

Обнаружение и исследование отмелей и малых островов в южной части моря Лаптевых по спутниковым данным

Руководители: А.А. Кучейко¹, А.Ю. Иванов²

**Авторы: Е.С. Лисаченко^{1,3}, М.Е. Терехин^{1,3}, К.В. Айнов^{1,4}, А.В.
Макаренко^{1,5}**

¹ ООО «Рисксат», ² Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, ³ Гимназия им. Н.В. Пушкина г. Троицк (г. Москва), ⁴ Сасовское летное училище ГА (г. Рязань),
⁵Московский авиационный институт

Целью исследования является поиск и картографирование малых островов и отмелей в юго-восточной части моря Лаптевых на основе анализа спутниковых снимков из открытых источников. Район исследования, поделенный на два подрайона (рис. 1), охватывает южную часть моря Лаптевых около дельты р. Лена.

Основными задачами являлся сбор данных ДЗЗ: оптических снимков и радиолокационных изображений на южную часть моря в безлёдный период (июль-октябрь), их анализ, выявление малых островов, отмелей и стамух с оценкой их затопляемости и видимости.

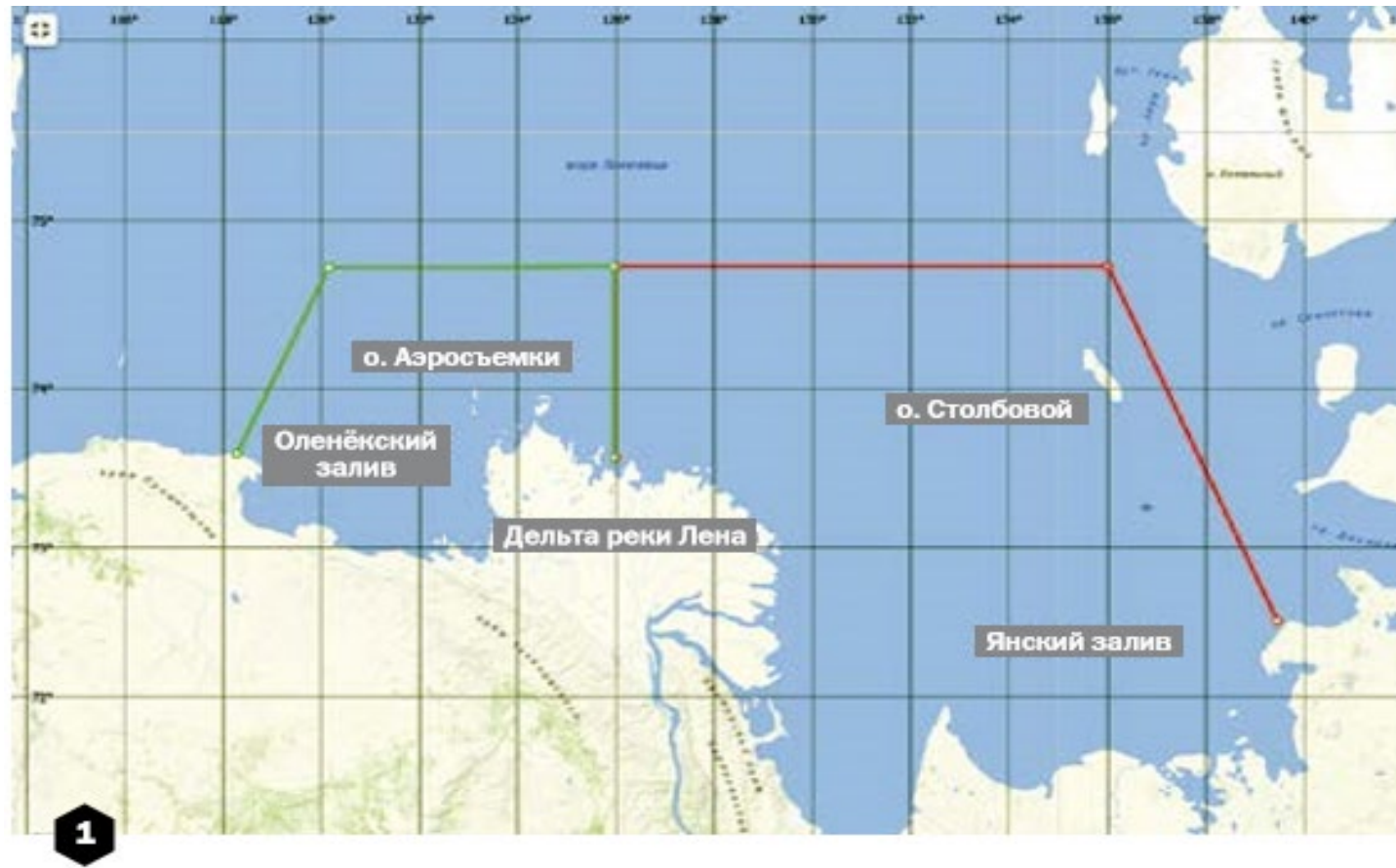


Рис. 1. Район исследования островов и отмелей — приустьевая область р. Лена в южной части моря Лаптевых

