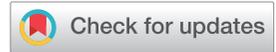


ОРИГИНАЛЬНАЯ НАУЧНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL ARTICLE

УДК 504.064.37

<https://doi.org/10.32454/0016-7762-2025-67-1-95-104>EDN: [SERDOM](#)

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ МУТНОСТИ ВОД АВАЧИНСКОЙ БУХТЫ

А.И. КОРОЛЬКОВА, А.А. ИВАНОВ*

ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе»
23, ул. Миклухо-Маклая, г. Москва 117997, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. Оценка пространственного распределения взвешенных веществ является одной из ключевых задач для мониторинга экологического состояния акваторий. Избыточное содержание органических частиц, минералов и мелкой взвеси, находящихся в толще воды, может оказать негативное воздействие на экосистемы, снижая прозрачность воды и тем самым ухудшая условия для процесса фотосинтеза.

Цель исследования. Определение мутности морских вод и пространственного распределения взвешенных веществ в прибрежной части акватории Авачинской бухты с помощью дистанционных методов исследования.

Материалы и методы. Для мониторинга морской среды активно используются методы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Методы дистанционного зондирования позволяют эффективно определять ключевые параметры, такие как уровень мутности, содержание хлорофилла, температура воды на поверхности и т.п. Современные спутниковые системы, такие как Sentinel-2, дают возможность получать мультиспектральные изображения, на основе которых рассчитываются спектральные индексы. В данной работе для оценки качества вод будет использован нормализованный разностный индекс мутности (NDTI).

Результаты. Особую роль в формировании зон с повышенной мутностью играет не только антропогенное воздействие, но и геологическое строение территории. Для Авачинской бухты это также зона влияния Авачинско-Корякской и других групп вулканов. В весенне-летний период, во время активного таяния снегов и дождей, происходит повышенный сток рек Авача и Паратунка, которые несут с собой продукты вулканизма, что увеличивает содержание взвешенных веществ в воде. Проанализировано пространственное распределение нормализованного разностного индекса мутности NDTI и составлены карты, отражающие качество морской воды.

Заключение. Карты пространственного распределения индекса NDTI, построенные за некоторые годы, показали, что основная область повышенной мутности возникает в дельте рек Авача и Паратунка и прибрежных частях Авачинской бухты.

Ключевые слова: взвешенные вещества, дистанционное зондирование, спектральные индексы, состояние морских вод

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Для цитирования: Королькова А.И., Иванов А.А. Применение методов дистанционного зондирования для оценки мутности вод Авачинской бухты. *Известия высших учебных заведений. Геология и разведка.* 2025;67(1):95—104. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2025-67-1-95-104> EDN: [SERDOM](#)

Статья поступила в редакцию 26.12.2024

Принята к публикации 24.03.2025

Опубликована 31.03.2025

* Автор, ответственный за переписку

REMOTE SENSING METHODS FOR WATER QUALITY ANALYSIS IN AVACHA BAY

ALEXANDRA I. KOROLKOVA, ANDREY A. IVANOV*

*Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting
23, Miklukho-Maklaya str., Moscow 117997, Russia*

ABSTRACT

Background. Assessment of the spatial distribution of suspended matter is an essential task in monitoring the ecological state of marine waters. Excessive contents of organic particles, minerals, and fine suspended matter may have a negative impact on ecosystems, reducing water clarity and thereby deteriorating the conditions necessary for photosynthesis.

Aim. To assess the sea water turbidity and the spatial distribution of suspended matter in the coastal part of the Avacha Bay using remote sensing methods.

Materials and methods. Remote sensing methods are widely used to monitor the state of marine environments through various parameters, such as water turbidity, chlorophyll content, surface water temperature, etc. Modern satellite systems, e.g., Sentinel-2, provide multispectral images for further calculation of spectral indices. In this work, water turbidity was assessed using the normalized difference turbidity index (NDTI).

Results. The areas of increased turbidity are formed due to not only anthropogenic impact, but also the geological structure of the environment. The Avacha Bay is a zone under the influence of the Avacha-Koryaksky and other groups of volcanoes. In the spring and summer periods, during active melting of snow and rain precipitation, an intensified flow of the Avacha and Paratunka rivers carrying waterborne volcanic products increases the content of suspended solids in the water. The spatial distribution of NDTI was analyzed, and the maps of water turbidity were compiled.

Conclusion. The constructed maps of the spatial distribution of the NDTI index for a number of years showed that the delta of the Avacha and Paratunka rivers, as well as the coastal parts of the Avacha Bay, are associated with increased water turbidity.

Keywords: suspended matter, remote sensing, spectral indices, state of sea waters

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

Financial disclosure: no financial support was provided for this study.

For citation: Korolkova A.I., Ivanov A.A. Remote sensing methods for water quality analysis in Avacha bay. *Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration.* 2025;67(1):95—104. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2025-67-1-95-104> EDN: [SERDOM](https://www.edn.ru/)

Manuscript received 26 December 2024

Accepted 24 March 2025

Published 31 March 2025

* Corresponding author

Мутность воды — это показатель, отражающий степень ее прозрачности и количество взвешенных частиц, таких как органические и неорганические вещества, планктон, микроорганизмы и другие загрязнители. Высокая мутность может иметь значительное влияние на экосистемы водоемов [13].

Мутные воды поглощают и рассеивают солнечный свет, что приводит к уменьшению его проникновения на глубину. Это ограничивает доступ света для фотосинтетических организмов, таких

как фитопланктон, который является основным производителем в водных экосистемах.

Объектом исследования в данной работе выступает Авачинская бухта, расположенная в юго-восточной части полуострова Камчатка и являющаяся уникальным природным объектом, который подвергается влиянию различных природных и антропогенных факторов.

