

А. А. Третьякова^{1}, Е. П. Хлебникова¹*

Исследование возможности применения данных дистанционного зондирования при мониторинге арктических территорий

¹ Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск, Российская Федерация

* e-mail: Tretyakova-AA2021@sgugit.ru

Аннотация. В статье рассматриваются возможности применения общедоступных материалов дистанционного зондирования и актуальных методов их обработки для дальнейшего анализа мониторинга арктических территорий. Для проведения исследования были отобраны разновременные космические снимки на территорию острова Октябрьской революции архипелага Северная Земля. При помощи программных комплексов ENVI и ArcMap была осуществлена геообработка для получения контуров ледниковой части ландшафтов и береговой границы острова. Сравнивая полученные результаты, удалось отследить значительную динамику ледника Вавилова. Проанализировав изменение ледников острова Октябрьской революции, можно прийти к выводу, что оледенение данной территории имеет нестабильный характер, в виду изменений площади и движения некоторых ледников. Проведенные эксперименты показывают перспективу использования многозональных снимков для мониторинга арктических территорий.

Ключевые слова: данные дистанционного зондирования, многозональные космические снимки, арктические территории, мониторинг

А. А. Tretyakova^{1}, Е. П. Khlebnikova¹*

Research into the possibility of using remote sensing data in monitoring Arctic territories

¹ Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation

* e-mail: Tretyakova-AA2021@sgugit.ru

Abstract. The article discusses the possibilities of using publicly available remote sensing materials and current methods of their processing for further analysis of monitoring of Arctic territories. For the study, multi-time satellite images were selected for the territory of the island of the October Revolution of the Severnaya Zemlya archipelago. With the help of ENVI and ArcMap software complexes, geoprocessing was carried out to obtain contours of the glacial part of the landscapes and the coastal border of the island. Comparing the results obtained, it was possible to track the significant dynamics of the Vavilov glacier. After analyzing the changes in the glaciers of the island of the October Revolution, it can be concluded that the glaciation of this territory is unstable, due to changes in the area and movement of some glaciers. The conducted experiments show the prospect of using multi-zone images for monitoring Arctic territories.

Keywords: remote sensing data, multispectral satellite imagery, arctic territories, monitoring

Введение

Арктика является зоной особых экономических, геополитических и социальных интересов, однако географические компоненты данного региона до сих пор остаются лишь частично изученными. В этих условиях возникает необходимость мониторинга за экологическим состоянием океана, а особенно его прибрежных областей и островных экосистем, а также оледенением арктической территории.

Исследование Арктики осложнено из-за значительной удаленности от ранее исследованных территорий, что делает применение данных дистанционного зондирования наиболее перспективным способом исследования арктической зоны.

Целью данной работы является изучение возможности применения общедоступных данных дистанционного зондирования при мониторинге арктических территорий на примере острова Октябрьской Революции архипелага Северная Земля.

Для достижения цели планируется выполнить такие задачи:

- рассмотреть соответствующее программное обеспечение для обработки данных ДЗ;
- загрузить космические снимки для их дальнейшей геообработки;
- проанализировать возможность применения данных дистанционного зондирования для мониторинга арктических территорий.

Теоретическая значимость исследования заключается в расширении знаний о мониторинге арктических территорий и применении актуальных данных дистанционного зондирования для достижения цели. Знания, полученные в процессе исследования, могут служить основой для разработки стратегий устойчивого развития арктических регионов.

Практическая значимость исследования представляет методы для мониторинга изменений в арктической среде, что позволяет более точно отслеживать динамику ледяных покровов, а также другие важные аспекты арктической экосистемы.

Методы и материалы

Спутник Landsat представляет из себя серию американских спутников, созданных Национальным управлением по аэронавтике и исследованию космического пространства (NASA) и Геологической службой США (USGS) [1]. Данная серия спутников предназначена для проведения наблюдений Земли и сбора данных о поверхности планеты [2].

Данные спутников распространяются на бесплатной основе сервисом USGS Earth Explorer [3,4], который обеспечивает онлайн-поиск, просмотр, экспорт метаданных и загрузку данных со спутников, самолетов и других ресурсов дистанционного зондирования.

