

Научные труды Дальрыбвтуза. 2023. Т. 65, № 3. С. 82–90.
Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University. 2023. Vol. 65, no 3. P. 82–90.

РЫБНОЕ ХОЗЯЙСТВО, АКВАКУЛЬТУРА И ПРОМЫШЛЕННОЕ РЫБОЛОВСТВО

Научная статья

УДК 528.88

DOI: <https://doi.org/10.48612/dalrybvtuz/2023-65-10>

Результаты спутникового радиолокационного мониторинга нефтяных разливов с судов в Татарском проливе Японского моря

Маргарита Олеговна Марченко¹, Роман Сергеевич Бессонов², Вячеслав Анатольевич Дубина³, Ирина Алексеевна Круглик⁴

^{1,2,3,4} Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток, Россия

^{2,3} Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, Владивосток, Россия

¹ rita.marchenko.2001@mail.ru

² roma25brs@mail.ru

Аннотация. По результатам радиолокационной съёмки со спутников Sentinel-1 в 2021 г. выполнена оценка масштабов нефтяного загрязнения с судов в Татарском проливе Японского моря. Рассчитаны основные характеристики обнаруженных нефтяных пятен и представлена карта, демонстрирующая их расположение. Разливы наблюдались с марта по октябрь главным образом в прибрежной пятидесятимильной зоне. Общая площадь зарегистрированных сликов превысила 140 км², максимального – 58 км². Уровень загрязнения нефтью с судов в Татарском проливе оказался выше, чем в исключительной экономической зоне Японии и Корейском проливе.

Ключевые слова: Японское море, Татарский пролив, РСА, Sentinel-1, нефтяное загрязнение

Для цитирования: Марченко М.О., Бессонов Р.С., Дубина В.А., Круглик И.А. Результаты спутникового радиолокационного мониторинга нефтяных разливов с судов в Татарском проливе Японского моря // Научные труды Дальрыбвтуза. 2023 Т. 65, № 3. С. 82–90.

FISHERIES, AQUACULTURE AND INDUSTRIAL FISHERIES

Original article

DOI: <https://doi.org/10.48612/dalrybvtuz/2023-65-10>

Results of satellite monitoring of oil spills from ships of Tatar Strait of the Sea of Japan

Margarita O. Marchenko¹, Roman S. Bessonov², Vyacheslav A. Dubina³, Irina A. Kruglik⁴

^{1,2,3,4} Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Russia

^{2,3} Pacific Oceanological Institute named after V.I. Il'ichev FEB RAS, Vladivostok, Russia

¹ rita.marchenko.2001@mail.ru

² roma25brs@mail.ru

Abstract. Based on the results of radar imagery from Sentinel-1 satellites in 2021, an assessment was made of the extent of oil pollution from ships in the Tatar Strait of the Sea of Japan. The main characteristics of the discovered oil slicks are calculated and a map showing their location is presented. Spills were observed from March to October, mainly in the coastal fifty-mile zone. The total area of registered slicks exceeded 140 km², the maximum area being 58 km². The level of oil pollution from ships in the Tatar Strait was higher than in the exclusive economic zone of Japan and the Korea Strait.

Keywords: Sea of Japan, the Tatar Strait, satellite monitoring, SAR, Sentinel-1, oil pollution

For citation: Marchenko M.O., Bessonov R.S., Dubina V.A., Kruglik I.A. Results of satellite monitoring of oil spills from ships of Tatar Strait of the Sea of Japan. *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University*. 2023;65(3):82–90. (in Russ.).

Введение

Одним из основных источников поступления нефти в Мировой океан являются сбросы нефтесодержащих вод с судов. Количество регистрируемых разливов на основных транспортных путях в большинстве случаев пропорционально плотности судоходства [1]. В Японском море самый интенсивный трафик наблюдается в Корейском проливе и на трассе от него к Сангарскому проливу (рис. 1).