Авачинская бухта представляет собой область площадью 238 квадратных километров с глубиной до 28 метров [4]. Бухта практически

не замерзает зимой. Основное течение в бухте движется по часовой стрелке и проходит вдоль ее берегов. Однако в некоторых частях, особенно в северных и западных, оно ослабевает. В результате вода перемешивается слабо, и обновление водных масс происходит медленно. Мутность воды в Авачинской бухте меняется в зависимости от сезона и погодных условий. В весенне-летний период, во время активного таяния снегов и дождей, происходит повышенный сток рек Авача и Паратунка, что увеличивает содержание взвешенных веществ в воде [11]. На рисунке 1 отображена многолетняя динамика поступления взвешенных веществ со стоком рек по данным ежегодников о гидрохимическом состоянии морей, представляемых Государственным океанографическим институтом им. Зубова (ГОИН). За последние 20 лет среднее значение поступающей взвеси вместе с реками в Авачинскую бухту составило 98,62 тыс. тонн.

Помимо всего прочего, особую роль в формировании зон с повышенной мутностью играет геологическое строение и влияние Авачинско-Корякской группы вулканов. В районе прилегающей к бухте территории суши широко распространены разновозрастные (от мела до голоцена) эффузивно-пирокластические отложения [12].

Также стоит отметить влияние рельефа на мутность воды. Горные районы, резкие перепады рельефа способствуют выносу большего количества рыхлого вулканогенного материала со склонов, особенно во время обильных осадков.

Современный рельеф, окружающий Авачинскую губу, имеет резкие перепады высот. Например, в южной части — гряда с высотными отметками примерно 300—400 м над уровнем моря, в западной части — горный массив Вачкажец с максимальной высотной отметкой 1556 м. Рельеф примыкающего к Авачинской губе города Петропавловска-Камчатского в Северо-Западной имеет форму увалов высотой до 200—250 м, которые сложены взрывными (глыбово-щебнисто-пепловыми) отложениями среднего и верхнего плейстоцена, а в низинах находятся озерно-болотные голоценовые осадки, суммарная мощность которых достигают 50—100 м. Переходная субмеридиональная зона включает останцы меловых метаморфизованных пород (например, сопки Зеркальная и Синичкино), а также экструзии плейстоценовых андезитов (сопка Мишенная). В линейных понижениях между сопками наблюдается резкое увеличение мощностей пролювиально-делювиальных отложений до 100—200 м и более, а также увеличение мощности озерно-болотных голоценовых осадков в изометричных

Динамика взвешенных веществ, поступающих со стоком рек,
ТЫС. ТОНН

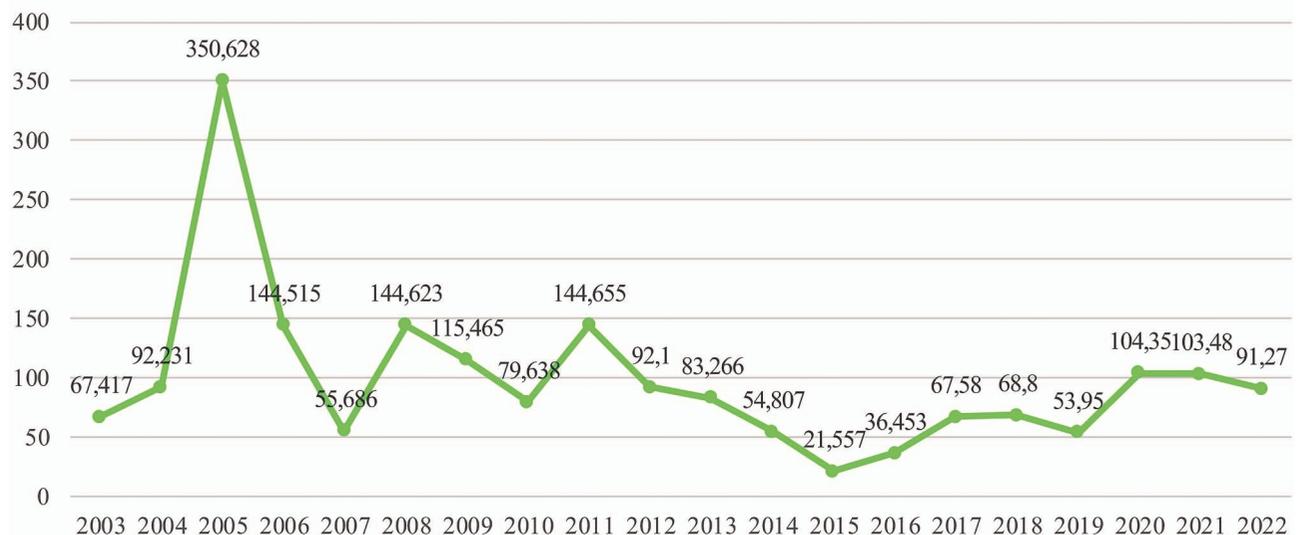


Рис. 1. График многолетней динамики поступления в Авачинскую бухту взвешенных веществ со стоком рек с 2003 по 2022 год

Fig. 1. Graph of long-term dynamics of suspended solids inflow with river runoff from 2003 to 2022 into Avacha Bay, thousand tons

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ / GEOPHYSICAL METHODS OF PROSPECTING AND EXPLORATION

впадинах. Юго-восточная часть представлена водораздельным плато высотой до 500 м со ступенчатыми склонами, обращенными к Авачинской бухте. Водораздел и склоны сформированы из меловых метаморфизованных пород и диабазов, покрытых тонким слоем элювиально-делювиальных отложений. На склонах, выходящих к океану, расположены миоцен-плиоценовые вулканиты, а также низкие морские аккумулятивные террасы на высотах 10—20 м [1, 2, 10].

