

УДК 913 (551.4.3)
А. А. Абаньшин¹
Я.П. Попова²

Применение ГИС-технологий с целью мониторинга береговой зоны юго-восточной части о. Сахалин

^{1,2} ФГБОУ ВО «Сахалинский государственный университет», г. Южно-Сахалинск
e-mail: popov.oips@bk.ru

Аннотация. В настоящее время юго-восточная часть о. Сахалин подвержена антропогенной деятельности. Существует ряд причин изменения береговой зоны, природного характера (уменьшение или увеличение ширины береговой полосы ввиду различных природных процессов) и антропогенного (строительство и эксплуатация автомобильных, железных дорог, производственных объектов нефтегазовой отрасли). Статья рассматривает применение ГИС-технологий для мониторинга береговой зоны района исследования. Результаты исследования позволяют составить картографический материал с помощью программного обеспечения ArcGIS. Авторы описывают алгоритм применения ГИС-технологии, которая включает в себя современное состояние береговой зоны, приливных и отливных волн, а также другие факторы, влияющие на изменчивость берега. С использованием картографического материала, сделан анализ изменений в береговой зоне в разные периоды времени. Цель статьи заключается в исследовании возможностей использования ГИС-технологий для проведения эффективного мониторинга и управления береговой зоной на территории юго-восточной части о. Сахалин. В статье представлены результаты исследования, включая анализ данных ГИС, аэрофотоснимков. В результате исследования было выявлено, что использование ГИС-технологий позволяет эффективно осуществлять мониторинг за изменениями в береговой зоне юго-восточной части о. Сахалин и предсказывать возможные риски. Это позволяет принимать более обоснованные решения в планировании и реализации проектов по освоению природных ресурсов и охране окружающей среды.

Таким образом, статья подтверждает, что применение ГИС-технологий имеет большой потенциал для мониторинга и управления береговой зоной на острове Сахалин, что может способствовать более эффективному и устойчивому использованию природных ресурсов этого региона.

Ключевые слова: береговая зона, ГИС-технологии, мониторинг, о. Сахалин, космические снимки.

Введение

За последние десятилетия береговая зона юго-восточной части острова Сахалин стала объектом повышенного внимания в связи с развитием нефтегазовой промышленности и строительством гидротехнических сооружений. В связи с этим возникла потребность в системе мониторинга и управления этой уязвимой природной средой. Одним из наиболее эффективных и многофункциональных инструментов для мониторинга береговой зоны являются геоинформационные системы (ГИС). ГИС объединяют в себе пространственные

данные, включающие географические координаты, атрибутивные данные, такие как характеристики объектов и инструменты для анализа, и визуализации этих данных.

В данной статье рассматривается применение ГИС-технологий для мониторинга береговой зоны юго-восточной части острова Сахалин. Основной целью мониторинга является определение динамики изменений в прибрежной зоне, выявление угроз и рисков, а также планирование и принятие решений по охране и управлению этой территорией.

В статье рассматриваются различные аспекты применения ГИС в мониторинге береговой зоны, включая сбор и обработку данных, создание баз данных, анализ и визуализацию результатов по 2004 г., 2008 г., 2012 г., 2021 г.

Особое внимание уделяется проблемам сбора данных в береговой зоне, так как она является сложной и непредсказуемой средой. Существуют различные методы сбора данных, такие как дистанционное зондирование с использованием спутниковых снимков, БПЛА, наземные обследования и другие. В статье приводятся примеры конкретных задач и исследований, выполненных с использованием ГИС-технологий в береговой зоне юго-восточной части о. Сахалин, рассматривается динамика изменений побережья.

Материалы и методы

Исследования проводились на основе космических снимков спутников Landsat 7 и Landsat 8. Временной диапазон исследования составил с 2004 по 2021 год.

Изучению береговой зоны острова Сахалин посвящены работы ряда авторов Афанасьев В.В. (1991 - 2019 гг.), Бровко П.Ф. (1999 – 2022 гг.), Онищенко Д.А. (2021 г.), Горбунов А.О. (2010 год). Помимо опыта коллег, в работе были использованы: Информация из Атласа Сахалинской области и Интернет-ресурсы.

