

## **ЗАДАЧИ МОНИТОРИНГА ШЕЛЬФОВОЙ ЗОНЫ САХАЛИНА ПО ДАННЫМ КОСМИЧЕСКИХ СЪЕМОК**

### ***Вячеслав Анатольевич Мелкий***

Институт морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения Российской академии наук, 693022, Россия, г. Южно-Сахалинск, ул. Науки, 1Б, доктор технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории вулканологии и вулканопасности, тел. (984)139-70-77, e-mail: vamelkiy@mail.ru

### ***Владимир Михайлович Пищальник***

Сахалинский государственный университет, 693008, Россия, г. Южно-Сахалинск, ул. Ленина, 290, доктор технических наук, зав. научно-исследовательской лабораторией дистанционного зондирования Земли (ЮСНИС) СахГУ и РАН, тел. (924)280-82-44, e-mail: vpishchalnik@rambler.ru

### ***Валерий Анатольевич Романюк***

ООО «РН-СахалинНИПИморнефть», 693000, Россия, г. Южно-Сахалинск, ул. Амурская, 53, кандидат технических наук, руководитель группы ледовых технологий, тел. (914)755-37-35, e-mail: varomanyuk2020@gmail.com

### ***Алексей Александрович Верхотуров***

Институт морской геологии и геофизики Дальневосточного отделения Российской академии наук, 693022, Россия, г. Южно-Сахалинск, ул. Науки, 1Б, кандидат технических наук, старший научный сотрудник Центра коллективного пользования, тел. (914)760-68-87, e-mail: ussr-91@mail.ru

Цель стратегии РФ в освоении дальневосточных и арктических морей – активное, качественно новое промышленное, инфраструктурное и социальное развитие Севера и Востока. Арктический шельф России – основной резерв ресурсов нефти и газа, который принадлежит к числу уникальных районов мира, по запасам углеводородного сырья. Задачи политики добывающих предприятий направлены на прирост запасов шельфовых месторождений, внедрение новейших техники и технологий при их освоении, формирование инфраструктуры, способной обеспечить бесперебойную и безаварийную работу добывающих комплексов и транспортировку продукции. Необходимо создать цифровую платформу для обеспечения безопасной работы на шельфе, аккумулирующую данные спутниковых съемок объектов транспортной инфраструктуры, для осуществления мониторинга гидрометеорологической, ледовой и навигационной обстановки в акваториях Дальневосточных морей и Северного морского пути (СМП) для навигационно-гидрографического обеспечения движения судов, а также ледокольных проводок. Система должна поддерживать прокладку судовых навигационных маршрутов транспортных судов и ледокольного флота с учетом навигационной и ледовой обстановки в указанной акватории, организацию поисково-спасательных работ, ликвидацию последствий аварийных разливов, загрязнения с судов вредными веществами или мусором.

**Ключевые слова:** космические снимки, мониторинг гидрометеорологической обстановки, ледяной покров, безопасность мореплавания

## **TASKS OF MONITORING THE SAKHALIN SHELF ZONE BY DATA'S SATELLITE SURVEYS**

### ***Vyacheslav A. Melkiy***

Institute of Marine Geology and Geophysics of the Far Eastern branch of the Russian Academy of Sciences, 1B, Nauki St., Yuzhno-Sakhalinsk, 693022, Russia, D. Sc., Leading Researcher, Laboratory of Volcanology and Volcanic Hazards, phone: (984)139-70-77, e-mail: vamelkiy@mail.ru

### ***Vladimir M. Pishchalnik***

Sakhalin State University, 290 Lenina St., Yuzhno-Sakhalinsk, 693008, Russia, D. Sc., Head of the Research Laboratory of Remote Sensing of the Earth (USNIS), SakhSU and RAS, phone: (924)280-82-44, e-mail: vpishchalnik@rambler.ru