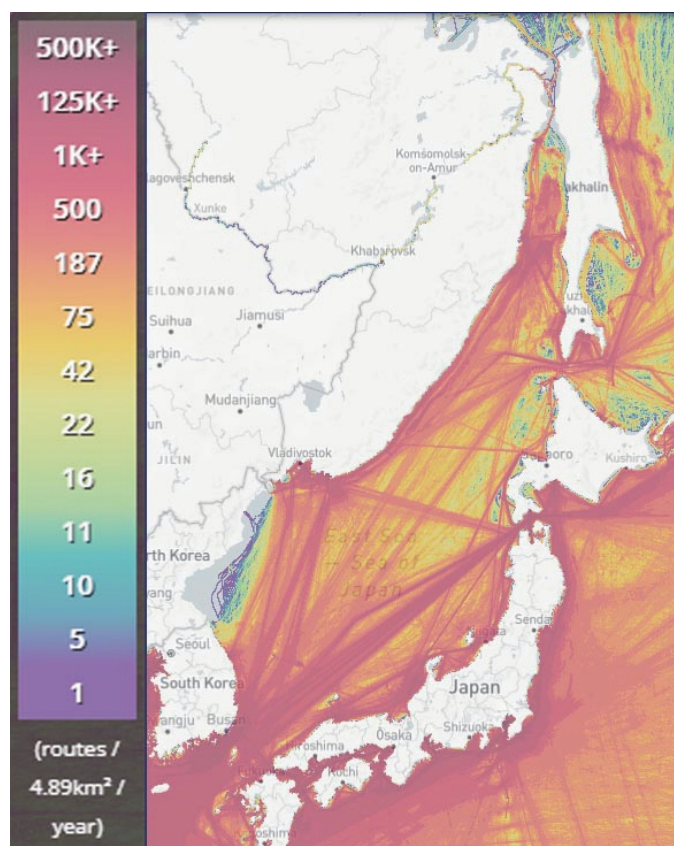


Рис. 1. Трафик судов в Японском море в 2021 г. Данные с сайта <https://www.marinetraffic.com>
 Fig. 1. Ship traffic at the Sea of Japan. Source: <https://www.marinetraffic.com>

В восточной части Татарского пролива расположены три крупных порта – Де-Кастри, Ванино и Советская Гавань, а на западном побережье Сахалина находятся несколько менее крупных портов и терминалов (рис. 2).

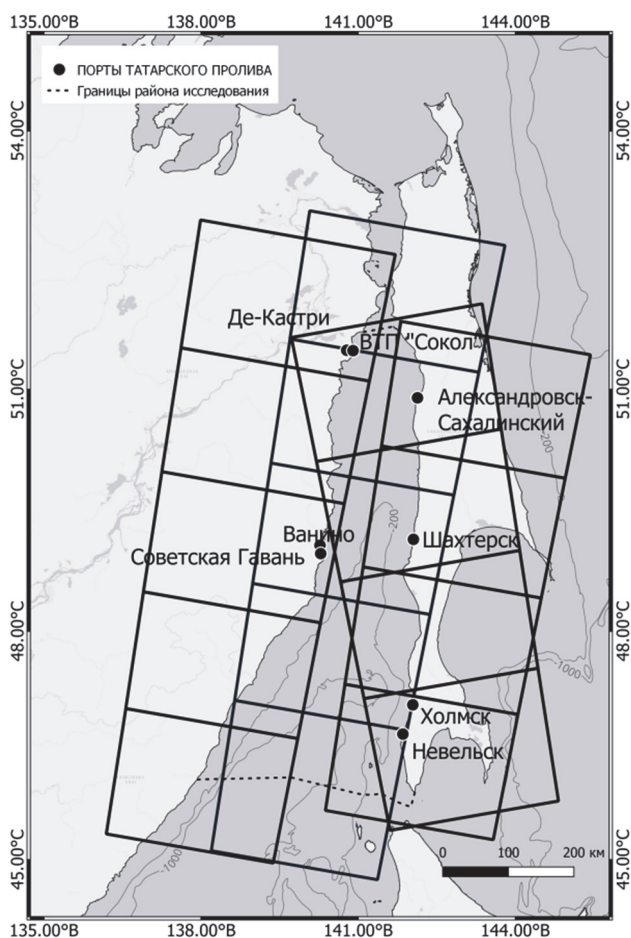


Рис. 2. Расположение портов Татарского пролива и границы стандартных фреймов спутников Sentinel-1, использованных при изучении района исследования
 Fig. 2. Tatar Strait port location and boundaries of the standard frames of Sentinel-1, used during exploration

