

«Спутниковый мониторинг речных выносов и антропогенных загрязнений: методы, верификация и экологическая оценка прибрежных зон»

Князев Н.А.

Цикл статей состоит из 6 работ:

1. **Князев Н.А.** Оценка применимости спутниковых радиолокационных данных для выявления речных выносов в южной части Рижского залива // *Океанологические исследования*. 2025. № 53 (3). С. 5–21. [https://doi.ocean.ru/10.29006/1564-2291.JOR-2025.53\(3\).1](https://doi.ocean.ru/10.29006/1564-2291.JOR-2025.53(3).1). (Индексируется RSCI)
2. **Князев Н.А.**, Жаданова П.Д. Сравнение результатов определения полей мутности и концентрации взвешенного вещества для рек Мзымты, Сулак и Терек по спутниковым данным и натурным измерениям // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2025. Т. 22. № 1. С. 244–258, <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2025-22-1-244-258>. (Индексируется Scopus, Q3, RSCI, белый список уровень 1)
3. Lavrova O.Yu., Alferyeva Ya.O., **Knyazev N.A.**, Bocharova T.Yu. Comparison of Water Turbidity and Suspended Particulate Matter Concentration and Mineral Composition for the Terek, Sulak and Mzymta River Plumes Based on Satellite Data and In-Situ Measurements // *Ecologica Montenegrina*. 2025. Vol. 85. <https://doi.org/10.37828/em.2025.85.4>. (Индексируется Scopus, Q2, белый список уровень 2)
4. Назирова К.Р., Жаданова П.Д., **Князев Н.А.** Результаты многолетних исследований полей мутности и концентрации взвешенного вещества в приустьевой зоне р. Мзымты на основе натурных измерений и спутниковых данных // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2024. Т. 21. № 5. С. 321–332, <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2024-21-5-321-332>. (Индексируется Scopus, Q3, RSCI, белый список уровень 1)
5. Kostianoy A.G., **Knyazev N.A.**, Lavrova O.Yu., Koibakova S.E., Syrlybekkyzy S. Oil pollution near the ports of Aktau, Kuryk and Ersai (the Caspian Sea): Satellite and in-situ data // *Ecologica Montenegrina*. 2024. Vol. 76. <https://doi.org/10.37828/em.2024.76.4>. (Индексируется Scopus, Q2, белый список уровень 2)
6. Елизаров Д.А., **Князев Н.А.**, Лаврова О.Ю., Уваров И.А. Интеграция в спутниковую информационную систему See the Sea данных акустического доплеровского измерителя течений, полученных в ходе подспутниковых измерений // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2023. Т. 20. № 3. С. 244–253. <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2023-20-3-244-253>. (Индексируется Scopus, Q3, RSCI, белый список уровень 1)

Общая формулировка научной работы и ее актуальность

Речные выносы и антропогенные загрязнения существенно влияют на состояние прибрежных экосистем, но их пространственная структура и динамика остаются недостаточно изученными. Спутниковые данные открывают возможности для идентификации речных плумов, оценки их сезонной и межгодовой изменчивости, а также для выявления нефтяных загрязнений. Однако существующие методы дистанционного зондирования требуют адаптации к региональным гидрооптическим условиям и обязательной верификации по подспутниковым измерениям. Недостаточная интеграция спутниковых и контактных данных ограничивает точность экологической оценки прибрежных акваторий. Комплексное использование радиолокационных и оптических наблюдений совместно с результатами натурных измерений позволяет более надежно характеризовать процессы трансформации речного стока и распространения загрязнений. Это определяет актуальность разработки методов спутникового мониторинга и их применения для экологической оценки и управления состоянием прибрежных зон.