Всего на территорию было отобрано 7 космических снимков со спутников Landsat-5, Landsat-8 и Landsat-9 (таблица 1).

При выборе космических снимков для исследования арктических территорий, необходимо выбирать снимки, сделанные во второй половине лета, так как к этому времени сходит весь снежный покров [5], что упрощает дальнейшую геообработку и анализ данной территории.

Для визуализации и обработки космических снимков был использован программный комплекс ENVI и ArcMap.

ENVI является одним из наиболее популярных и доступных для пользователя программных комплексов для визуализации и обработки данных дистанционного зондирования Земли, который включает в себя различные наборы инструментов для проведения обработки данных – от ортотрансформирования и пространственной привязки изображения до взаимосвязями с данными ГИС [6].

Космические снимки Landsat, использованные в работе

Спутник	Сенсор	Год	Месяц	День	Количество снимков
Landsat-5	MSS	1985	8	9	2
Landsat-8	OLI	2013	8	9	1
Landsat-8	OLI	2013	8	27	1
Landsat-9	OLI	2023	8	4	2
Landsat-9	OLI	2023	8	15	1

Программный комплекс ArcMap является одним из актуальных ГИС для редактирования и анализа данных, создания новых объектов и оформления географических карт [7].

Одним из первых и важных этапов работы с космическими снимками является создание многоканального файла из привязанных изображений космических снимков посредством инструмента «Layer Stacking» [8].

Для выявления объектов на изображении применяются многоспектральные индексы. Использование данных процедур классификации изображений значительно упрощает распознавание визуально просматриваемой ледниковой части ландшафтов [9].

Нормализованный дифференцированный снеговой индекс (NDSI) является цифровым индикатором, показывающий снежный покров над частями суши [10]. В этой формуле [11] используются зеленые и коротковолновые инфракрасные спектральные полосы.

$$NDSI = \frac{(Green - SWIR)}{(Green + SWIR)}, \quad (1)$$

где *Green* – зеленые спектральные полосы; *SWIR* – коротковолновые инфракрасные спектральные полосы.

Визуализация расчета индекса представляет собой полутоновое изображение (рис. 1).

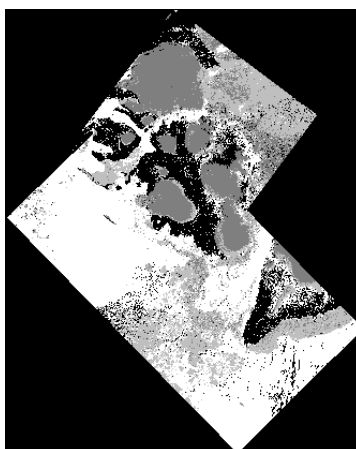


Рис 1. Результат расчета снегового индекса (NDSI) исследуемой территории на примере космического снимка Landsat-9 от 04.08.2023

Результаты

Заключительная часть работы проходила в программе ArcMap. Полученные контура ледниковых ландшафтов были выделены при помощи визуального дешифрирования и применения снегового индекса (рис. 2 и 3).