Формирование вулканической группы началось по меньшей мере со среднего плейстоцена. В историческое время известны извержения Корякского и Авачинского вулканов. Последнее извержение Корякского вулкана произошло в 1956—1957 гг., когда из радиальной прикратерной трещины на северо-западном склоне наблюдались выбросы газов и пепла. Авачинский вулкан извергался в 1945 г. Извержение было эксплозивным, выпало большое количество пепла. В настоящее время оба вулкана находятся в стадии фумарольной деятельности [8].

Авачинская группа вулканов находится на окраине Налачевского вулканического центра и представляет собой его юго-восточный участок. Вулканический центр начал формироваться с миоцена, и некоторые аспекты его структурной истории можно проследить с мел-палеогенового периода. На юге Авачинская группа вулканов

соседствует со сложной купольно-кольцевой структурой Авачинской бухты, которая в основном развивалась в плиоцене. В пределах этой группы располагаются голоценовые вулканы. В настоящее время эта структура характеризуется повышенной сейсмической активностью [8].

В большинстве рек, расположенных на описанных выше вулканических территориях, во время половодья и паводков наблюдаются уровни мутности, превышающие 20 мг/л. В притоках реки Авача на левом берегу средняя годовая мутность достигает 100 мг/л [3].

На рисунке 2 показано соотношение гранулометрического состава взвешенных веществ, которые поступают в реку Авача.

Бассейн реки Авача составляет 5090 км², протяженность самой реки — 122 км. Река Паратунка берет свое начало в предгорьях Вилучинской сопки и имеет длину 81 км, площадь бассейна значительно меньше и равна 1500 км². На рисунке 3 отображены карта-схема расположения бассейнов рек Авача и Паратунка и их положение относительно некоторых вулканов.

Спектральные индексы (СИ) — это количественные показатели, рассчитанные на основе отражательной способности объектов в различных спектральных диапазонах. Эти индексы используются для выявления, анализа и классификации характеристик поверхности Земли, водоемов, атмосферы

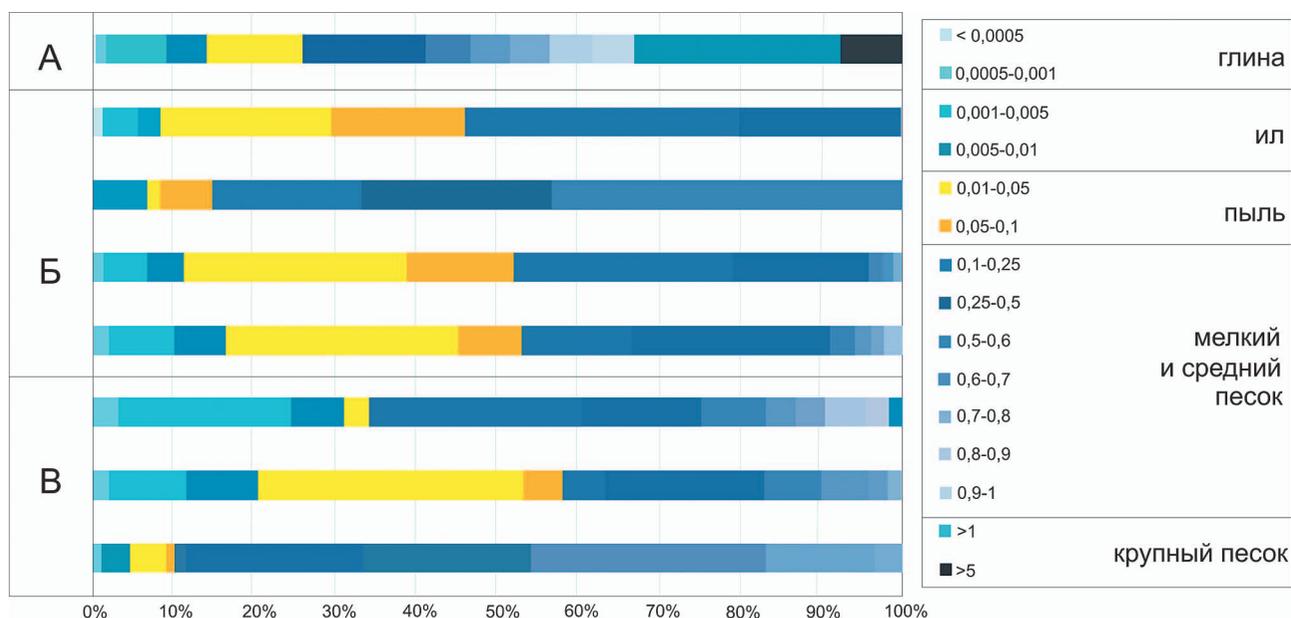


Рис. 2. Гранулометрический состав взвеси гиперконцентрированных потоков (А), а также рек с повышенной (Б) и малой (В) мутностью в бассейне р. Авача (Авачинско-Корякская группа вулканов) [3]

Fig. 2. Granulometric composition of suspended matter of hyperconcentrated flows (A), as well as rivers with increased (B) and low (B) turbidity in the Avacha River basin (Avacha-Koryak group of volcanoes) [3]

