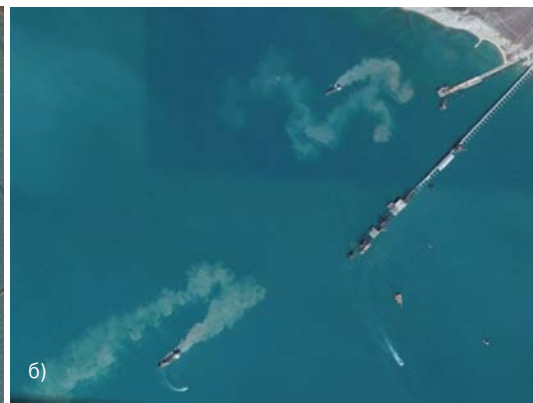
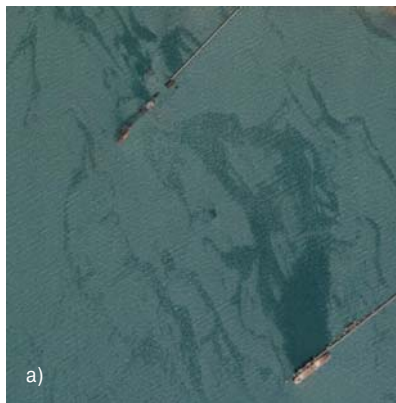


Рис. 7. Обширные загрязнения у выносных причалов порта Тамань пленочного характера (26.06.2017) (а) и взвешенными веществами из-за взмучивания донных осадков (15.09.2017) (б) на оптических снимках спутников WorldView-2 и SPOT. © Digital Globe, CNES, Airbus, СКАНЭКС

Fig. 7. Extensive pollution at the long berths of Port Taman of a film nature (26/06/2017) (a) and suspended matter due to turbidity of bottom sediments (15/09/2017) (b) on the optical images of the WorldView-2 and SPOT satellites. © Digital Globe, CNES, Airbus, SCANEX

порта Тамань, весной и осенью 2020 г. они продолжились.

Естественные нефтепроявления: грифоны и сипы. В последнее время благодаря усилиям ИО РАН удалось обнаружить ряд естественных источников нефти (нефтепроявлений) на участках, примыкающих к Керченскому проливу, в Азовском и Черном морях (см. рис. 8 и [10]). По предварительным оценкам [10], эти грифоны или сипы выбрасывают легкие фракции нефти, объемы выбросов которых оцениваются от нескольких десятков-сотен килограмм до тонн в день. Хотя подобные выходы нефти не являются антропогенным загрязнением, тем не менее они вносят свой вклад в общее загрязнение акватории пролива нефтью.

Результаты экспедиционных исследований 2020 г.

В июле 2020 г. во время экспедиции ИО РАН с борта судна на нескольких разрезах в проливе и вне его выполнялся отбор проб воды для определения основных биооптических характеристик (общей взвеси, её минеральной и органической составляющей и хлорофилла-а). Результаты этих измерений приведены на рис. 9. Картины распределения концентраций идентичны, причем их максимальные значения наблюдались в северо-западной части пролива с постепенным

снижением в южном направлении. Однако интересной особенностью распределений является локальное увеличение концентраций на участке акватории Керченского предпролива между мысами Панагия и Железный Рог, что объясняется судовой/техногенной нагрузкой на район мелководного порта Тамань и его выносных причалов-терминалов (постоянное взмучивание донных осадков). Эти результаты подтверждают выводы, сделанные на основе анализа данных ДЗЗ (см. [4] и рис. 4, б, 7, б).