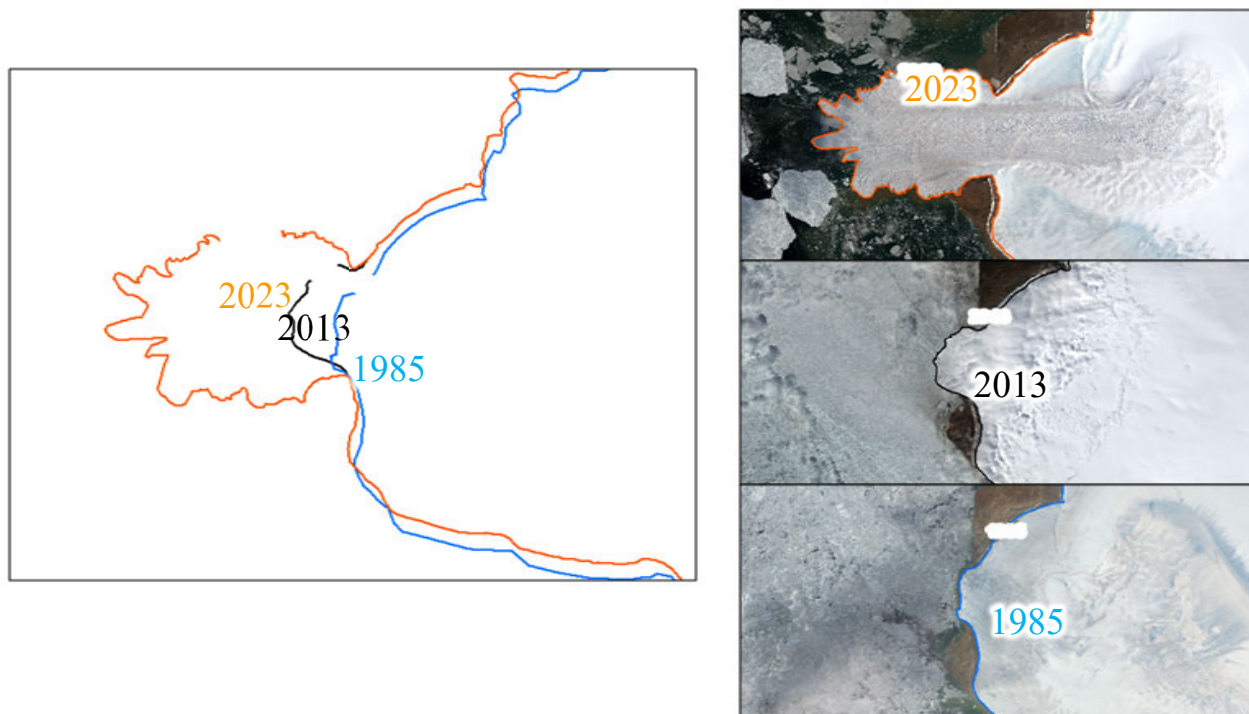


Рис 2. Динамика ледника Вавилова на космических снимках 2023, 2013, и 1985 годов

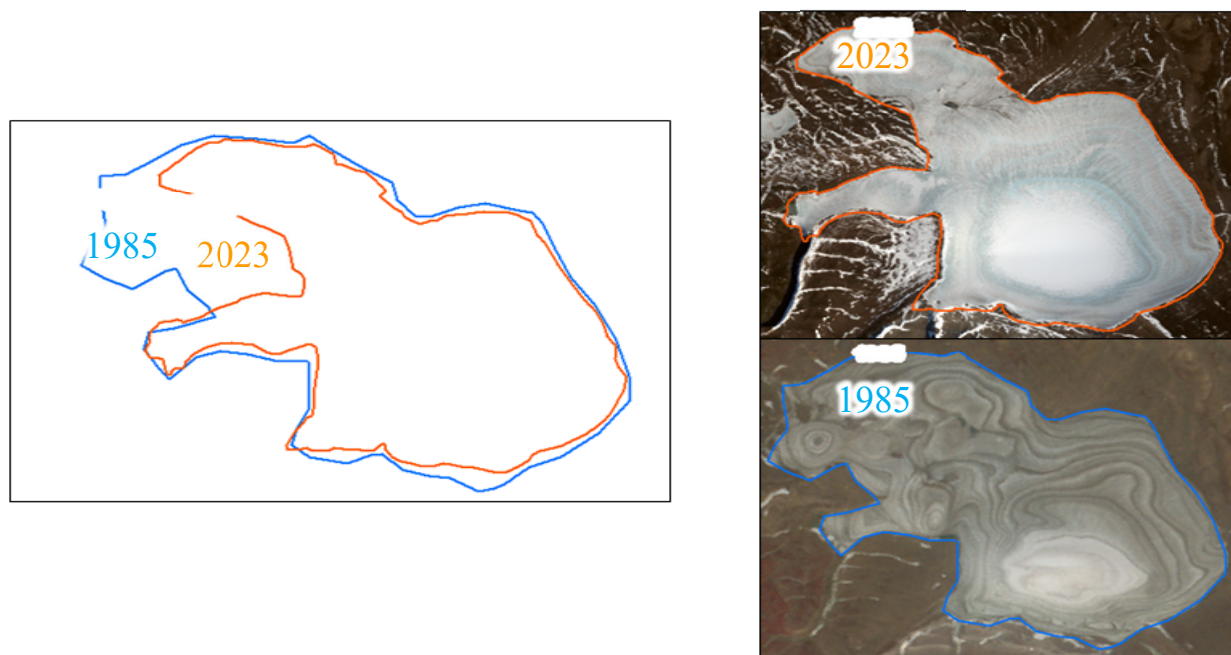


Рис 3. Динамика ледника Дежнёва на космических снимках 2023, 2013, и 1985 годов

Также для анализа изменения границы острова Октябрьской Революции была составлена карта-схема за промежуток 1985–2023 г. (рис. 4).