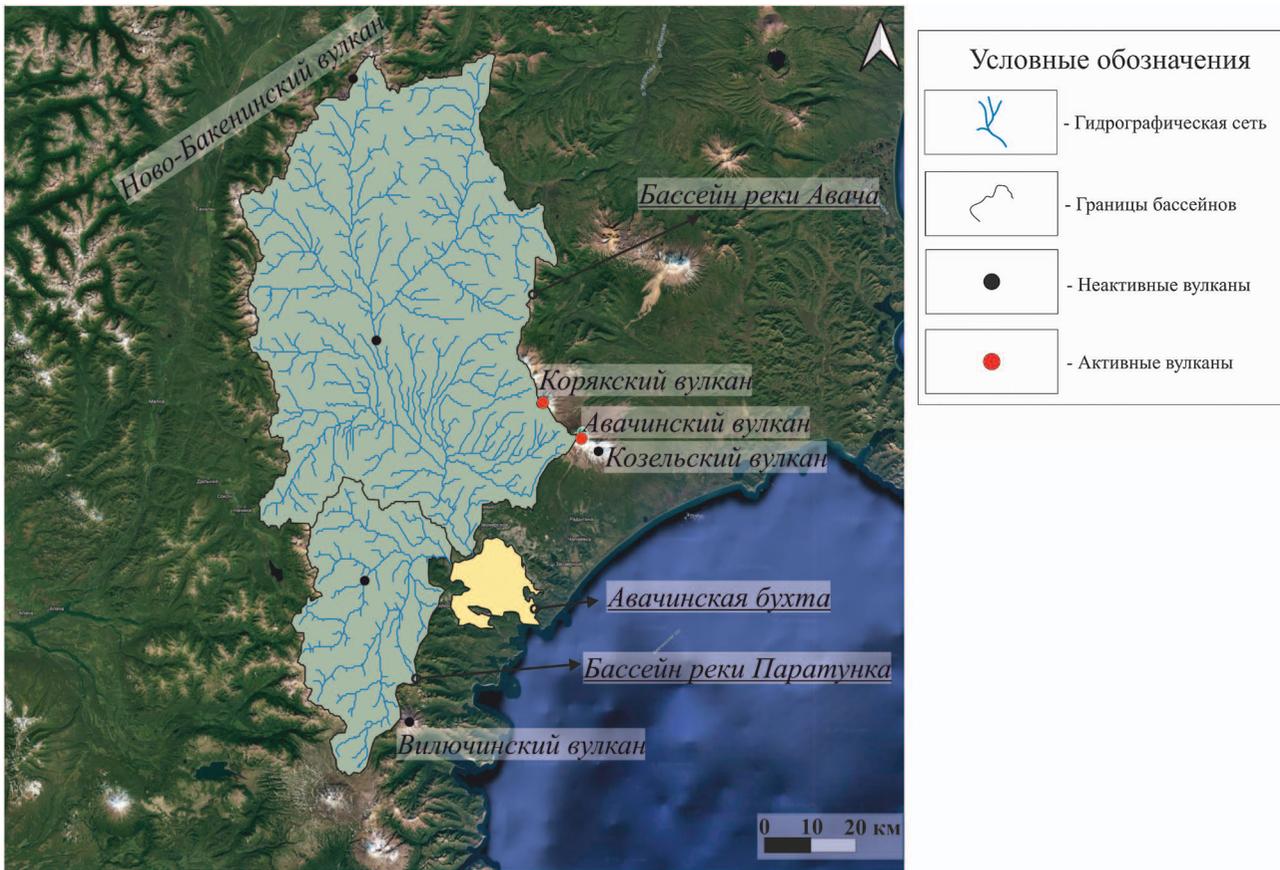


Рис. 3. Карта-схема расположения бассейнов рек Авача и Паратунка и их расположение относительно некоторых вулканов, в том числе Авачинско-Корякской группы вулканов; красным цветом показаны активные вулканы; черным цветом показаны неактивные вулканы

Fig. 3. Map-scheme of the location of the Avacha and Paratunka river basins and their location relative to some volcanoes, including the Avachinsky-Koryaksky group of volcanoes; active volcanoes are shown in red; inactive volcanoes are shown in black

и других объектов. Расчет спектральных индексов осуществляется с использованием данных, полученных дистанционными методами, чаще всего со спутников или БПЛА, оснащенных спектральными датчиками.

Спектральные индексы строятся на основе информации, полученной из мультиспектральных или гиперспектральных снимков, которые содержат данные об интенсивности отраженного электромагнитного излучения в определенных длинах волн [5] (рисунок 4 составлен из комбинации каналов R, G, B и представляет собой максимально приближенное к натуральному цвету изображение Авачинской бухты).

Спектральные индексы представляют собой математические комбинации (обычно в виде отношений, разностей или их комбинаций) значений яркости в различных спектральных каналах. Например, используемый в данной работе

нормализованный разностный индекс мутности (NDTI, Normalized Difference Turbidity Index) основан на анализе соотношения отражательной способности в красной (RED) и зеленой (GREEN) частях спектра [6, 14] (формула (1)).

$$NDTI = \frac{RED + GREEN}{RED - GREEN}, \quad (1)$$

где RED — отражательная способность в красной части спектра (диапазон 620—700 нм); GREEN — отражательная способность в зеленой части спектра (диапазон 500—580 нм).

В настоящее время существует большое количество спектральных индексов, применяемых в различных отраслях, самыми распространенными являются вегетационные индексы NDVI, EVI, SAVI, используемые для оценки состояния и биомассы растительности [7], также существуют почвенные индексы SI, NDSI, которые позволяют