Методика исследования

Методика исследования основана на поиске космоснимков, соответствующих самому низкому уровню моря из-за отливов и сгонных явлений, когда обнажившиеся отмели хорошо заметны даже на снимках низкого пространственного разрешения. При поиске низких островов и отмелей был проведен анализ спутниковых снимков MODIS на ИСЗ Terra и Aqua за 2001-2018 гг., Landsat-8, Sentinel-2, а также радиолокационных изображений (РЛИ) на ИСЗ Sentinel-2 2016-2018 гг.

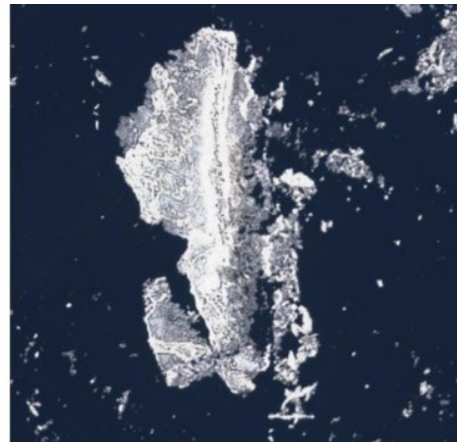
По результатам работы предложены четыре подхода к выявлению островов и отмелей, а именно:

- мониторинг акватории во время отлива и сильного сгона, когда отмели и низкие острова обнажаются или становятся более заметными;
- наблюдение за ледяным покровом с целью обнаружения опасных ледяных образований – торосов и стамух (льда, севшего на грунт), систематически образующихся на отмелях и у малых островов;
- обнаружение и картографирование областей с аномальным цветом (от светло-коричневого до зеленоватого на оптических мультиспектральных снимках), которые образуются в районах песчаных отмелей и приобретают вид языков или «плюмов» с осадочным материалом под действием местных течений;

- анализ характеристик взволнованной морской поверхности при ветре от умеренного до сильного, когда над мелководьями образуются зоны обрушения волн (буруны), имеющие на оптических снимках и РЛИ светлый тон (на морских навигационных картах такие зоны обозначаются отметкой «буруны»).



Рисунок 3 – Острова и обнажившиеся отмели, обнаруженные на снимке во время самого сильного понижения уровня моря. Использован снимок Терра/МОДИС. 11.09.2005. НАСА.



10.07.2018



05.08.2018

Рисунок 8 – Отмель на безымянном мелководье севернее дельты реки Лена в период таяния льда и разрушения стамухи (слева, 10.07.2018) и в период низкого уровня моря (справа, 05.08.2018). Отмель находится под водой. Sentinel-2. © Copernicus, ESA, 2018.

1. Юго-восточная часть моря Лаптевых от приустьевых районов р. Лена до о. Столбовой

Табл. 1. Острова и отмели, обнаруженные на оптических спутниковых снимках в юго-восточной части моря Лаптевых

№	Идентификация обнаруженной отмели	Координаты центра (СК WGS-1984)	Характеристика отмели
1	О. Яя в 75 км к западу от о. Столбовой. Совпадает с банкой Васильевской	73.9897 с.ш., 133.0952 в.д.	Вытянутая с ЮВ на СЗ коса длиной 1,5 км, низкий остров находится в южной части. Зимой у отмели образуется вытянутая стамуха
2	Отмель в 76 км на СВ от дельты р. Лена на безымянном мелководье	73.97 с.ш., 129.65 в.д.	Вытянутая с юга на север коса длиной 2,5 км шириной около 300 м, с юга примыкает меньшая по размеру отмель
3	Отмели на мелководье Семёновское	74.21 с.ш., 133.45 в.д.	Обширное мелководье с центром в 60 км западнее острова Столбовой. На снимках выделяются две отмели, опознаваемые по волновым бурунам в ветреную погоду
4	Песчаный бар, прилегающий к дельте р. Лена с северо-восточной стороны	73.13 с.ш., 129.66 в.д.	Длинный бар длиной 26 км на северо-восточной стороне дельты Лены, заметен при низких уровнях воды. С севера примыкает второй бар длиной 6 км
5	О. Затопляемый на мелководье Вест	73.1648 с.ш., 133.0252 в.д.	Низкий остров размером 900 м x 160 м в 133 км севернее мыса Буор-Хая
6	Две отмели на мелководье Нерпа	73.1648 с.ш., 133.0252 в.д.	Две близко расположенные отмели изогнутой подковообразной формы. Большая по размеру отмель имеет длину 1–1,3 км, ширину 300–600 м. Зимой образуется большая стамуха