С 2006 г. в порту Де-Кастри осуществляется погрузка нефти проекта «Сахалин-1» в танкеры класса Large Range 2 наливным способом с использованием выносного точечного нефтеналивного причала «Сокол». Общая пропускная способность портов пролива составляет более 73 тыс. т в год, а их грузооборот растёт с каждым годом [2, 3]. Плотность судоходства в Татарском проливе по масштабу становится соизмерима с трафиком в Корейском проливе. В процессе эксплуатации на судне образуются и накапливаются нефтесодержащие отходы: льяльные воды, шлам (остатки сепарации топлива), грязный балласт и промывочные воды. Международная конвенция МАРПОЛ- 73/78 запрещает сброс этих отходов в особых районах и в прибрежной 50-мильной зоне, а также обязывает оборудовать машинные отделения специальными сепараторами для очистки, которые конструктивно не позволяют сбрасывать льяльные воды с концентрацией нефти более 15 мг/л. Однако опыт авиа- и спутникового мониторинга свидетельствует о систематическом нарушении этих правил. Например, на акватории Балтийского моря в 2021 г. вне пределов исключительной экономической зоны Российской Федерации (здесь мониторинг не ведётся) было зарегистрировано 52 нефтяных слика (<https://helcom.fi/>). Авиатрулирование исключительной экономической зоны Российской Федерации (ИЭЗ) в Японском море не проводится с 1991 г., а спутниковые данные используются не систематически и не в режиме оперативного мониторинга, а в научно-образовательных целях [4–7]. Например, на сайте, созданном под эгидой ООН «Oil spill

monitoring by remote sensing» (<http://cearac.poi.dvo.ru>), размещена пополняемая база изображений нефтяных разливов с судов в районе NOWRAP (большую его часть занимает Японское море), полученных с нескольких спутников. Съёмка поверхности Земли из космоса в видимом диапазоне возможна только днём и при отсутствии облаков, поэтому основу спутникового мониторинга нефтяных сбросов и разливов с судов составляют данные, принимаемые радиолокационными станциями с синтезированной апертурой (РСА). Раньше такие снимки были доступны только на платной основе или в рамках совместных научных проектов с операторами космических аппаратов. Но в 2014 и 2016 гг. были запущены, соответственно, спутники Sentinel-1A и Sentinel-1B, которые оборудованы РСА и находятся под управлением Европейского космического агентства. Изображения с этих аппаратов были доступны до 2022 г. зарегистрированным российским пользователям. Целью работы была оценка масштабов загрязнения с судов в Татарском проливе на основе радиолокационных изображений, полученных со спутников Sentinel-1.

Объекты и методы исследования

В работе были использованы измерения на VV поляризации в режиме Interferometric Wide (IW) в границах 18 фреймов (сцен) на четырёх стандартных треках спутников Sentinel-1 (рис. 2). Ширина полосы съёмки в этом режиме составляет 250 км, а пространственное разрешение – 10 x 10 м. Период съёмки: 1 января – 31 декабря 2021 г. Всего было загружено, обработано и проанализировано 469 изображений.

Яркость радиолокационного изображения зависит от шероховатости морской поверхности, которая в первую очередь определяется скоростью и направлением приводного ветра. Нефтяные пленки гасят гравитационно-капиллярные волны, выглаживая морскую поверхность, что на РЛ-изображении визуализируется в виде темной структуры, которая контрастирует с окружающим фоном.