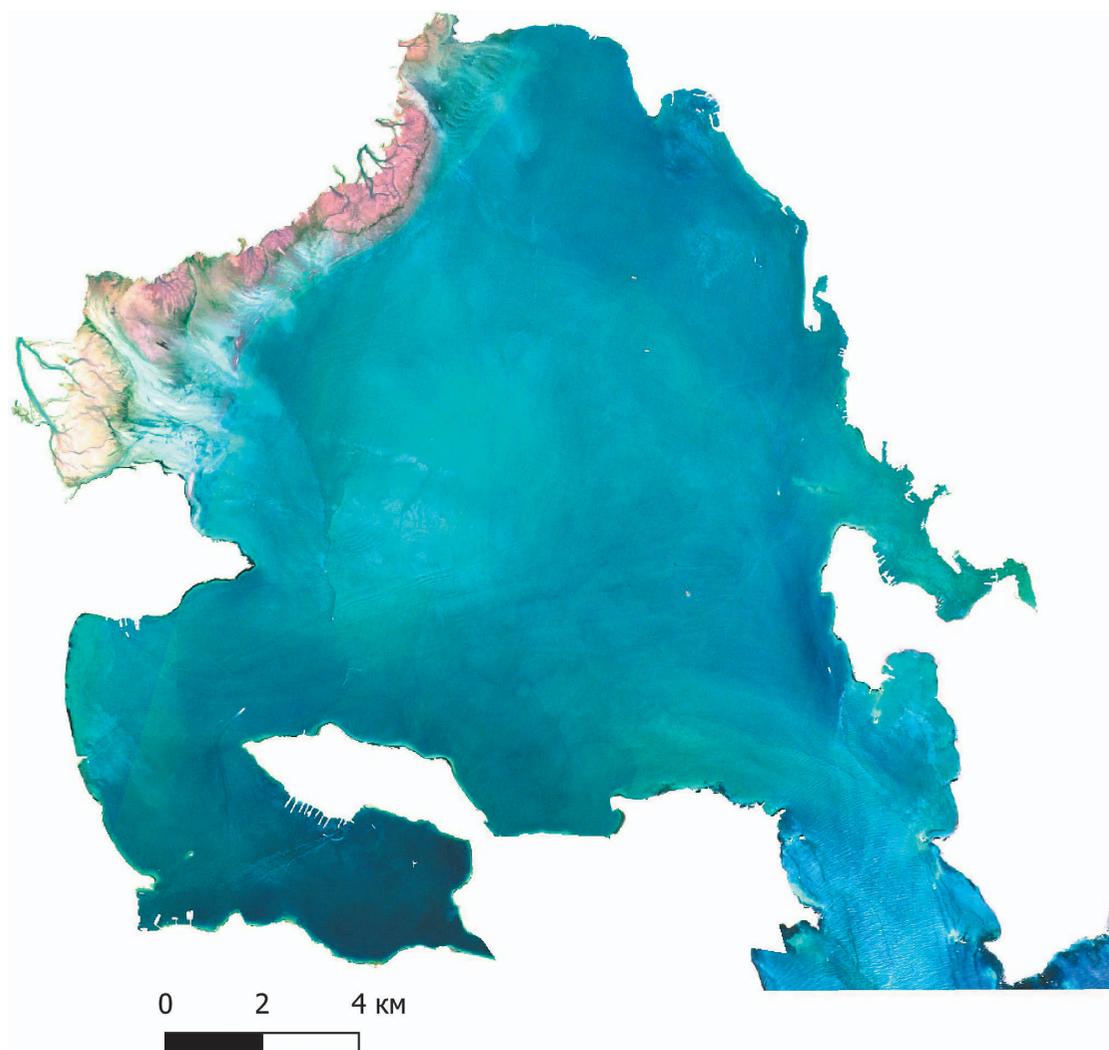


Рис. 4. Мультиспектральное изображение в комбинации каналов R, G, B, Авачинской бухты полученное со спутника Sentinel-2

Fig. 4. Multispectral image, in a combination of R, G, B channels, of Avacha Bay obtained from the Sentinel-2 satellite

анализировать состояние почвы и ее характеристики; геологические индексы LSWI, CRSI и т.д.

Индекс NDTI позволяет фиксировать изменения концентрации взвешенных частиц, таких как ил, глина, песок, органические вещества и т.д., которые значительно влияют на отражение в красной и зеленой частях спектра [9]. Он особенно полезен для анализа вод с низкой прозрачностью, где традиционные методы визуального мониторинга могут быть затруднительны в использовании.

Мультиспектральные изображения можно получить с помощью различных спутников, таких как Landsat, ASTER, MODIS и т.д., в данной работе были использованы снимки со спутника Sentinel-2.

Наиболее показательными являются снимки в летне-осенний период, также в это время

получение снимков наиболее доступно, так как значения облачности ниже, чем в остальные месяцы, даты съемок представлены в таблице.

На рисунках 5 и 6 представлены полученные карты пространственного распределения мутности по индексу NDTI, эти снимки являются самыми показательными из всех и достаточно контрастно отображают влияние выноса взвешенных веществ со стоком рек Авача и Паратунка на формирование повышенной зоны мутности в северной части Авачинской бухты.

Анализируя полученные результаты, можно отметить, что в 2020 году наблюдалось наибольшее значение показателя мутности воды. Это может быть связано с несколькими факторами, основными из которых являются метеорологические.

Таблица. Даты съемок с обозначением каналов и их разрешением
Table. Filming dates with channel designations and their resolutions

Дата съемки	Каналы	Пространственное разрешение
22.07.2019	B3 (GREEN)	10 м
	B4 (RED)	10 м
05.08.2020	B3 (GREEN)	10 м
	B4 (RED)	10 м
26.07.2021	B3 (GREEN)	10 м
	B4 (RED)	10 м
04.09.2021	B3 (GREEN)	10 м
	B4 (RED)	10 м

Как известно, на интенсивность речного стока воздействует количество выпадающих осадков (дождевых). Для определения данной взаимосвязи в рамках выполненной работы были получены данные с ближайшей метеостанции, которые подтвердили вышеизложенную взаимосвязь. Так, накануне съемки в августе 2020 года за несколько

дней выпало 32 мм дождевых осадков, в то время как в сентябре перед съемкой выпало 4,5 мм.

Выводы

Как показывают результаты исследований, дистанционное зондирование Земли играет важную роль в оценке мутности морских вод.