### ***Valery A. Romanyuk***

LLC "Rosneft-SakhalinNIPImorneft", 693000, Russia, Yuzhno-Sakhalinsk, 53, Amurskaya St., Ph. D., Head of the Ice Technology group, phone: (914)755-37-35, e-mail: varomanyuk2020@gmail.com

### ***Alexey A. Verkhoturov***

Institute of Marine Geology and Geophysics of the Far Eastern branch of the Russian Academy of Sciences, 1B, Nauki St., Yuzhno-Sakhalinsk, 693022, Russia, Ph. D., Senior Researcher, Center of Collective Use, phone: (914)760-68-87, e-mail: ussr-91@mail.ru

The goal of the strategy of the Russian Federation in the development of the Far Eastern's and Arctic seas is an active, qualitatively new industrial, infrastructural and social development of the North and the East. The Arctic shelf of Russia have the main reserve of oil and gas resources, which belongs to the number of unique areas of the world, in terms of hydrocarbon reserves. The objectives of the policy of mining enterprises aimed at increasing the reserves of offshore fields, introducing the latest equipment and technologies in their development, creating an infrastructure that can ensure the smooth and trouble-free operation of mining complexes and the transportation of products. It is necessary to create a digital platform for ensuring safe operation on the shelf, accumulating data from satellite surveys of transport infrastructure facilities, for monitoring the hydrometeorological, ice and navigation conditions in the waters of the Far Eastern Seas and the Northern Sea Route (NSR) for navigation and hydrographic support of ship traffic, as well as icebreaker assistances. The system should support the laying of ship navigation routes of transport vessels and icebreaking fleets, taking into account the navigation and ice conditions in the specified water area, the organization of search and rescue operations, elimination of the consequences of emergency spills, pollution from ships with harmful substances or garbage.

**Keywords:** satellite images, monitoring of the hydrometeorological situation, ice cover, safety of navigation

## ***Введение***

Стратегия Российской Федерации в освоении дальневосточных и арктических морей нацелена на высокотехнологичное промышленное, инфраструктурное и социальное развитие Севера и Востока. Арктический шельф России – основной резерв ресурсов углеводородного сырья. Задачи политики добывающих предприятий направлены на прирост запасов шельфовых месторождений, внедрение новейших техники и технологий при их освоении, формирование инфра-

структуры, способной обеспечить бесперебойную и безаварийную работу добывающих комплексов и транспортировку продукции [1]. В целях обеспечения безопасной работы на шельфе необходимо создать цифровую платформу, аккумулирующую данные спутниковых съемок объектов транспортной инфраструктуры, для осуществления мониторинга гидрометеорологической, ледовой и навигационной обстановки в акваториях Дальневосточных морей и Северного морского пути (СМП) для навигационно-гидрографического обеспечения движения судов, а также ледокольных проводок.

### ***Методы и материалы***

В качестве материалов дистанционного зондирования для изучения возможностей использования спутниковых съемок для обеспечения бесперебойной и безаварийной работы добывающих комплексов и транспортировки продукции были отобраны снимки шельфовой зоны Охотского моря, выполненные со спутников Terra, Sentinel-2A, Landsat. Изучение изображений выполнялось с помощью как визуального, так и автоматизированного дешифрирования. Основная задача – выявление на изображениях, дешифровочных признаков проявлений природных процессов, которые могут оказывать негативное воздействие на работу производственных комплексов и препятствовать работе транспорта [2–10].

### ***Результаты***

Формирование цифровой платформы для обеспечения безопасной работы на шельфе, аккумулирующую данные спутниковых съемок объектов транспортной инфраструктуры в Дальневосточных морях и на всем протяжении Северного морского пути. На шельфе Сахалина необходимо обеспечить информацией формирующийся глобальный транспортно-логистический узел, который планируется создавать в 2 этапа [11].