Рис. 8. Естественное нефтепроявление (звездочка — положение источника на дне) в Азовском море напротив пос. Кучугуры на фрагменте снимка высокого разрешения спутника WorldView-3 (6.06.2016). © Digital Globe, СКАНЭКС

Fig. 8. Natural oil seep manifestation (the position at the bottom is shown by asterisk) in the Sea of Azov on sub-scene of the high-resolution WorldView-3 image on 6/06/2016. © Digital Globe, SCANEX

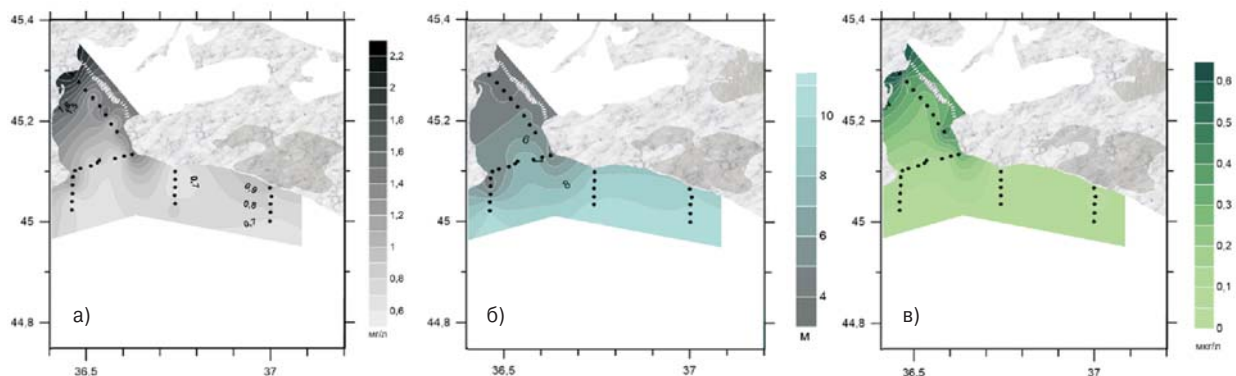


Рис. 9. Распределение минеральной взвеси (а), прозрачности (б) и хлорофилла-а (в) в поверхностных водах южной части Керченского пролива и Черноморского предпроливья по данным экспедиционных исследований ИО РАН в июле 2020 г.

Fig. 9. Distribution of suspended matter (a), transparency (b) and chlorophyll-a (c) in the surface layer of the southern part of the Kerch Strait and Black Sea based on subsatellite measurements of IO RAS in July 2020

Кроме этого, рост всех показателей в направлении от открытого моря к Крымскому мосту также свидетельствует о влиянии, оказываемом загрязненными водами на экосистему акватории Керченского пролива.

Заключение

Путем анализа и интерпретации данных ДЗЗ показаны возможности спутникового мониторинга для оценки техногенного воздействия на экосистему Керченского пролива. В частности, в настоящее время основными факторами, влияющими на экосистему Керченского пролива, являются интенсивное судоходство, гидротехническое и промышленное

строительство в прибрежной зоне и на побережье, рейдовая перевалка грузов и перекачка нефти, дноуглубительные работы и дампинг грунтов на прикерченском участке Черного моря, мелкие аварии в морских портах, перегруженность рейдов, якорных стоянок, портов и терминалов, а также загрязнение пролива сточными водами и коммунальными сбросами. Помимо этого, существенное влияние на экосистему северо-восточной части Черного моря оказывает интенсивное судоходство (с очевидными нелегальными разливами), выносы рек с побережья, сбросы канализационных и сточных коммунальных вод и другие негативные фак-

торы. Результаты этого воздействия в настоящее время можно наблюдать, контролировать и количественно оценивать путем космических наблюдений [1–6]. Более того, необходимо использовать информацию всех спутников ДЗЗ в оптическом и микроволновом диапазонах с разным разрешением и обзором, — в чем, собственно, и заключается новизна предлагаемого подхода. В связи с вышесказанным постоянный мониторинг пролива и прилегающих акваторий с помощью современных средств ДЗЗ, а также контроль техногенного воздействия, потенциально опасного для всей экосистемы Азово-Черноморского бассейна, крайне необходим.

Авторы благодарят руководство ГК "СКАНЭКС" за возможность использования ресурсов геопорталов, созданных на базе веб-ГИС приложения "Геомиксер".