Результаты и обсуждения

Берега острова Сахалин сложены, в основном, породами, которые имеют среднюю или слабую устойчивость к абразионным процессам, такими как: суглинки, галечники, алевролиты, аргиллиты. При этом мысы, как правило, слагаются более устойчивыми к абразии породами, в частности вулканическими [1].

Берега слабо изрезаны, в средней и южной части острова имеются крупные заливы. Как показано на рисунке 1, характерна выровненная береговая линия и многочисленные лоцины, образующиеся в устьевых зонах, характерны для восточной части [2].



Рис. 1. Часть восточного побережья острова Сахалин

Геоинформационные системы представляют собой мощные инструменты анализа и визуализации пространственных данных. Они объединяют географическую информацию с базами данных, позволяя исследователям проводить различные аналитические и пространственные операции. Как упомянуто выше, для выделения линии берега были использованы снимки спутника Landsat 7 и Landsat 8 [3]. Главными критериями входных параметров являлась минимальное значение облачности и бесснежный, преимущественно летний, период произведенных снимков. Временной диапазон исследования составил с 2004 по 2021 год, было взято 4 снимка с данного периода с средним интервалом в 5 лет.

По отобранным снимкам был посчитан индекс NDWI. Данный индекс используется для мониторинга изменчивости содержания воды, так как водоемы сильно поглощают свет в видимом и инфракрасном электромагнитном спектре, при расчете данного индекса используют зеленый и ближний инфракрасный диапазоны для выделения водных поверхностей, относительно суши. Формулы расчета для различных систем сбора представлен в таблице 1 [4].

Таблица 1.

Формулы NDWI

Название спутника	Формула расчета
Sentinel-2	$(B03 - B08) / (B03 + B08)$
Landsat 1-5 MSS	$(B01 - B04) / (B01 + B04)$
Landsat 4-5 TM	$(B03 - B05) / (B03 + B05)$
Landsat 7 ETM+	$(B02 - B04) / (B02 + B04)$
Landsat 8	$(B03 - B05) / (B03 + B05)$
MODIS	$(B04 - B02) / (B04 + B02)$

В результате расчета был получен растровый файл по каждому исследуемому году с значением индекса NDWI (Рис. 2). В котором была применена условная классификация «суша-море». При классификации производился и визуальный анализ снимков для наиболее корректного выбора знаний для определения границы «суша-вода». Данная операция была произведена для выполнения преобразований с целью получения линии берега исследуемой части Охотского моря юго-восточного Сахалина с помощью программ QGis и ArcMap.



Рис. 2. Фрагмент снимка южной части о. Сахалин с посчитанным индексом NDWI с примененной классификацией (2004 г.)

Для анализа изменения береговой линии использовался метод геопространственного анализа, который с помощью ГИС-технологий позволяет проанализировать пространственные данные, для определения изменений в береговой зоне юго-восточной части о. Сахалин, такие как смещения побережья или изменения в ее форме. Кроме того, результаты изменений береговой зоны будут, представлены в виде картосхем.

По итогам работ построены береговые линии, которые были вынесены с использованием подложки (Подложка была взята из средств ArcMap для визуализации) (рис.3).