Сначала (до 2025 г.) существующая транспортная инфраструктура острова должна быть подготовлена для международных морских перевозок, для которых следует увеличить мощности порта Корсаков (площадь не менее 30 га), количество погрузочных кранов, увеличить глубину у причальной стенки до 12–13 м. В это же время необходимо сформировать контейнерную площадку с большой причальной стенкой (до 800 м). Кроме развития порта Корсаков следует развивать инфраструктуру портов г. Шахтерск, Холмск, Поронайск и построить новый порт в районе пос. Набилы для обслуживания шельфовых буровых платформ. Доставку грузов для строительства планируют поставлять через расширенную инфраструктуру паромного сообщения «Ванино – Холмск».

К завершению начального этапа сахалинская инфраструктура должна обеспечить перевозку потока товаров из Японии в Европу через порты Дальнего Востока на Транссибирскую железную дорогу.

На втором этапе (до 2035 г.) планируется создание транспортного узла мирового уровня. Для этого строится порт площадью 70–80 га, с наличием суперкранов и глубиной у причалов не менее 18 м при условии осуществления перевалки грузов СМП.

Для надежного сухопутного транспортного коридора «Япония – Европа» следует построить железнодорожную линию с материка на остров Сахалин с мостовым переходом через пролив Невельского [12–14].

Для информационного обеспечения транспортной системы потребуется создание специальной инфраструктуры: информационно-аналитического центра, региональной навигационной информационной системы, цифровой платформа мониторинга транспортной сети. Потребуется интенсивное внедрение методик и технологий оперативной обработки космической информации о состоянии объектов и процессов в шельфовой зоне.

В статье мы ограничились изучением спектральных особенностей доступных изображений акватории сахалинского шельфа и прилегающих морей. Посредством визуального дешифрирования выделены проявления гидрометеорологических, ледовых, морфолитодинамических процессов, которые оказывают влияние на добычные комплексы и расположены на пути следования судов, которыми разрабатываются не один десяток лет [15–20] (рис. 1). В процессе исследований определены требования к видам, спектральным диапазонам съемки и разрешающей способности изображений (таблица).