The authors are grateful to the management of SCANEX Group for the opportunity to use geoportals based on the GeoMixer application.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и образования России (темы № 0149-2019-0003 и 0128-2021-0001) и проекта РФФИ (18-05-80049).

The study was carried out in the frameworks of the state assignment of the Ministry of Science and Education of the Russia Federation (themes: 0149-2019-0003 and 0128-2021-0001) and the Russian Foundation for Basic Research (project: 18-05-80049).

Литература

1. **Загрязнение** акватории Керченского пролива: взгляд из космоса. ИО РАН, 2016. [Электронный ресурс]. URL: <https://ocean.ru/index.php/novosti-left/novosti-instituta/item/1390-zagryaznenie-akvatorii-kerchenskogo-proлива-vzglyad-iz-kosmosa> (дата обращения 30.10.2020).
2. **Лёд** в Керченском проливе и Керченский мост: Взгляд из космоса. ИО РАН, 2017. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ocean.ru/index.php/novosti-left/novosti-instituta/item/1392-ljod-v-kerchenskom-prolive-i-kerchenskij-most-vzglyad-iz-kosmosa> (дата обращения 30.10.2020).

References

1. **Zagryaznenie** akvatorii Kerchenskogo proliva: vzglyad iz kosmosa. IO RAS, 2016. [Elektronnyi resurs]. URL: <https://ocean.ru/index.php/novosti-left/novosti-instituta/item/1390-zagryaznenie-akvatorii-kerchenskogo-proлива-vzglyad-iz-kosmosa> (data obrashcheniya 30.10.2020).
2. **Led** v Kerchenskom prolive i Kerchenskii most: Vzglyad iz kosmosa. IO RAS, 2017. [Elektronnyi resurs]. URL: <https://www.ocean.ru/index.php/novosti-left/novosti-instituta/item/1392-ljod-v-kerchenskom-prolive-i-kerchenskij-most-vzglyad-iz-kosmosa> (data obrashcheniya 30.10.2020).