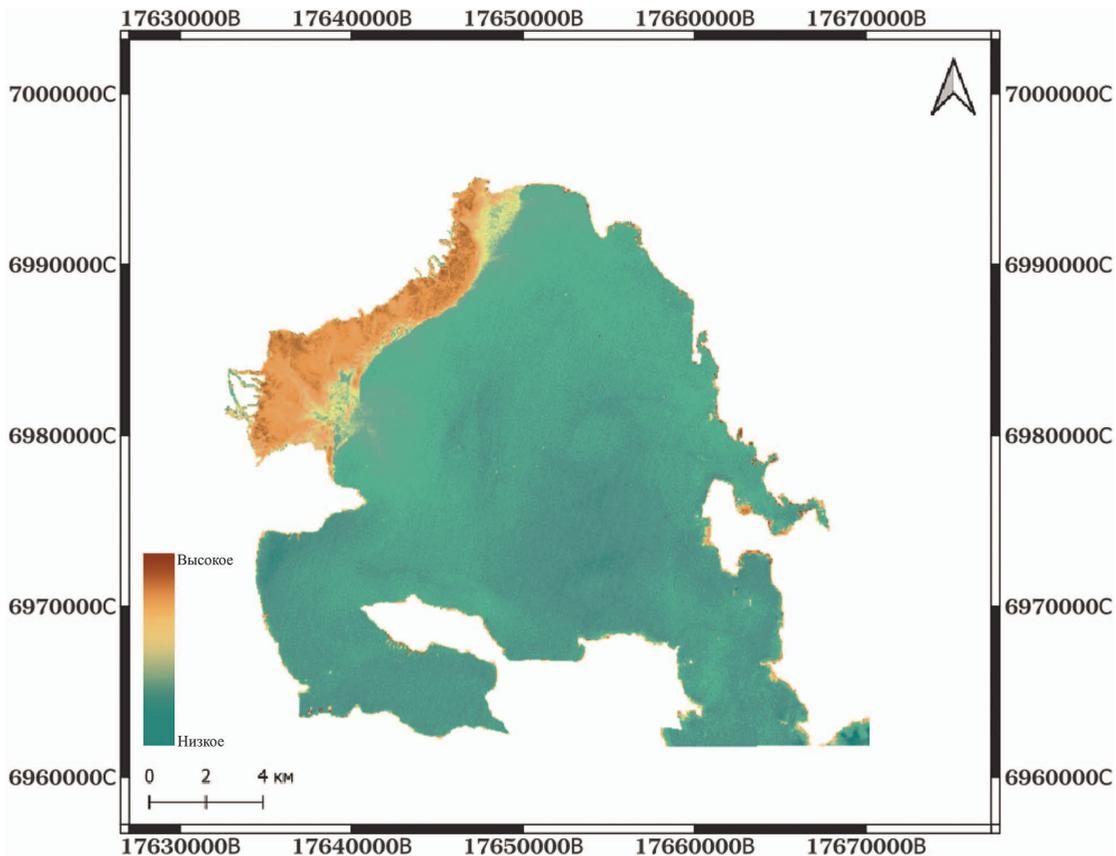


Рис. 5. Карта пространственного распределения индекса мутности NDTI в акватории Авачинской бухты в августе 2020 года

Fig. 5. Map of the spatial distribution of the NDTI turbidity index in the waters of Avacha Bay in August 2020

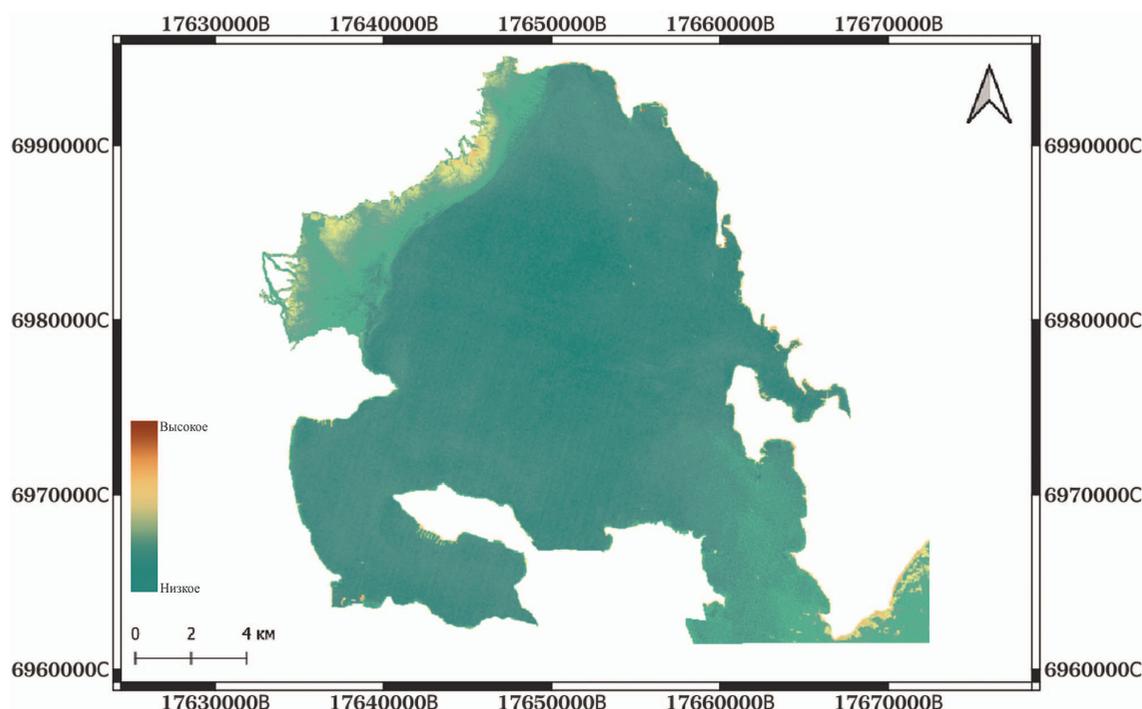


Рис. 6. Карта пространственного распределения индекса мутности NDTI в акватории Авачинской бухты в сентябре 2021 года

Fig. 6. Map of the spatial distribution of the NDTI turbidity index in the waters of Avacha Bay in September 2021

Эта технология позволяет получать данные о состоянии водоемов на больших площадях, и в том числе в реальном времени, что делает ее незаменимым инструментом для мониторинга морских экосистем.