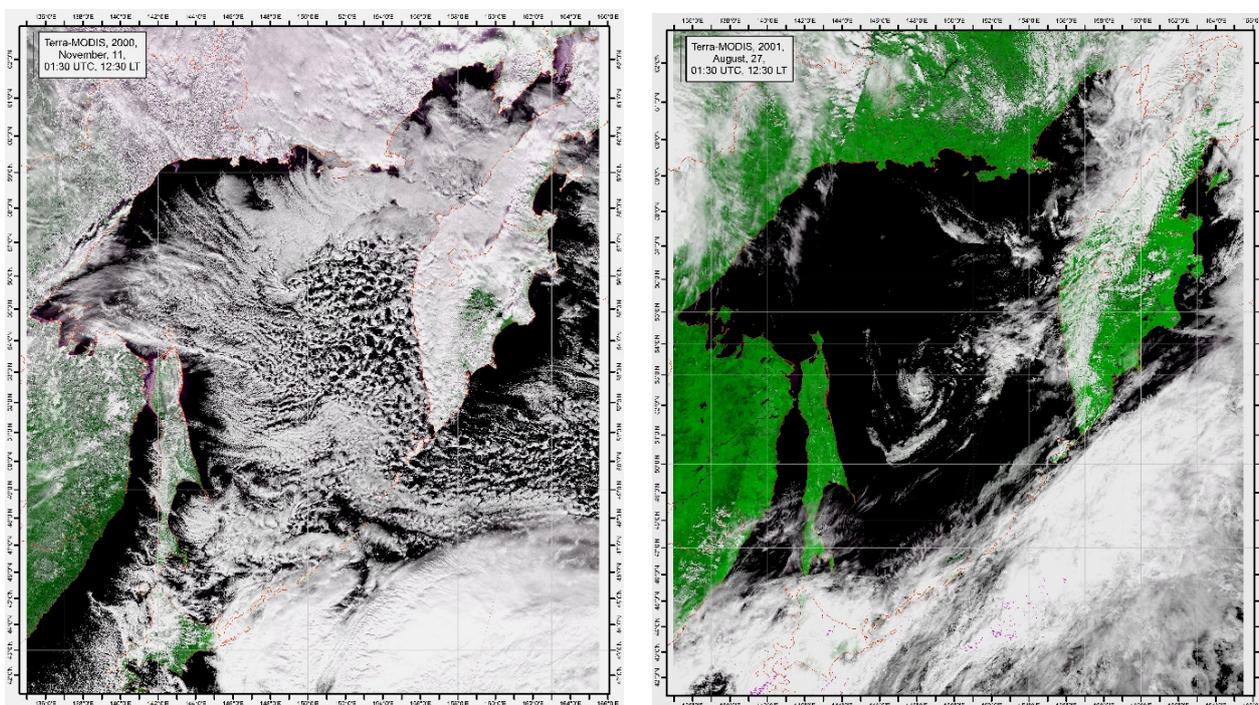


Рис. 1. Карты ледовой ситуации в Охотском море по данным TERRA

**Виды дистанционного зондирования, рекомендуемые для выявления природных и техногенных объектов и процессов в шельфовой зоне**

№ п. п.	Объекты и процессы	Рекомендуемые виды съемки		
		Виды ДЗ	Спектральный диапазон, мкм (см для РЛС)	Система / (разрешение)
	<b>Океанографические</b>			
1	- температура поверхности вод	ИК	3,5–5,0; 8–14	1000 (Т)
2	- соленость	МЗС, СВЧ	0,4–0,6; 1 мм–1 м	170–500; 30; 15 (Т, Л, С)
3	- цвет	МЗС	0,4–1,1	30; 5–15 (Л, С, К)
4	- ледяной покров	МЗВ, МЗГ, ЧБ, РЛ	0,5–0,9	30; 5–15; 1 (А, Б, Т, Л, С, К)
5	- береговая линия	ЧБ, МЗГ, СЗ	0,7–1,1	170; 30; 5–15 (Т, Л, С, К)
	<b>Морфолитодинамические</b>			
6	- перемещение твердых приповерхностных наносов	МЗБ, МЗВ, РЛ, ЧБ, СЗ	0,4–0,7	250; 30; 5–15 (Л, С, К)
7	- донные аллювиально-морские	МЗБ, МЗВ, ЧБ, СЗ	0,5–0,7	5–15; 1 (Л, С, К)
8	- ледовая обстановка (льдины, стамухи, припай)	МЗВ, МЗГ, СВЧ, ЧБ, РЛ	0,4–1,1; 1 мм–1 м	30; 5–15; 1 (Т, Л, С, К)
	<b>Водные биоценозы</b>			
	- фитопланктон	МЗС, МЗА, МЗБ, МЗВ, СЗ	0,4–0,7	250; 30; 5–15 (Т, Л, С, К)
	- подводная растительность	МЗБ, МЗВ, СЗ, ЧБ	0,5–0,7	1–15; (А, Б, Л, С, К)
	- косяки рыб	МЗБ, МЗВ, СЗ, ЧБ	0,5–0,7	1–15; (А, Б, Л, С, К)
	- морской зверь	МЗБ, МЗВ, СЗ, ЧБ	0,5–0,7	1–10; (А, Б, Л, С, К)
	<b>Техногенные</b>			
9	- портовые сооружения, морские буровые платформы, суда	МЗБ, МЗВ, ЧБ, СВЧ, РЛ	0,4–1,1; 1 мм–1 м	30; 5–15; 1 (А, Б, Л, С, К)
10	- загрязнение поверхности вод нефтепродуктами и ПАВ	ЛФ, ИК, МЗС, ЧБ, СВЧ	0,3–0,4; 0,4–0,7 / 8–14	170; 30; 5–15; 1 (Б, Л, С, К)

*Примечания:* ЧБ – черно-белые интегральные; Ц – цветные; СЗ – спектрзональные; МЗ – многозональные, в т. ч.: МЗС – цветные синтезированные; черно-белые узкозональные в разных диапазонах: МЗА – 0,4–0,5, МЗБ – 0,5–0,6, МЗВ – 0,6–0,7, МЗГ – 0,7–0,9; ИК – тепловые снимки в инфракрасном и тепловом диапазонах; РЛ – радиолокационные снимки; ТВ – материалы телевизионной съемки; СВЧ – материалы радиометрической съемки; ЛФ – материалы лазерной флюоресцентной съемки. Системы ДЗЗ: (К) – снимки «Канопус»; (Л) – «Landsat» (Ландсат); (Т) – «Терра» Терра; (Б) – беспилотные летательные аппараты; (А) – аэрофото-съемка; (С) – «Sentinel» (Сентинел).