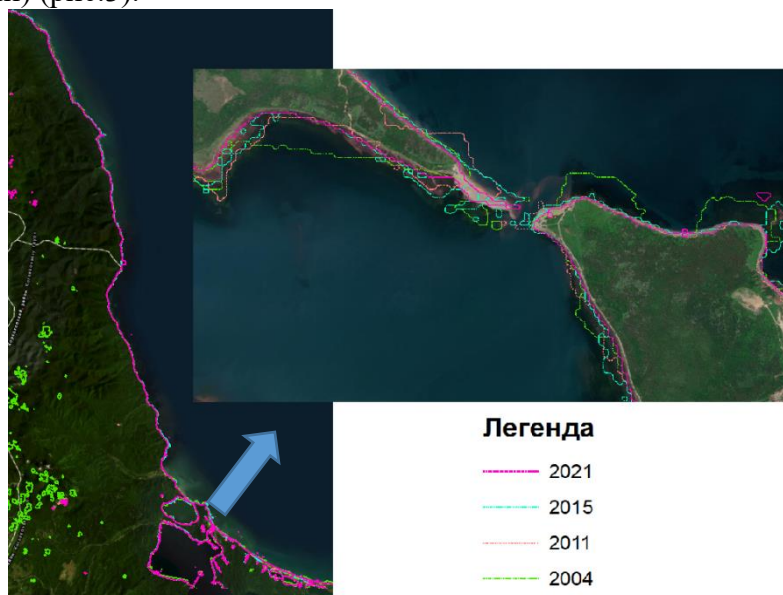


Рис. 3. Обзорная схема и район исследования (Юго-восточная часть острова Сахалин, устье озера Изменчивого)
Составлено авторами

На основе проведенного исследования нами были выделены участки береговой зоны юго-восточной части о. Сахалин, наиболее подверженные изменениям. В статье представлен в качестве примера первый участок, расположенный в устье озера Изменчивое. Интерпретация результатов говорит о том, что с течением лет характер строения устьевой зоны менялся. Это видно и, по визуальной оценке, и по построенным линиям. При анализе временных изменений видна степень изменения устьевой зоны и ее размеры.

На рисунке 4, для примера, показана часть результатов исследования изменения береговой линии, с 2004 г по 2011 гг. В данном случае уменьшение протоки, происходило ввиду следующих факторов: перемещение материалов абразии с северной части острова и выноса материала с р. Очепуха, а также отсутствие достаточного притока в водоем для «перелива» воды поверх гребня и, соответственно, достаточного воздействия на отложения морской части [5].



Рис. 4. Обзорная схема района. Информация от 2004 и 2011 года
Составлено авторами

Полное замывание протоки приведет к повышению температуры воды в озере, опреснению и эвтрофикации, что в свою очередь ведет изменению состояния видового разнообразия.

Именно по этой причине, мониторинг береговой линии, в частности, с анализом изменений за некоторое количество лет, играет важную роль для анализа береговой зоны и прогноза ее изменений.

В результате проведенного исследования были получены карты-схемы, иллюстрирующие часть береговой линии юго-восточного побережья острова Сахалин на протяжении 2004 - 2021 гг. Эти материалы демонстрируют потенциал применения геоинформационных систем (ГИС) для анализа динамики береговой зоны.

Использование данного метода представляет собой эффективный инструмент для анализа береговой линии, но он также имеет ряд ограничений. В частности, пространственное разрешение получаемых изображений часто оказывается недостаточным для исследования локальных территорий, что делает данный метод более подходящим для площадных исследований. Кроме того, затруднения могут возникнуть при определении самой береговой линии из-за вариативности значений индекса NDWI. В связи с этим для осуществления классификации требуется более тщательный выбор диапазона значений, что поспособствует повышению точности исследований.

Несмотря на указанные недостатки, данный метод обладает важным преимуществом: возможность проведения исследований с учетом временных изменений, что позволяет осуществлять прогнозирование будущих трансформаций береговой линии благодаря наличию общедоступной базы разновременных спутниковых снимков.

Заключение

В процессе работы была получена схема береговых линий, на основе которой можно осуществить анализ их изменчивости. Применение космических снимков и их обработка с использованием индекса NDWI представляет собой доступный и эффективный метод для исследования береговой зоны. Однако для повышения точности результатов необходима более тщательная настройка параметров метода. Как было упомянуто ранее, данный подход может быть особенно полезен для проведения площадных исследований, если внести незначительные корректировки. Эти первичные исследования могут служить основой для более детальных последующих работ, таких как инструментальные измерения или использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА).