Рис. 11. О. Затопляемый на оптических снимках Sentinel-2: 18.07.2018 г. в период таяния льда и разрушения стамухи (слева) и 13.08.2018 г. в период низкого уровня моря (справа).



Рис. 13. Идентификация обнаруженных на снимках отмелей с помощью морской навигационной карты S-MAP. Нанесены изобаты 5 и 10 м

Рис. 5. Выступающая над водой часть о. Яя (имеет размеры 100×150 м и расположена в южной части отмели) на оптических снимках Sentinel-2 от 05.08.2018 г. (слева) и 13.08.2018 г. (справа); синтез каналов 12-8A-4. © ESA

2. Результаты исследований Оленёкского залива

Табл. 2. Острова и отмели, обнаруженные на спутниковых снимках в Оленёкском заливе

Условное название отмели или острова	Координаты центра (СК WGS-1984)	Характеристики отмели в августе 2018 г.
Отмель № 1 в 83 км к западу от о. Аэросъёмки и в 103 км к северу от дельты р. Оленёк (опознан как о. Лейкина)	74.0745 с.ш., 120.4729 в.д.	Продолговатый остров, вытянутый с СЗ на ЮВ, длиной около 2 км и шириной 150–300 м, зимой образуется стамуха
Отмель № 2 в 57 км к западу от о. Аэросъёмки и в 96 км к СВ от дельты р. Оленёк	73.9487 с.ш., 121.2983 в.д.	Небольшой остров-отмель размерами 350×200 м. Образуются волновые обрушения (буруны), обнажается при сильных отливах. В зимний период образуется стамуха
Отмель № 3 (находится рядом с банкой Опасная) и обширное мелководье в 20 км к СЗ от о. Аэросъёмки	74.0746 с.ш., 122.6170 в.д.	Вытянутая отмель (определяется по трансформации волнового поля), обнажается в период сильных отливов. Обширное мелководье определяется по цвету снимка и наличию обрушений волн. В зимний период образуется обширная стамуха
Отмель № 4 находится в 7 км к СВ от п-ова Терпай-Тумса	73.5316 с.ш., 119.2114 в.д.	Песчаная коса длиной 8 км. Определяется по наличию обрушений волн. Обнажается в период сильных отливов и сгонов воды. В зимний период образуется стамуха

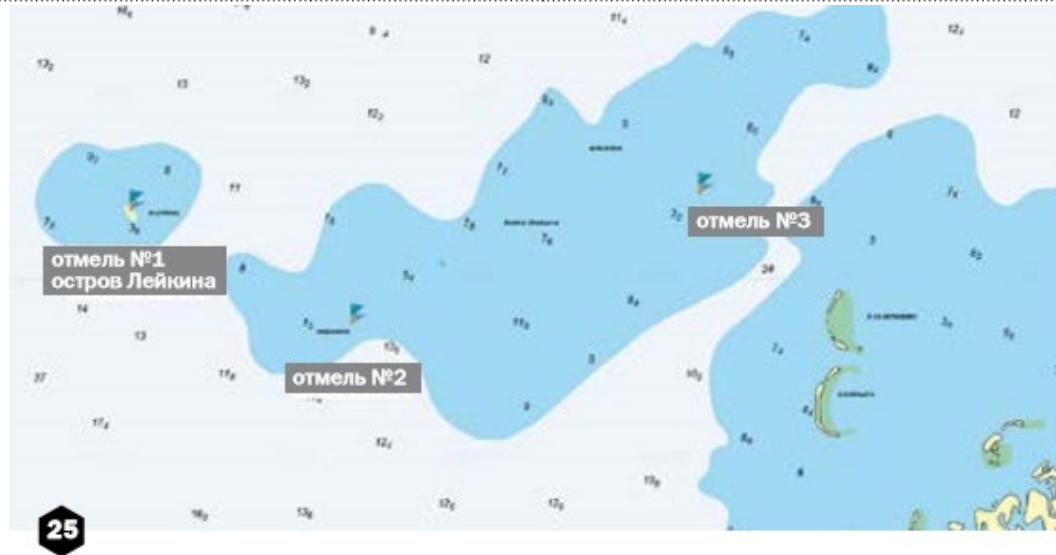


Рис. 25. Сравнение обнаруженных на спутниковых снимках отмелей № 1–3 (флажки) : данными навигационной карты С-МАР (морской портал СКАНЭКС). © С-МАР, СКАНЭКС