3. **Беспрецедентно** крупные судовые разливы в российских водах Черного моря. СКАНЭКС, 2017. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.scanex.ru/company/news/sudovye-razlivy-v-rossiyskikh-vodakh-chernogo-morya/> (дата обращения 30.10.2020).
4. **Дноуглубительные** работы у порта Тамань в Керченском предпроливье: результаты наблюдения из космоса. СКАНЭКС, 2019. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.scanex.ru/company/news/dnougлубitelnye-raboty-u-porta-taman-v-kerchenskom-predprolive-rezultaty-nablyudeniya-iz-kosmosa/> (дата обращения 30.10.2020).
5. **У Крымского** моста обнаружены пятна пленочных загрязнений. СКАНЭКС, 2019. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.scanex.ru/company/news/u-krymskogo-mosta-obnaruzheny-pyatna-plenochnykh-zagryazneniy/> (дата обращения 30.10.2020).
6. **В 2019 г.** зафиксирована тенденция к увеличению пленочными загрязнениями Керченского пролива. СКАНЭКС, 2019. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.scanex.ru/company/news/v-2019-godu-zafiksirovana-tendentsiya-k-uvlicheniyu-plenochnymi-zagryazneniyami-kerchenskogo-proлива/> (дата обращения 30.10.2020).
7. **Иванов А.Ю., Затыгалова В.В.** Картографирование пленочных загрязнений моря с использованием космической радиолокации и географических информационных систем. Исследование Земли из космоса. 2007. № 6. С. 46–63.
8. **Иванов А.Ю., Кучейко А.А., Филимонова Н.А., Кучейко А.Ю., Евтушенко Н.В., Терлеева Н.В., Ускова А.А.** Пространственно-временное распределение пленочных загрязнений в Черном и Каспийском морях по данным космической радиолокации: сравнительный анализ. Исследование Земли из космоса. 2017. № 2. С. 13–25.
9. **Иванов А.Ю., Матросова Е.Р.** Техногенная грифонная активность в северо-западной части Черного моря по данным съемок из космоса. Экология и промышленность России. 2019. Т. 23. № 8. С. 57–63.
10. **Иванов А.Ю., Матросова Е.Р., Кучейко А.Ю., Филимонова Н.А., Евтушенко Н.В., Терлеева Н.В., Либина Н.В.** Поиск и обнаружение естественных нефтепроявлений в морях России по данным космической радиолокации. Исследование Земли из космоса. 2020. № 5. С. 1–19.
11. **Иванов А.Ю., Потанин М.Ю., Филимонова Н.А., Евтушенко Н.В., Антонюк А.Ю.** Оперативный мониторинг морских акваторий: новые геоинформационные решения и интернет технологии. Земля из космоса. 2014. № 2(18). С. 28–36.
12. **Иванов А.Ю., Хлебников Д.В., Коновалов Б.В., Евтушенко Н.В., Терлеева Н.В.** Особенности отображения выносов рек в Черном море в данных дистанционного зондирования. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2018. Т. 15. № 5. С. 191–202.
13. **Кучейко А.А., Иванов А.Ю., Григорьев Н.С., Ушков Д.А., Н.В. Терлеева.** Канализационные выбросы в прибрежной зоне Черного моря: наблюдение и дистанционный контроль из космоса. Экология и промышленность России. 2019. Т. 23. № 12. С. 54–60.
14. **Zavialov I., Osadchikov A., Sedakov R., Barnier B., Molines J.-M., Belokopytov V.** Water exchange between the Sea of Azov and the Black Sea through the Kerch Strait. Ocean Science. 2020. 16. P. 15–30.
15. **Кудрик И.Д., Портной В.С.** Негативные антропогенные факторы, влияющие на состояние экосистемы Керченского пролива. Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. 2013. № 27. С. 271–275.
3. **Besprezentno** krupnye sudovye razlivy v rossiiskikh vodakh Chernogo morya. SCANEX, 2017. [Elektronnyi resurs]. URL: <http://www.scanex.ru/company/news/sudovye-razlivy-v-rossiyskikh-vodakh-chernogo-morya/> (data obrashcheniya 30.10.2020).
4. **Dnougлубitel'nye** raboty u porta Taman' v Kerchenskom predprolive: rezul'taty nablyudeniya iz kosmosa. SCANEX, 2019. [Elektronnyi resurs]. URL: <http://www.scanex.ru/company/news/dnougлубitel'nye-raboty-u-porta-taman-v-kerchenskom-predprolive-rezultaty-nablyudeniya-iz-kosmosa/> (data obrashcheniya 30.10.2020).
5. **U Krymskogo** mosta obnaruzheny pyatna plenochnykh zagryaznenii. SCANEX, 2019. [Elektronnyi resurs]. URL: <http://www.scanex.ru/company/news/u-krymskogo-mosta-obnaruzheny-pyatna-plenochnykh-zagryazneniy/> (data obrashcheniya 30.10.2020).
6. **V 2019 g.** zafiksirovana tendentsiya k uvelicheniyu plenochnymi zagryazneniyami Kerchenskogo proлива. SCANEX, 2019. [Elektronnyi resurs]. URL: <http://scanex.ru/company/news/v-2019-godu-zafiksirovana-tendentsiya-k-uvlicheniyu-plenochnymi-zagryazneniyami-kerchenskogo-proлива/> (data obrashcheniya 30.10.2020).
7. **Ivanov A.Yu., Zatyagalova V.V.** Kartografirovaniye plenochnykh zagryaznenii morya s ispol'zovaniem kosmicheskoi radiolokatsii i geograficheskikh informatsionnykh sistem. Issledovanie Zemli iz kosmosa. 2007. № 6. С. 46–63.
8. **Ivanov A.Yu., Kucheiko A.A., Filimonova N.A., Kucheiko A.Yu., Evtushenko N.V., Terleeva N.V., Uskova A.A.** Prostranstvenno-vremennoye raspredeleniye plenochnykh zagryaznenii v Chernom i Kaspiiskom moryakh po dannym kosmicheskoi radiolokatsii: sravnitel'nyi analiz. Issledovanie Zemli iz kosmosa. 2017. № 2. S. 13–25.
9. **Ivanov A.Yu., Matrosova E.R.** Tekhnogennaya grifonnaya aktivnost' v severo-zapadnoi chasti Chernogo morya po dannym s'emok iz kosmosa. Ekologiya i promyshlennost' Rossii. 2019. T. 23. № 8. S. 57–63.
10. **Ivanov A.Yu., Matrosova E.R., Kucheiko A.Yu., Filimonova N.A., Evtushenko N.V., Terleeva N.V., Libina N.V.** Poisk i obnaruzheniye estestvennykh nefteproyavlenii v moryakh Rossii po dannym kosmicheskoi radiolokatsii. Issledovanie Zemli iz kosmosa. 2020. № 5. S. 1–19.
11. **Ivanov A.Yu., Potanin M.Yu., Filimonova N.A., Evtushenko N.V., Antonyuk A.Yu.** Operativnyi monitoring morskikh akvatorii: novye geoinformatsionnye resheniya i internet tekhnologii. Zemlya iz kosmosa. 2014. № 2(18). С. 28–36.
12. **Ivanov A.Yu., Khlebnikov D.V., Kononov B.V., Evtushenko N.V., Terleeva N.V.** Osobennosti otobrazheniya vynosov rek v Chernom more v dannyykh distantsionnogo zondirovaniya. Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa. 2018. T. 15. № 5. S. 191–202.
13. **Kucheiko A.A., Ivanov A.Yu., Grigor'ev N.S., Ushkov D.A., N.V. Terleeva.** Kanalizatsionnye vybrosy v pribrezhnoi zone Chernogo morya: nablyudeniye i distantsionnyi kontrol' iz kosmosa. Ekologiya i promyshlennost' Rossii. 2019. T. 23. № 12. S. 54–60.
14. **Zavialov I., Osadchikov A., Sedakov R., Barnier B., Molines J.-M., Belokopytov V.** Water exchange between the Sea of Azov and the Black Sea through the Kerch Strait. Ocean Science. 2020. 16. P. 15–30.
15. **Kudrik I.D., Portnoi V.S.** Negativnyye antropogennyye faktory, vliyayushchie na sostoyaniye ekosistemy Kerchenskogo proлива. Ekologicheskaya bezopasnost' pribrezhnoi i shel'fovoi zon i kompleksnoye ispol'zovanie resursov shel'fa. 2013. № 27. S. 271–275.