Материалы дистанционного зондирования должны отбираться таким образом, чтобы обеспечить решение задач мониторинга гидрометеорологической, ледовой и навигационной обстановки в акватории дальневосточных морей и Северного морского пути (СМП), информационного обеспечения безопасного плавания судов с учетом гидрометеорологической, ледовой и навигационной обстановки и осуществления ледокольной проводки (рис. 2), поддержки операций по ликвидации последствий загрязнения с судов опасными и вредными веществами, сточными водами или мусором.

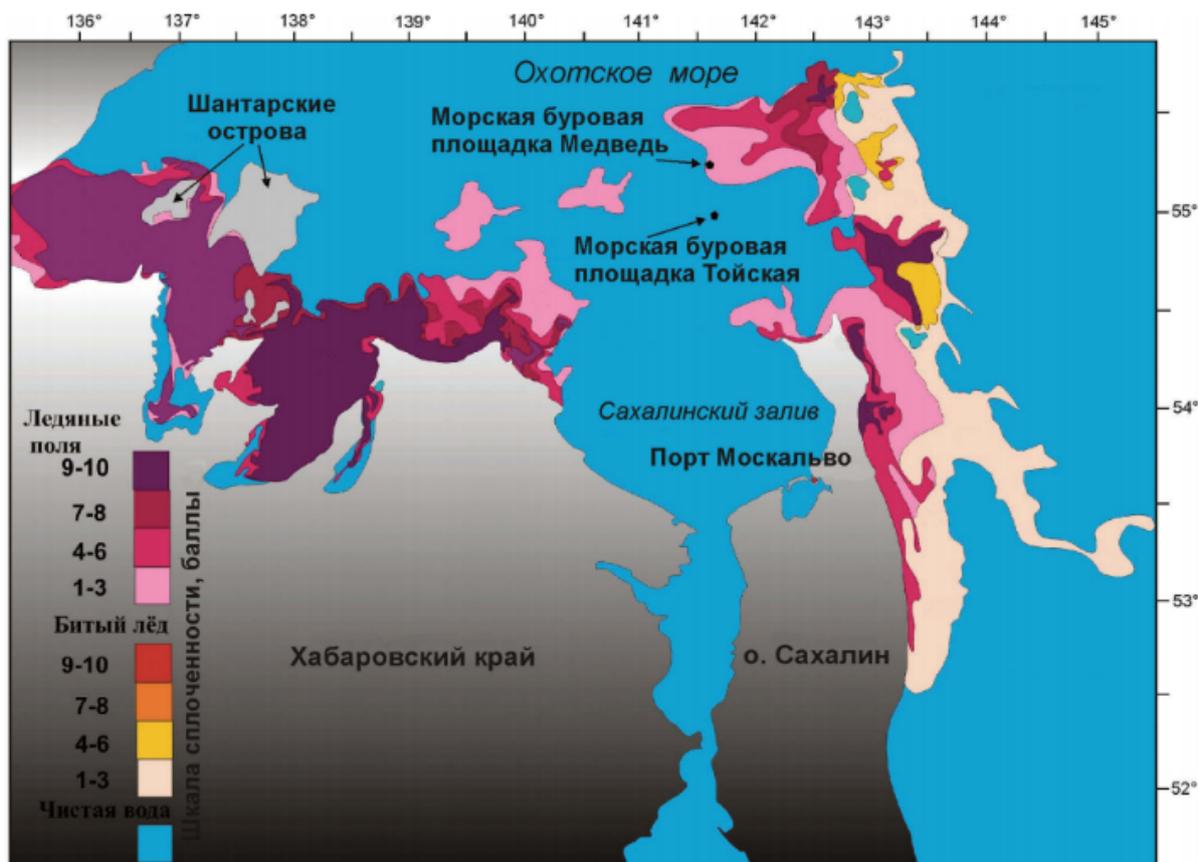


Рис. 2. Карта сплочённости дрейфующего льда, построенная по результатам анализа космического изображения TERRA (MODIS) и данных наблюдений за ледяным покровом. Подготовлена В. С. Тамбовским [21]

### Обсуждение

Создаваемая цифровая платформа должна обеспечивать информацией ведение проектов с использованием строительного информационного моделирования (BIM) поддерживать прокладку судовых навигационных маршрутов транспортных судов и ледокольного флота с учетом навигационной и ледовой обстановки в указанной акватории, организацию поисково-спасательных работ, ликвидацию последствий аварийных разливов, загрязнения с судов вредными веществами или мусором.

## Заключение

Идея настоящего исследования – определение основных задач, которые необходимо решать в кратчайшие сроки с целью создания цифровой платформы, аккумулирующей данные спутниковых съемок о состоянии объектов и процессов в шельфовой зоне, предназначенной для обеспечения безопасной работы транспортной инфраструктуры. Определены задачи и системы дистанционного зондирования, способствующие их решению.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Инновационные факторы в освоении арктического импортозамещения : кол. монография / А. Н. Виноградов, Е. С. Горячевская, А. А. Козлов, А. М. Фадеев, В. А. Цукерман / под науч. ред. В. А. Цукермана. – Апатиты : Издательство ФИЦ КНЦ РАН. – 2019. – 80 с.
2. Геоэкологическое картографирование: Учебник для студентов высших учебных заведений / Б. И. Кочуров, Д. Ю. Шишкина, А. В. Антипова, С. К. Костовска. – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 192 с.
3. Ефремкин И. М., Иванюкович Г. А., Снопина Е. М. Экогеологический мониторинг в сфере недропользования на шельфе // Вестник Санкт-Петербургского университета. Сер. 7. – 2008. – Вып. 4. – С. 20–30.