Литература

1. Атлас Сахалинской области // Главное Управление Геодезии и Картографии при Совете Министров СССР. Москва, 1967
2. Сахалин и Курилы. География. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.sakhalin.ru/Region/geography.html> (дата обращения: 20.04.24)
3. U.S. Geological Survey [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://earthexplorer.usgs.gov/> (дата обращения: 25.04.24)
4. NDWI Normalized Difference Water Index [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://custom-scripts.sentinel-hub.com/custom-scripts/sentinel-2/ndwi/> (дата обращения: 22.04.24)
5. Горбунов А. О., Шевченко Г. В., Ковалев П. Д., Чернов А. Г., Частиков В. Н. Природные условия замывания протоки озера изменчивое (юго-восточное побережье острова Сахалин) // Вестник ДВО РАН. 2010. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prirodnye-usloviya-zamyvaniya-protoki-ozera-izmenchivoe-yugo-vostochnoe-poberezhie-ostrova-sahalin> (дата обращения: 06.10.2024).
6. Бровка П. Ф., Микишин Ю. А. Современные тенденции развития берегов северо-восточного Сахалина // Гидрометеорологические и экологические условия дальневосточных морей: оценка воздействия на морскую среду: Тематический вып ДВНИГМИ №2. Владивосток: Дальнаука, 1999. С. 193-203.
7. Афанасьев В. В. Проблемы берегопользования Сахалинской области // Проблемы региональной экологии. 2010. С. 142–148.

А. А. Abanshin¹,
Y. P. Popova²

The use of GIS technologies to monitor the coastal zone of the southeastern part of the island Sakhalin

^{1,2} Sakhalin State University", Yuzhno-Sakhalinsk
e-mail: ¹ popov.oips@bk.ru

Abstract. *Currently, the southeastern part of Sakhalin Island is subject to anthropogenic activity. There are a number of reasons for changes in the coastal zone, natural (decrease or increase in the width of the coastal strip due to various natural*

processes) and anthropogenic (construction and operation of roads, railways, oil and gas production facilities). The article considers the use of GIS technologies for monitoring the coastal zone of the study area. The results of the study allow us to compile cartographic material using ArcGIS software. The authors describe an algorithm for applying GIS technology, which includes the current state of the coastal zone, tidal waves, as well as other factors affecting coastal variability. An analysis of changes in the coastal zone in different periods of time was made by using cartographic material. The purpose of the article is to study the possibilities of using GIS technologies for effective monitoring and management of the coastal zone in the southeastern part of Sakhalin Island. The article presents the results of the study, including the analysis of GIS data, aerial photographs. The study revealed that the use of GIS technologies allows for effective monitoring of changes in the coastal zone of the south-eastern part of Sakhalin Island and predicting possible risks. This allows for more informed decisions in planning and implementing projects for the development of natural resources and environmental protection.

Thus, the article confirms that the use of GIS technologies has great potential for monitoring and managing the coastal zone on Sakhalin Island, which can contribute to more efficient and sustainable use of the region's natural resources.

Keywords: *coastal zone, GIS technologies, monitoring, Sakhalin Island, satellite images.*

References

1. Atlas Sahalinskoj oblasti // Glavnoe Upravlenie Geodezii i Kartografii pri Sovete Ministrov SSSR. Moskva, 1967. (in Russian)
2. Sahalin i Kurily. Geografiya. URL: <http://www.sakhalin.ru/Region/geography.html>
3. U.S. Geological Survey URL: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. (in Russian)
4. NDWI Normalized Difference Water Index URL: <https://custom-scripts.sentinel-hub.com/custom-scripts/sentinel-2/ndwi/>.
5. Gorbunov A. O., Shevchenko G. V., Kovalev P. D., Chernov A. G., Chastikov V. N. Prirodnye usloviya zamyvaniya protoki ozera izmenchivoe (yugo-vostochnoe poberezh'e ostrova Sahalin) // Vestnik DVO RAN. 2010. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prirodnye-usloviya-zamyvaniya-protoki-ozera-izmenchivoe-yugo-vostochnoe-poberezhie-ostrova-sahalin>. (in Russian)
6. Brovko P. F., Mikishin YU. A. Sovremennye tendencii razvitiya beregov severo-vostochnogo Sahalina // Gidrometeorologicheskie i ekologicheskie usloviya dal'nevostochnyh morej: ocenka vozdejstviya na morskuyu sredu: Tematicheskij vyp DVNIGMI №2. Vladivostok: Dal'nauka, 1999. S. 193-203. (in Russian)
7. Afanas'ev V. V. Problemy beregopol'zovaniya Sahalinskoj oblasti // Problemy regional'noj ekologii. 2010. S. 142–148. (in Russian)

Поступила в редакцию 30.10.2024 г.