Идентификация нефтяных разливов затрудняется наличием явлений и процессов, которые имеют схожие радиолокационные сигнатуры. К ним в первую очередь относятся природные плёнки поверхностно-активных веществ (ПАВ) и начальные виды льда (сало). Природные плёнки представляют собой жирные кислоты, образовавшиеся в результате жизнедеятельности морских организмов. Они мономолекулярны и возникают, в основном, в областях конвергенции поверхностных течений. При скорости ветра ≥ 5 м/с плёнки ПАВ разрушаются в отличие от нефтяных, которые сохраняются в зависимости от толщины при скоростях 8–12 м/с.

Для повышения надёжности регистрации, чтобы избежать «ложной тревоги», за нефтяной разлив принимались [6]:

- слики, которые имели форму расширяющегося следа за судном;
- слики, имеющие признаки «старого» следа за судном;
- изолированные тёмные пятна в отсутствие природных плёнок при условии, что скорость приводного ветра в момент съёмки в этом месте превышала 5 м/с.

При таком подходе суммарная площадь загрязнения будет занижена, но никак не завышена.

Результаты и их обсуждение

Использование радиолокационной съёмки для мониторинга нефтяных разливов является эффективным и доступным методом, позволяющим относительно оперативно получать данные о состоянии акватории независимо от времени суток или метеорологических условий. В результате экспертного анализа 469 изображений в Татарском проливе были обнаружены 19 нефтяных разливов (рис. 3), общая площадь которых превысила 140 км² [7].

Самое большое пятно площадью 58,6 км² было обнаружено на снимке от 26 июля 2021 г. к юго-западу от с. Ильинское в 21 миле от берега (рис. 4).

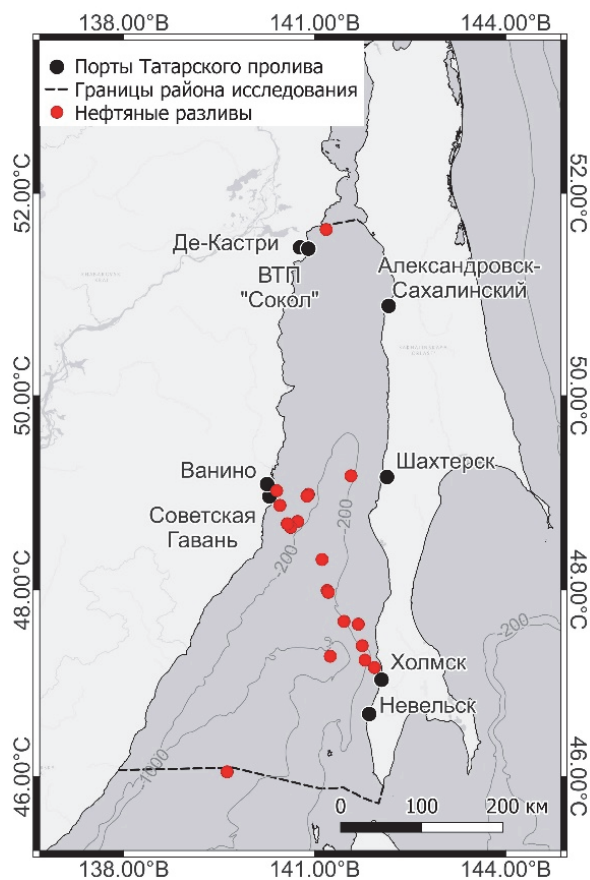


Рис. 3. Местоположение зарегистрированных нефтяных загрязнений (красные точки)
Fig. 3. Map of registered oil spills (red dots)