А.Ю. Иванов — канд. физ.-мат. наук, вед. науч. сотрудник, Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН (ИО РАН), e-mail: ivanoff@ocean.ru • Д.В. Хлебников — науч. сотрудник, ИО РАН, e-mail: dx@ocean.ru • Б.В. Коновалов — канд. биол. наук, вед. науч. сотрудник, ИО РАН, e-mail: bvkononov@yandex.ru • С.К. Клименко — мл. науч. сотрудник, ИО РАН, e-mail: svetaklime@gmail.com • Н.В. Терлеева — инженер, ИО РАН, e-mail: nadyaD75@mail.ru

A.Yu. Ivanov — Cand. Sci. (Phys.-math.), Leading Research Fellow, Shirshov Institute of Oceanology Russian Academy of Sciences (IO RAS), e-mail: ivanoff@ocean.ru • D.V. Khlebnikov — Research Scientist, IO RAS, e-mail: dx@ocean.ru • B.V. Kononov — Cand. Sci. (Biol.), Leading Research Fellow, IO RAS, e-mail: bvkononov@yandex.ru • S.K. Klimenko — Junior Research Fellow, IO RAS, e-mail: svetaklime@gmail.com • N.V. Terleeva — Engineer, IO RAS, e-mail: nadyaD75@mail.ru