Конкретная решаемая в работе задача и ее значение

В цикле работ проводится исследование возможностей спутникового мониторинга речных выносов и антропогенных загрязнений в прибрежных зонах с использованием радиолокационных и оптических данных, полученных с космических систем серий Sentinel и Landsat. Основная задача заключается в определении пространственных границ речных плумов, их площади, протяженности и изменений во времени, а также выявлении и контроле проявлений нефтяных загрязнений на морской поверхности. Работа выполнялась при поддержке Центра коллективного пользования «ИКИ-Мониторинг» и с использованием информационной системы спутникового мониторинга «See the Sea», что обеспечивало стандартизацию, визуализацию и комплексный анализ данных, включая подспутниковые измерения (CTD-зондирование, турбидиметрия, ADCP). Дополнительно проводится исследование пространственных и сезонных закономерностей распространения речных выносов и загрязнений в различных гидрологических условиях. Это позволяет выявлять особенности трансформации речного стока и влияние антропогенных факторов на состояние прибрежной зоны. Полученные результаты формируют методологическую основу для дальнейшего развития технологий спутникового мониторинга и проведения регулярного экологического контроля.

Используемый подход, его новизна и оригинальность

В работе выполняется спутниковый мониторинг речных выносов и антропогенных загрязнений с использованием радиолокационных и оптических данных для выявления границ речных плумов, оценки их распространения и фиксации проявлений нефтяных загрязнений. Для уточнения и проверки результатов используются подспутниковые измерения, включая CTD-зондирование, турбидиметрию и ADCP-наблюдения. Научная новизна работы заключается в создании базы данных подспутниковых измерений (DB_INSITU) и её применении для верификации спутниковых наблюдений и анализа пространственно-временной динамики выносов и загрязнений. Оригинальность подхода проявляется в возможности системного сопоставления дистанционных наблюдений и натурных измерений для выявления закономерностей трансформации речного стока. Такой подход обеспечивает получение детализированных и интегрированных данных о состоянии прибрежных вод, недоступных при использовании отдельных методов.

Полученные результаты и их значимость

Результаты, полученные в цикле работ:

1. **Выявление и характеристика речных плумов** – с помощью радиолокационных изображений Sentinel-1 для рек южной части Рижского залива (Даугавы, Лиелупе, Гауи) выделено 62 речных плума. Для рек Каспийского моря (Сулак, Терек) и Черного моря (Мзымта) проведён анализ мутности и распространения речного стока по оптическим изображениям Sentinel-2 и Landsat-8/9, выявлены сезонные изменения протяжённости и видимости плумов, максимальные значения отмечены в период весенне-летнего паводка. Результаты позволяют оценивать перенос донных и органических веществ в прибрежные зоны и потенциальное влияние на морские экосистемы.
2. **Накопление базы подспутниковых измерений (DB_INSITU)** – создана стандартизированная база данных подспутниковых наблюдений для рек Сулак, Терек и Мзымта, включающая результаты CTD-зондирования, турбидиметрии и ADCP-наблюдений, проведённых в период 2016–2022 гг. База обеспечивает интеграцию натурных данных с архивными спутниковыми наблюдениями и служит инструментом для верификации дистанционных измерений.
3. **Анализ мутности, концентрации взвешенного вещества и минерального состава** – по данным спутниковых изображений и натурных измерений

установлено, что в речных плюмах Терека и Мзымты с удалением от устья увеличивается доля глинистых минералов, уменьшается содержание кварца и полевых шпатов, при этом изменяется мутность воды.

4. **Выявление нефтяных загрязнений** – по архивам радиолокационных данных Sentinel-1 за 2013–2022 гг. на акватории портов Актау, Курык и Эрсай обнаружено 15 нефтяных пятен длиной до 89 км и площадью до 8 км². Параллельный анализ проб морской воды показал содержание нефтепродуктов в диапазоне 0,014–0,1 мг/дм³. Данные позволяют оценить масштабы и локальные риски воздействия нефтяных загрязнений на морские экосистемы.
5. **Разработка методических подходов для экологического мониторинга** – апробированы методы количественной оценки площади, протяжённости и видимости речных плюмов, а также распространения загрязнений в зависимости от сезонных и гидрологических условий. Эти подходы показали применимость для разных регионов (Рижский залив, Каспийское и Черное моря) и позволяют системно анализировать состояние прибрежных вод, выявлять закономерности трансформации речного стока и распространяющихся загрязнений.