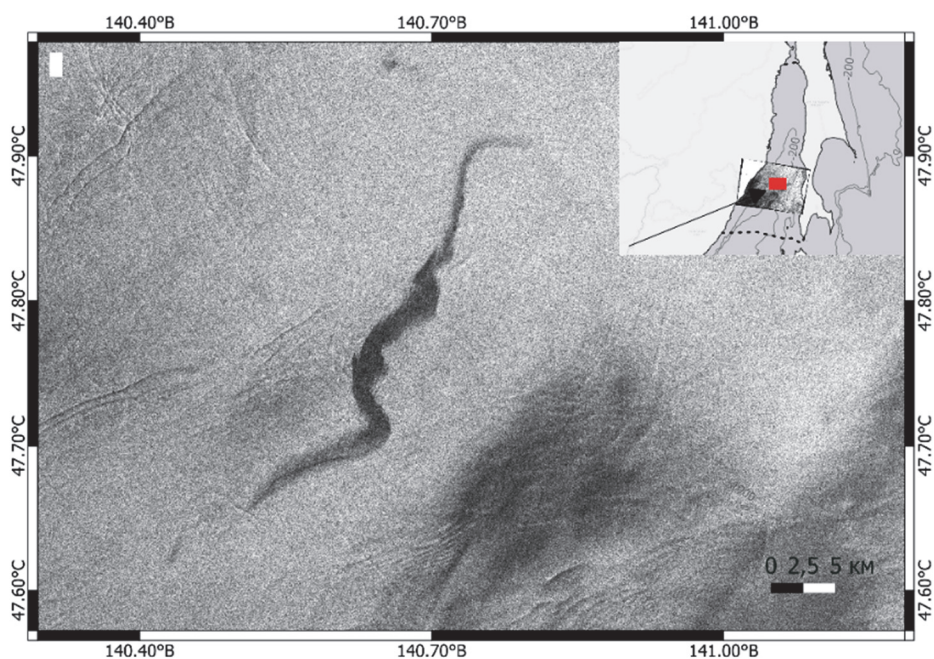


Рис. 4. Нефтяное загрязнение на фрагменте радиолокационного изображения, полученного со спутника Sentinel-1B 26 июля 2021 г. в 20:47 Гр.
Fig. 4. Oil spill. Part of the radiolocation satellite image taken on the 26.07.2021 at 20:47 UTC

На рис. 5 приведён фрагмент РСА-изображения, полученного со спутника Sentinel-1A 26 июля 2021 г. Площадь загрязнения составила 24,77 км², расстояние до ближайшего берега – 0,65 мили. Этот разлив является вторым по площади, но располагается на 10 миль южнее района исследования. Форма слика свидетельствует о том, что под действием ветра он смещается на северо-северо-восток в сторону Татарского пролива. Поэтому этот разлив был внесён в таблицу зарегистрированных пятен. Однако при дальнейшей количественной оценке масштаба нефтяного загрязнения этот слик не учитывался.

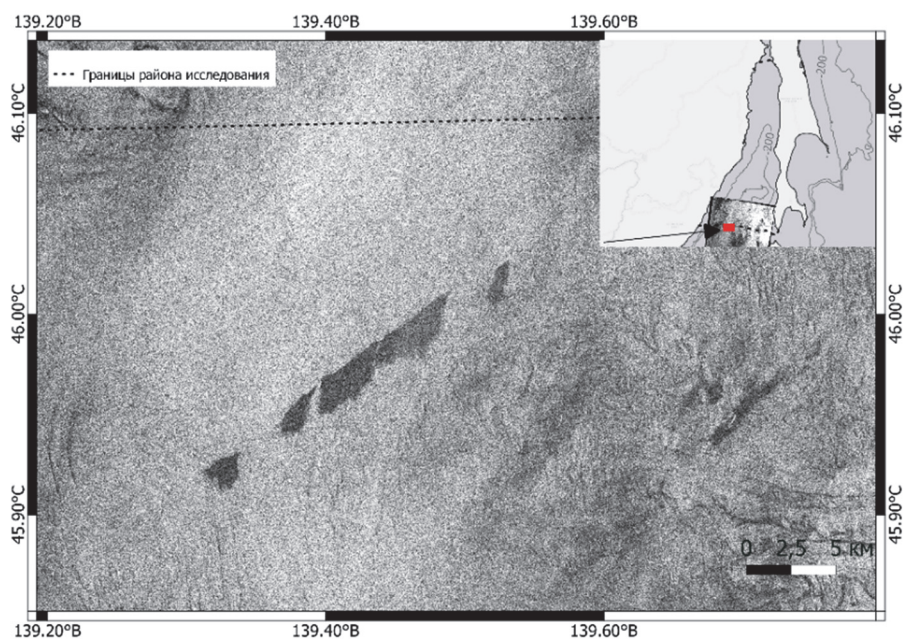


Рис. 5. Нефтяное загрязнение на фрагменте радиолокационного изображения, полученного со спутника Sentinel-1B Sentinel-1B 26 июля 2021 г. в 20:48 Гр.