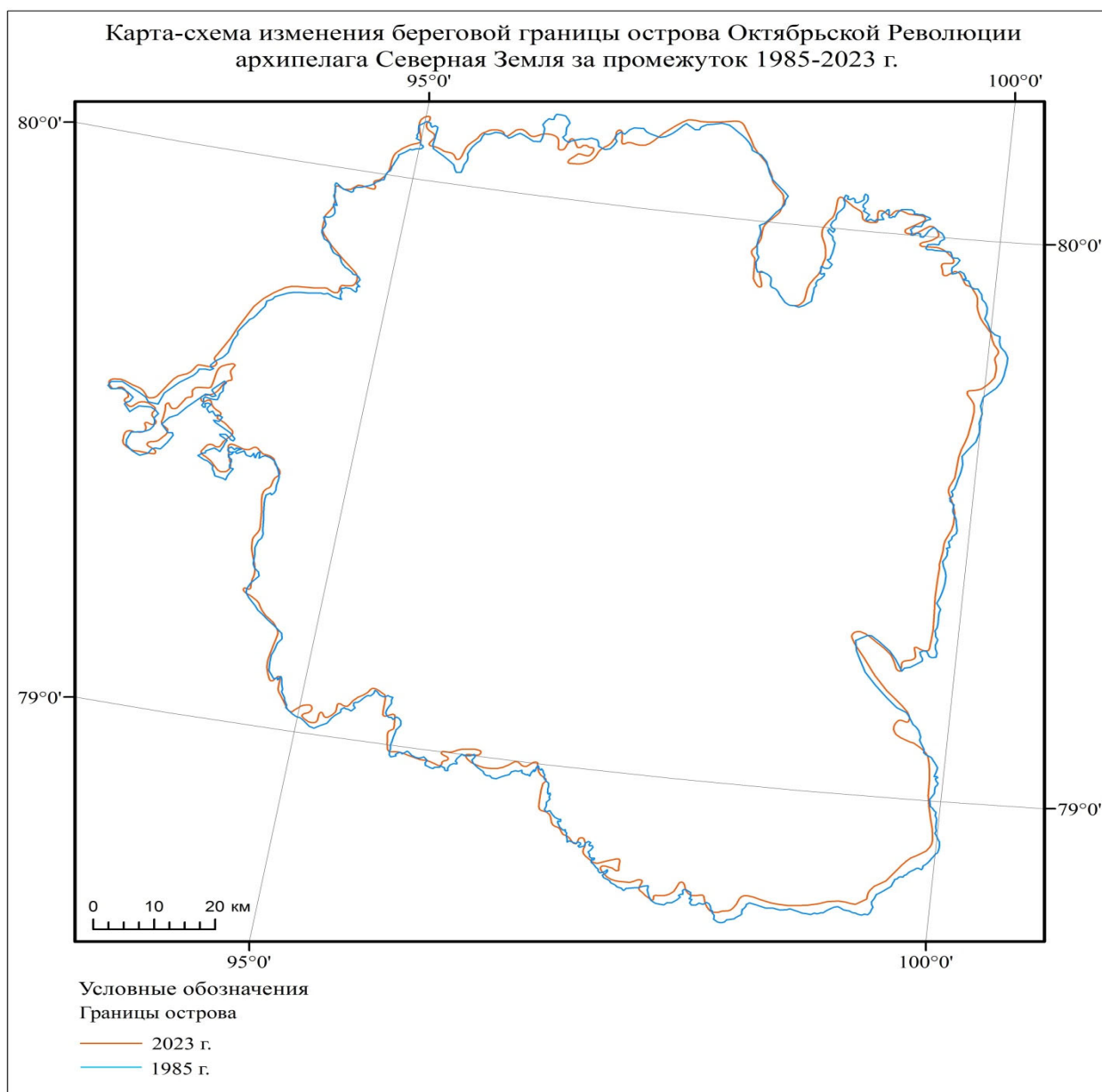


Рис. 4. Карта изменения береговой границы острова Октябрьской революции за промежуток 1985–2023 гг.

Обсуждение

Изучая карту изменения береговой границы острова Октябрьской революции за промежуток 1985–2023 гг. (рис. 4), можно сделать вывод, что границы острова за временной промежуток в 38 лет в целом подверглись малым изменениям.

Значительным изменениям подверглись ледники Вавилова и Дежнёва, как показано на рисунках выше (рис. 2 и 3). Ледник Дежнёва уменьшился по площади за временной промежуток 1985–2023 гг. У ледника Вавилова одна из ча-

стей, вытянутая к берегу, продвигается к морю. По этой причине ледник Вавилова потерял с 2013 года почти 11 процентов массы, или 10,5 млрд тонн льда, так как его скорость сползания очень быстрая – около 5 км в год. В ближайшие годы стоит ожидать дальнейшее таяние ледника и его истончение. Возвращение ледника в прежний вид уже крайне маловероятно.

Проанализировав динамику ледников острова Октябрьской революции, можно прийти к выводу, что оледенение данной территории имеет нестабильный характер, в виду изменений площади и движения некоторых ледников.

Заключение

Дистанционное зондирование предоставляет актуальные и ценные данные о состоянии арктических территорий и оказывается незаменимым инструментом для исследования этого региона. Проведенные эксперименты показывают перспективу использования многозональных снимков для мониторинга арктических территорий в будущих исследованиях, а также для разработки стратегий устойчивого развития этих территорий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дворкин Б. А., Дудкин С. А. Новейшие и перспективные спутники дистанционного зондирования Земли // Геоматика. – 2013. – № 2. – 116 с.