4. Иванов В. В., Пищальник В. М. Изучение поверхностных течений на шельфе Сахалина по материалам миссии ТОПЕКС-Посейдон // Исследование Земли из космоса. – 2004. – № 5. – С. 58–68.
5. Лаврова О. Ю., Митягина М. И., Костяной А. Г. Спутниковые методы выявления и мониторинга зон экологического риска морских акваторий. – М.: ИКИ РАН. – 2016. – 334 с.
6. Малышев Ю. С., Полюшкин Ю. В. Оценка состояния экосистем – ключевое звено экологического мониторинга // География и природные ресурсы. – 1998. – № 1. – С. 35–42.
7. Опекунов А. Ю., Холмянский М. А. Актуальные направления геоэкологических исследований на шельфе // Разведка и охрана недр. – 2000. – № 12. – С. 66–71.
8. Принципы геоэкологического картографирования прибрежно-шельфовых зон на базе использования материалов дистанционного зондирования / И. Г. Авенариус, Е. П. Сорокина, Л. А. Львова, Т. Ю. Репкина, А. Д. Шакин // Концептуальные проблемы геоэкологического изучения шельфа / Отв. ред. А. Ю. Опекунов. – СПб, СПбГУ. – 2000. – С. 69–77.
9. Функционирование экосистемы мелководной зоны северо-западной части Черного моря в районах дампинга грунтов / Л. А. Виноградова, В. Н. Васильева, Н. В. Дерезюк, Л. Е. Рязанова // Экологические исследования состояния морской среды и приземной атмосферы: Тр. ГОИ. – М.: Гидрометеиздат, 1992. – Вып. 203. – С. 113–130.
10. Экологический мониторинг : учебник для вузов / А. П. Хаустов, М. М. Редина. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Юрайт, 2020. – 543 с. – Текст : электронный // ЭБС Юрайт [Электронный ресурс]. – Доступно на: <https://urait.ru/bcode/450199> (дата обращения: 04.05.2021).
11. Стратегия социально-экономического развития Сахалинской области на период до 2035 года // Официальный сайт Губернатора и Правительства Сахалинской области [Электронный ресурс]. Доступно на : <https://sakhalin.gov.ru/index.php?id=139> (дата обращения: 08.05.2021).
12. Карпик А. П., Аврунев Е. И., Адам А. М., Мелкий В. А., Бакулина А. А. Проектирование комбинированной GNSS-сети для геодезического обеспечения строительства мостового перехода «Материк–Сахалин» // Нефтегазовый комплекс: проблемы и решения: материалы Третьей национальной научно-практической конференции с международным участием: научное издание. – Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2021. – 108 с. – ISBN 978-5-6044483-0-4. – DOI: 10.30730/978-5-6044483-0-4.2021-1.