Fig. 5. Oil spill. Part of the radiolocation satellite image taken on the 26.07.2021 at 20:48 UTC

Для сравнения уровня загрязнения акваторий с разной частотой авиа- или спутникового покрытия рассчитывают «нормализованный коэффициент». При авиапатрулировании общий объём обнаруженной нефти делят на количество полётных часов (<https://helcom.fi/>), а в случае использования спутниковых данных суммарную площадь зарегистрированных разливов делят на общую площадь водной поверхности на спутниковых снимках [8, 9]:

$$d = \frac{\sum_i (S_p)_i}{\sum_i (S_d)_i},$$

где d – доля наблюдаемой площади акватории участка, которая характеризуется плёночным загрязнением; S_p – площадь, отмеченная дешифровщиками как «плёночное загрязнение»; S_d – площадь водной поверхности, подвергшейся дешифрированию.

Суммарная площадь изображений, которые использовались для анализа загрязнения акватории Татарского пролива нефтяными углеводородами, составила 20,9 млн км², общая площадь морской поверхности на этих снимках составила 6,3 млн км². Доля наблюдаемой акватории участка, характеризующая нефтяные загрязнения, равна ~0,000022.

Суммарная площадь зарегистрированных на снимках за период мониторинга нефтяных пятен варьировала в пределах 0,4–58,6 км² (рис. 6). Все разливы были обнаружены на расстоянии в диапазоне 0,65–37,5 морских миль до ближайшего берега, что является нарушением конвенции МАРПОЛ 73/78, запрещающей сброс нефтесодержащих вод в 50-мильной зоне от берега (рис. 7) [10].

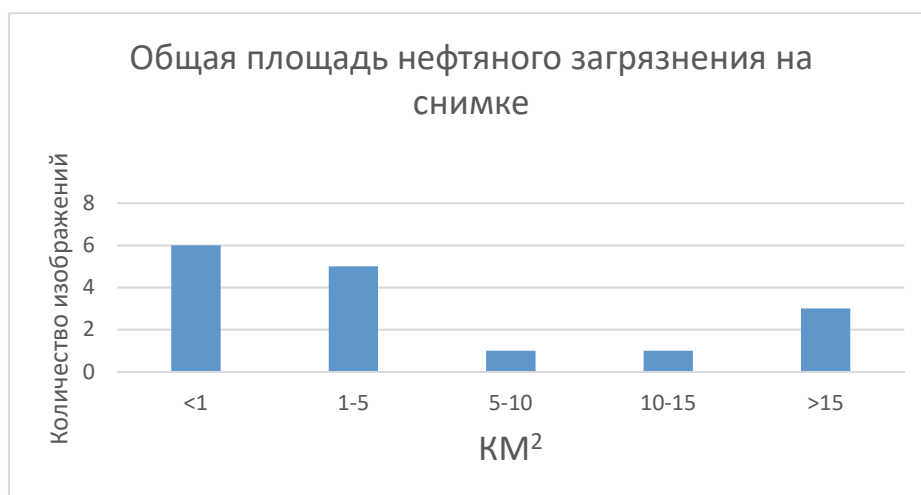


Рис. 6. Общая площадь нефтяного загрязнения на снимке
 Fig. 6. Total area of oil spill on the image



Рис. 7. Расстояние от берега до ближайшего разлива нефти
 Fig. 7. Distance between oil spills and the nearest shore