Рис. 15. О. Лейкина, полностью скрытый под водой в период маловетренной погоды и высокого уровня моря без видимых обрушений — бурунов, на оптическом снимке Sentinel-2 от 26.08.2018 г. © ESA

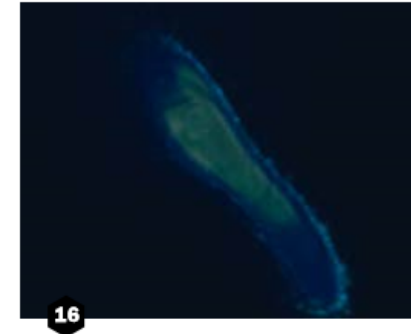


Рис. 16. О. Лейкина, частично скрытый водой, на оптическом снимке Sentinel-2 от 06.08.2018 г. (синтез каналов 12, 8A и 4); на поверхности находится небольшая часть суши (отображается зеленоватыми цветами), волны прибоя заметны только у восточного берега. © ESA



Рис. 17. Процесс разрушения стамухи около о. Лейкина на оптическом снимке Landsat 8 от 16.07.2015 г. © USGS

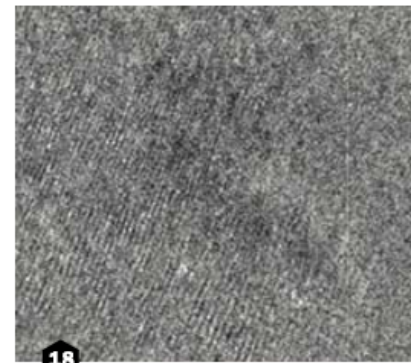
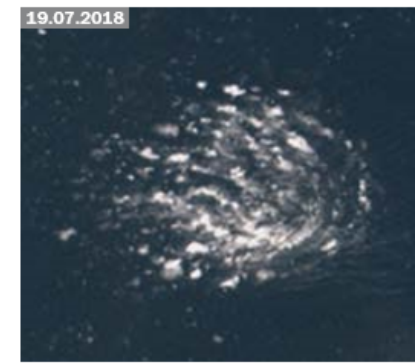


Рис. 18. О. Лейкина на радиолокационном изображении Sentinel-1 от 05.09.2018 г. Он скрыт под водой, его положение определяется только по изменению структуры поверхностного волнения на мелководье (темный тон изображения).



Рис. 19. Безымянная отмель на оптических снимках Sentinel-2 в период низкого уровня моря и слабого волнения (слева) и в период шторма (справа). © ESA



Заключение и выводы

- **Предложен методический подход к выявлению низких островов и отмелей в период понижения уровня моря** из-за сгонов/отливов на основе обработки многолетнего массива оптических изображений спектрорадиометров MODIS с последующим анализом доступных детальных снимков на районы отмелей и сравнения их с существующими навигационными картами.
- **Выявлены основные информативные признаки наличия отмелей и низких островов**, а именно: 1) обнажение во время сильного понижения уровня моря; 2) формирование шлейфов осадочного материала под действием местных течений; 3) образование в зимний период опасных ледяных образований (торосов и стамух); 3) формирование над ними областей обрушения волн (бурунов).
- В результате анализа оптических снимков юго-восточной части моря Лаптевых и Оленёцкого залива **обнаружены 10 групп отмелей и малых островов**. Сравнение их положения с доступными морскими картами позволило идентифицировать большую часть объектов, кроме отмели в виде песчаного бара, находящегося у северо-восточной части дельты р. Лена.
- **Определены геопространственные характеристики выявленных отмелей, в том числе координаты и форма** некоторых отмелей в Оленёцком заливе, которые могут представлять опасность для судоходства. Согласно доступным картам, обнаруженные отмели расположены на глубинах 1-3 м. Некоторые отмели, над которыми регулярно формируются стамухи, находятся на глубинах 5-10 м, но они малозаметны на оптических снимках.
- Сведения о геопространственных характеристиках островов и отмелей и обнаруженном новом объекте **переданы в Управление навигации и картографии МО России**. В итоге, исследования мелководной части моря Лаптевых с помощью спутниковых снимков показали эффективность методов ДЗЗ при решении задач обнаружения, идентификации и картографирования малых островов и отмелей, а также слежения за их эволюцией.