Наши исследования показали, что реки, бассейны которых расположены в зоне влияния Авачинско-

Корякской группы вулканов, являются основными поставщиками взвешенных веществ в Авачинскую бухту. Построенные карты пространственного распределения индекса NDTI за два года показали, что основная область повышенной мутности возникает в дельте рек Авача и Паратунка и прибрежных частях Авачинской бухты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дмитриев В.Д. Крупномасштабное геоморфологическое картирование для оценки влияния сейсмогенных процессов на рельеф (на примере г. Петропавловска-Камчатского). Проблемы геоморфологического картирования. Л., 1975. С. 113—115.
2. Дмитриев В.Д., Ежов Б.В. К вопросу о происхождении Авачинской губы. Вопросы географии Камчатки. 1977. № 7. С. 45—48.
3. Есин Е.В., Чалов С.Р. Экологическая классификация рек вулканических территорий Камчатки. Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. 2014. № 6. С. 220—238.
4. Захарков С.П., Лепская Е.В., Тепнин О.Б., Штрайхерт Е.А., Гордейчук Т.Н. Первичная продукция Авачинской бухты летом 2017 г. Вестник ДВО РАН. 2020. № 1(209). С. 83—89.
5. Козодеров В.В., Дмитриев Е.В. Обработка многоспектральных и гиперспектральных аэрокосмических изображений: информационно-прикладные аспекты. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2010. Т. 7. № 4. С. 134—141.
6. Кравцова А.В., Ваулина К.Д. Характеристика экологического состояния Аргазинского водохранилища методом спектральных индексов. Географическое пространство: сбалансированное развитие природы и общества: мат-лы III междунар. науч.-практ. конф., Челябинск, 13—15 октября 2023 года. Челябинск: Край Ра, 2023. С. 124—131.
7. Куликова Е.В., Куликов Ю.А., Горбунова Н.С. Возможность использования ГИС-технологий и спектральных вегетационных индексов при мониторинговых исследованиях почв. Модели и технологии природообустройства (региональный аспект). 2022. № 2(15). С. 140—145.
8. Масуренков Ю.П., Егорова И.А., Пузанков М.Ю. Авачинская группа вулканов. Активные вулканы и

- гидротермальные системы Камчатки. Путеводитель научных экскурсий. Петропавловск-Камчатский: ИВ ДВНЦ АН СССР, 1985. С. 107—134.
9. Морозова В.А. Расчет индексов для выявления и анализа характеристик водных объектов с помощью данных дистанционного зондирования. Современные проблемы территориального развития. 2019. № 2. С. 1—8.
 10. Пафилина М.А. Вертикальное расчленение рельефа сопки Никольская и Сигнальная (побережье Авачинской бухты, Камчатка). Теория и практика современных гуманитарных и естественных наук: мат-лы ежег. межрегион. науч.-практ. конф., Петропавловск-Камчатский, 11 февраля 2011 года. Вып. 1: в 3-х частях, Часть 3. Петропавловск-Камчатский: Камчатский государственный университет им. Витуса Беринга, 2012. С. 72—74.
 11. Семкин П.Ю., Павлова Г.Ю., Барабанщиков Ю.А. Гидрохимические характеристики бухт Вилючинская и Авачинская (Восточная Камчатка) под влиянием материкового стока с вулканических территорий / Вулканизм и связанные с ним процессы: мат-лы XXVI ежег. науч. конф., посв. Дню вулканолога, Петропавловск-Камчатский, 30—31 марта 2023 года. Петропавловск-Камчатский: Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, 2023. С. 215—218.
 12. Фролова Ю.В., Блюмкина М.Е., Большаков И.Е., Ермолинский А.Б. Сравнительная петрофизическая характеристика вулканогенных пород мелового и миоценового возраста Авачинской губы. Вулканизм и связанные с ним процессы: мат-лы XXIII ежег. науч. конф., посв. Дню вулканолога, Петропавловск-Камчатский, 30 марта 2020 года. Петропавловск-Камчатский: Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, 2020. С. 68—71.
 13. Dogliotti A.I., Ruddick K.G., Nechad B. A Single Algorithm to Retrieve Turbidity from Remotely Sensed Data in all Coastal and Estuarine Waters. Remote Sensing of Environment. 2015. Vol. 156. P. 157—168.
 14. Lizcano-Sandoval L., Anastasiou C., Montes E., Raulerson G., Sherwood E., Muller-Karger F.E. Seagrass distribution, areal cover, and changes (1990—2021) in coastal waters off West-Central Florida, USA Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2022 P. 1—11.