2. Landsat Satellites. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://landsat.gsfc.nasa.gov/satellites/>.
3. USGS Earth Explorer. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://earthexplorer.usgs.gov/>.
4. Геопространственное агентство ИННОТЕР. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://innoter.com/articles/poluchenie-besplatnykh-snimkov-so-sputnikov/>.
5. Костюк Ю. Н. Аэрокосмические методы в геологии: учебно-методическое пособие // ЮФУ. – 2007. – 41 с.
6. Горбачева Е. Н. Программный комплекс ENVI – профессиональное решение для комплексной обработки мультиспектральных, гиперспектральных и радарных данных // Геоматика. – 2013. – № 2. – 116 с.
7. ArcMap Введение. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/latest/map/main/what-is-arcmap-.htm>.
8. Ялдыгина, Н.Б. Использование программного комплекса ENVI для решения задач лесного хозяйства // Геоматика. – 2011. – № 3. – С. 34–39.
9. Третьякова, А. А. Возможности применения данных дистанционного зондирования при картографировании арктических территорий // Регулирование земельно-имущественных отношений в России: правовое и геопространственное обеспечение, оценка недвижимости, экология, технологические решения. – 2022. – № 3. – С. 162-168.
10. Куракина, Н. И. Картографическое моделирование снежного покрова в технологии геоинформационных систем // Известия СПбГЭТУ ЛЭТИ. – 2020. – № 1. – С. 23-27.
11. Dorothy H. K., Riggs G. A. Normalized-difference snow index (NDSI // NASA Goddard Space Flight Center Greenbelt. – 2010. – 2 с.

© А. А. Третьякова, Е. П. Хлебникова, 2024