13. Мелкий В. А., Братков В. В., Верхотуров А. А. Геологические и геоморфологические предпосылки выбора места транспортного перехода «Материк – Сахалин» // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2020. – Т. 331. – № 1. – С. 158-170. DOI: 10.18799/24131830/2020/1/2457.

14. Мелкий В. А., Верхотуров А. А., Пищальник В. М., Братков В. В. Климатические и гидрологические факторы, действующие в районе створа для строительства моста «Сахалин – Материк» // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2020. – Т. 331. – № 9. – С. 108–121. DOI: 10.18799/24131830/2020/9/2813.

15. Аврунев Е. И., Уставич Г. А., Грекова А. О., Никонов А. В., Мелкий В. А., Долгополов Д. В. Технологические решения в области обеспечения геопространственной информации о магистральных трубопроводах и объектах их инфраструктуры // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2020. – Т. 331. – № 7. – С. 188–201.

16. Использование спутниковой информации для характеристики фитопланктона в водах Охотского моря / О. В. Зенкин, А. В. Леонов, В. М. Пищальник, С. А. Покрашенко // Водные ресурсы. – 2009. – Т. 36. – № 4. – С. 488–499.

17. Математическое моделирование условий функционирования экосистемы Татарского пролива : Монография Сер. Монографии ученых Сахалинского государственного университета / В. М. Пищальник, А. В. Леонов, В. С. Архипкин, В. А. Мелкий. – Южно-Сахалинск, СахГУ. – 2011. – 104 с.

18. Строева А. А., Мелкий В. А., Верхотуров А. А. Исследование состояния вод шельфовой зоны Сахалина по данным дистанционного зондирования // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М. К. Аммосова. Серия: Науки о Земле. – 2019. – № 3 (15). – С. 61–70.

19. Analysis of the conditions in the formation of open water spaces behind offshore platforms for the elimination of oil spills / V. M. Pishchal'nik, P. A. Truskov, S. V. Solomatin, V. A. Romanuk, A. V. Leonov // Journal of Oceanological Research. – 2019. – V. 47. – No 4. – P. 88–105. DOI: 10.29006/1564-2291.JOR-2019.47(4).6.

20. Leonov A. V., Pishchal'nik V. M., Petukhov V. I., Chicherina O. V. Oil hydrocarbons in shelf waters of the eastern part of the Sakhalin Island: their inputs, transformations and contents // Journal of Oceanological Research. 2019. – V. 47. – No 1. – P. 174-197. DOI: 10.29006/1564-2291.JOR-2019.47(1).46.

21. Тамбовский В. С., Пищальник В. М. Мониторинг состояния ледяного покрова для обеспечения морских операций при поисковом бурении на нефть и газ на северном шельфе о. Сахалин // Лёд и снег. – 2010. – № 3 (111). – С. 89–94.

© В. А. Мелкий, В. М. Пищальник, В. А. Романюк, А. А. Верхотуров, 2021