REFERENCES

1. Dmitriev V.D. Large-scale geomorphological mapping to assess the impact of seismogenic processes on the relief (on the example of Petropavlovsk-Kamchatsky). Problems of geomorphological mapping. Leningrad, 1975. P. 113—115 (In Russ.).
2. Dmitriev V.D., Ezhov B.V. On the origin of Avacha Bay. Questions of Kamchatka geography. Petropavlovsk-Kamchatsky. 1977. No. 7. P. 45—48 (In Russ.).
3. Esin E.V., Chalov S.R., Ecological classification of rivers of volcanic territories of Kamchatka. Readings in memory of Vladimir Yakovlevich Levanidov. 2014. No. 6. P. 220—238 (In Russ.).
4. Zakharkov S.P., Lepskaya E.V., Tepnin O.B., Shtraichert E.A., Gordeychuk T.N. Primary production of Avacha Bay in summer 2017. Bulletin of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences. 2020. No. 1(209). P. 83—89 (In Russ.).
5. Kozoderov V.V., Dmitriev E.V. Processing of multispectral and hyperspectral aerospace images: information and applied aspects. Modern problems of remote sensing of the Earth from space. 2010. Vol. 7. No. 4. P. 134—141 (In Russ.).
6. Kravtsova A.V., Vaulina R.D. Characteristics of the ecological state of the Argazinskoye Reservoir using the spectral indices method. Geographical space: balanced development of nature and society: Proceedings of the III International scientific and practical conference, Chelyabinsk, October 13—15, 2023. Chelyabinsk: Kray Ra, 2023. P. 124—131 (In Russ.).
7. Kulikova E.V., Kulikov Yu.A., Gorbunova N.S., Possibility of using GIS technologies and spectral vegetation indices in monitoring studies of soils. Models and technologies of nature management (regional aspect). 2022. No. 2(15). P. 140—145 (In Russ.).
8. Masurenkov Yu.P., Egorova I.A., Puzankov M.Yu. Avacha group of volcanoes // Active volcanoes and hydrothermal systems of Kamchatka. Guide to scientific excursions. Petropavlovsk-Kamchatsky: IV DVNC AN USSR. P. 107—134 (In Russ.).
9. Morozova V.A. Calculation of indices for identification and analysis of characteristics of water bodies using remote sensing data. Modern problems of territorial development. 2019. No. 2. P. 1—8 (In Russ.).
10. Pafilina M.A. Vertical dissection of the relief of the Nikolskaya and Signalnaya hills (Avacha Bay coast, Kamchatka). Theory and practice of modern humanitarian and natural sciences: materials of the annual interregional scientific and practical conference, Petropavlovsk-Kamchatsky, February 11, 2011. Issue 1: in 3 parts, Part 3. Petropavlovsk-Kamchatsky: Vitus Bering Kamchatka State University, 2012. P. 72—74 (In Russ.).
11. Semkin P.Yu., Pavlova G.Yu., Barabanshchikov Yu.A., Hydrochemical characteristics of Vilyuchinskaya and Avacha Bays (Eastern Kamchatka) under the influence of continental runoff from volcanic territories. Volcanism and related processes: Proceedings of the XXVI annual scientific conference dedicated to the Day of the Volcanologist, Petropavlovsk-Kamchatsky, March 30—31, 2023. Petropavlovsk-Kamchatsky: Institute of Volcanology and Seismology FEB RAS, 2023. P. 215—218 (In Russ.).
12. Frolova Yu.V., Blyumkina M.E., Bolshakov I.E., Ermolinsky A.B. Comparative petrophysical characteristics of Cretaceous and Miocene volcanogenic

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ / GEOPHYSICAL METHODS OF PROSPECTING AND EXPLORATION

- rocks of Avacha Bay. Volcanism and related processes: Proceedings of the XXIII annual scientific conference dedicated to the Volcanologist Day, Petropavlovsk-Kamchatsky, March 30, 2020. Petropavlovsk-Kamchatsky: Institute of Volcanology and Seismology FEB RAS, 2020. P. 68—71 (In Russ.).
13. Dogliotti A.I., Ruddick K.G., Nechad B. A Single Algorithm to Retrieve Turbidity from Remotely Sensed Data in all Coastal and Estuarine Waters. Remote Sensing of Environment. 2015. Vol. 156. P. 157—168.
14. Lizcano-Sandoval L., Anastasiou C., Montes E., Raulerson G., Sherwood E., Muller-Karger F.E. Seagrass distribution, areal cover, and changes (1990—2021) in coastal waters off West-Central Florida, USA Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2022. P. 1—11.

ВКЛАД АВТОРОВ / AUTHOR CONTRIBUTIONS

Королькова А.И. — внесла основной вклад в разработку концепции статьи, внесла вклад в разработку методики научных исследований и оценки результатов исследования, подготовила текст статьи, окончательно утвердила публикуемую версию статьи и согласна принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Иванов А.А. — внес вклад в разработку концепции статьи, проводил анализ результатов, окончательно утвердил публикуемую версию статьи и согласен принять на себя ответственность за все аспекты работ.

Aleksandra I. Korolkova — made the main contribution to the development of the concept of the article, contributed to the development of the methodology of the article and the results of the study, prepared the text of the article, gave final approval to the published version of the article and agrees to accept responsibility for all aspects of the work.

Andrey A. Ivanov — made the main contribution of the concept of the article, analyzed the results, finally approved the published version of the article and agrees to assume responsibility for all aspects of the work.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Королькова Александра Игоревна — студентка экологического факультета ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе». 23, Миклухо-Маклая ул., г. Москва 117997, Россия e-mail: korolkovaa94@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-8921-8184>

Иванов Андрей Александрович* — кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры геофизики ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе». 23, Миклухо-Маклая ул., г. Москва 117997, Россия e-mail: biwolf@mail.ru SPIN-код: 9977-2363 ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5294-8878>

Alexandra I. Korolkova — student at the Faculty of Ecology of the Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting. 23, Miklukho-Maklaya str., Moscow 117997, Russia e-mail: korolkovaa94@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-8921-8184>

Andrey A. Ivanov* — Cand. Sci. (Geol.-Mineral.), Assoc. Prof., Department of Geophysics of the Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting. 23, Miklukho-Maklaya str., Moscow 117997, Russia e-mail: biwolf@mail.ru SPIN-code: 9977-2363 ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5294-8878>

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author