Заключение

Нефтяные пятна были зарегистрированы с марта по октябрь в центральной и южной частях Татарского пролива. Большая их часть приурочена к судоходной трассе Ванино–Холмск, а в северной части пролива в районе акватории залива Чихачева, где располагается морской порт Де-Кастри и ВТП «Сокол», являющегося также самым безопасным укрытием для судов от шторма, был обнаружен только один нефтяной слик. Общая площадь загрязнения превысила 140 км². Все разливы, кроме одного, находились в прибрежной 50-мильной зоне, что является нарушением конвенции МАРПОЛ 73/78 [10]. Несмотря на то, что количество обнаруженных нефтяных пятен невелико, доля водной поверхности исследуемого района, характеризующаяся нефтяным загрязнением, в Татарском проливе наибольшая (~0,000022) по сравнению с Корейским проливом (~0,000013) [9] и ИЭЗ Японии (~0,0000048) [5]. Связано это в первую очередь с тем, что в Татарском проливе было зарегистрировано несколько крупных нефтяных разливов, площадь наибольшего из которых превысила 58 км². Полученные результаты представляют собой «опорные значения» для дальнейшего мониторинга района исследования и других мест активного судоходства и транспортировки нефти в Японском море.

Список источников

1. Ferraro G., Meyer-Roux S., Muellenhoff O., Pavliha M., Svetak J., Tarchi D., Topouzelis K. Long term monitoring of oil spills in European seas // Intern. J. of Remote Sensing. Vol. 30, No 3. P. 627–645.
2. Официальный сайт администрации морских портов России [Электронный ресурс]. URL: <https://www.rosmorport.ru> (дата обращения: 15.03.2023).
3. Официальный сайт администрации морских портов Охотского моря и Татарского пролива [Электронный ресурс]. URL: <http://ampvanino.ru/> (дата обращения: 15.03.2023).
4. Дубина В.А., Чернеева, И.А., Бессонов Р.С., Круглик И.А., Азмухаметова Л.М. Спутниковый мониторинг нефтяного загрязнения с судов в Японском море // Морские технологии: проблемы и решения – 2021: материалы Нац. науч.-практ. конф., Керчь, 19–30 апреля, 2021. С. 234–237.
5. Бессонов Р.С., Дубина В.А., Круглик И.А. Результаты спутникового мониторинга нефтяных разливов с судов в исключительной экономической зоне Японии // Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана: материалы VII Междунар. науч.-техн. конф. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2022. С. 31–36.
6. Колесникова А.С., Дубина В.А., Круглик И.А., Руденко О.Н. Спутниковый радиолокационный мониторинг шельфа острова Сахалин // Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана: материалы VII Междунар. науч.-техн. конф. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2022. С. 108–112. ISBN: 978-5-88871-757-8.
7. Марченко М.О., Бессонов Р.С., Дубина В.А. Мониторинг нефтяных разливов с судов в Татарском проливе в 2021 г. // Комплексные исследования в рыбохозяйственной отрасли: материалы VIII Междунар. науч.-техн. конф. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2023. С. 181–186.
8. Замшин В.В., Матросова Е.Р., Ходаева В.Н., Чверткова О.И. Количественный подход к исследованию пленочных загрязнений морской поверхности по космическим изображениям // Морской гидрофизический журнал. 2021. Т. 37, № 5. С. 610–622.
9. Roman Bessonov, Vyacheslav Dubina, Irina Cherneeva, Irina Kruglik. Results of satellite monitoring of oil spills from ships in the Korea Strait // Proc. 2022 International Conference on Ocean Studies (ICOS 2022), 05–07 October 2022, Vladivostok. P. 118–121. DOI: 10.1109/ICOS55803.2022.10033354.
10. Международная конвенция по предотвращению загрязнения с судов «МАРПОЛ 73/78» от 2 октября 1983 г. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/901764502> (дата обращения: 15.03.2023).

References

1. Ferraro G., Meyer-Roux S., Muellenhoff O., Pavliha M., Svetak J., Tarchi D., Topouzelis K. Long term monitoring of oil spills in European seas // Intern. J. of Remote Sensing. Vol. 30, No 3. P. 627–645
2. RosMorPort Official Website [Electronic resource]. URL: <https://www.rosmorport.ru> (accessed on: 15.03.2023).
3. Administration of Seaports of the Sea of Okhotsk and the Tatar Strait Official Website [Electronic resource]. URL: <http://ampvanino.ru/> (accessed on: 15.03.2023).
4. Dubina V.A., Cherneeva I.A., Bessonov R.S., Kruglik I.A., Azmukhametova L.M. Satellite monitoring of oil pollution from ships in the Sea of Japan // Proceedings of the National Scientific and Practical Conference "Marine Technologies: Problems and Solutions - 2021", Kerch, 2021. P. 234–237.
5. Bessonov R.S., Dubina V.A., Kruglik I.A. Results of satellite monitoring of oil spills from ships in the exclusive economic zone of Japan // Urgent Problems of the World Ocean Biological Resources Development: Conf. Proceedings. Vladivostok: Far Eastern State Technical Fisheries University, 2022. P 31–36.

6. Kolesnikova A.S., Dubina V.A., Kruglik I.A., Rudenko O.N. Satellite radar monitoring of the shelf of Sakhalin Island // In the collection: Actual problems of development of biological resources of the World Ocean. Proceedings of the VII International Scientific and Technical Conference. Vladivostok, 2022. P. 108–112. ISBN: 978-5-88871-757-8.

7. Marchenko M.O., Bessonov R.S., Dubina V.A. Satellite radar monitoring of the ship oil pollution of Tatar Strait in 2021 // Comprehensive research in the fishery industry: Conf. Proceedings. Vladivostok: Far Eastern State Technical Fisheries University, 2023. P. 181–186.

8. Zamshin V.V., Matrosova E.R., Khodaeva V.N., Chvertkova O.I. Quantitative Approach to Studying Film Pollution of the Sea Surface Using Satellite Imagery // Marine Hydrophysical Journal. 2021. Vol. 37, № 5. P. 610–622.

9. Roman Bessonov, Vyacheslav Dubina, Irina Cherneeva, Irina Kruglik. Results of satellite monitoring of oil spills from ships in the Korea Strait // Proc. 2022 International Conference on Ocean Studies (ICOS 2022), 05–07 October 2022, Vladivostok. P. 118–121. DOI: 10.1109/ICOS55803.2022.10033354.

10. International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, MARPOL 73/78 [Electronic resource]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/901764502> (accessed on: 15.03.2023).

Информация об авторах

М.О. Марченко – студент группы ЭПб-412, SPIN-код: 2159-7776, AuthorID: 1121929;

Р.С. Бессонов – аспирант, старший инженер лаборатории гидрологических процессов и климата Тихоокеанского океанологического института им. В.И. Ильичева ДВО РАН, SPIN-код: 5874-8040, AuthorID: 1122533;

В.А. Дубина – кандидат географических наук, доцент, заведующий лабораторией гидрологических процессов и климата Тихоокеанского океанологического института им. В.И. Ильичева ДВО РАН, SPIN-код: 7135-9553, AuthorID: 129445;

И.А. Круглик – кандидат биологических наук, заместитель директора института рыболовства и аквакультуры по учебной работе, AuthorID: 90639.

Information about the authors

M.O. Marchenko – 4th year ecology student, SPIN-code: 2159-7776, AuthorID: 1121929;

R.S. Bessonov – Postgraduate Student, Senior Engineer of the Hydrological Processes and Climate Laboratory of the V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute of the Far Eastern Branch of RAS, SPIN-code: 5874-8040, AuthorID: 1122533;

V.A. Dubina – PhD in Geography, Associate Professor, Head of the Hydrological Processes and Climate Laboratory of the V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute of the Far Eastern Branch of RAS, SPIN-code: 7135-9553, AuthorID: 129445;

I.A. Kruglic – PhD in Biology, Deputy Director of Academic Affairs of the Institute of Fisheries and Aquaculture, AuthorID: 90639.

Статья поступила в редакцию 21.06.2023; одобрена после рецензирования 07.09.2023; принята к публикации 28.09.2023.

The article was submitted 21.06.2023; approved after reviewing 07.09.2023; accepted for publication 28.09.2023.