

Жирова Алёна Дмитриевна

Студент 1 курса, Автономная некоммерческая организация высшего образования “Центральный университет”, направление “Бизнес информатика”; студент 1 курса, Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», направление “Экономика и Финансы”, Россия, город Москва

*Научный руководитель: Дьячковский Роман Андреевич
аспирант, инженер-исследователь кафедры Прикладной Экологии
Биологического факультета Санкт-Петербургского государственного
университета, Россия, город Санкт-Петербург*

ДИНАМИКА СОСТОЯНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ТЕРРИТОРИЙ, ПРИЛЕГАЮЩИХ К СЕВЕРНОМУ МОРСКОМУ ПУТИ ВБЛИЗИ ПОРТА САБЕТТА

Аннотация: в статье на примере района порта Сабетта (полуостров Ямал) рассматривается временная динамика растительного покрова территорий, прилегающих к Северному морскому пути. С использованием данных Landsat 8-9 и ГИС-систем выполнен расчет вегетационного индекса NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) за 2016–2022 гг. Выявлена прямая корреляция NDVI с температурой, значимой зависимости от влажности не обнаружено. Устойчивого тренда увеличения вегетационной активности не выявлено, что может быть связано с недостаточной длительностью ряда и компенсационными процессами. Результаты дополняют представления о реакции арктической растительности на климатические изменения на мезоуровне.

Ключевые слова: Северный морской путь, порт Сабетта, дистанционное зондирование Земли, NDVI, арктические экосистемы, растительный покров, ГИС-технологии, изменение климата, полуостров Ямал.

Abstract: The article examines the temporal dynamics of vegetation cover in the territories adjacent to the Northern Sea Route, using the area near the port of Sabetta (Yamal Peninsula) as a case study. Using Landsat 8-9 data and GIS technologies, the NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) vegetation index was calculated for the period 2016–2022. A direct correlation was revealed between NDVI and temperature, while no significant dependence on humidity was found. No stable trend towards an increase in vegetation activity was identified, which may be due to the insufficient length of the time series and compensatory processes. The results complement the understanding of the response of Arctic vegetation to climatic changes at the meso-level.

Keywords: Northern Sea Route, port of Sabetta, remote sensing of the Earth, NDVI, Arctic ecosystems, vegetation cover, GIS technologies, climate change, Yamal Peninsula.

Введение

Северный морской путь (СМП) — важнейшая транспортная артерия Арктики, однако его расположение обуславливает ледовые ограничения. Арктика уникальна и уязвима, что требует особых подходов к освоению и регулярного мониторинга с применением ГИС-технологий и данных дистанционного зондирования Земли. Актуальность исследования связана с противоречием между растущей антропогенной нагрузкой и низкой устойчивостью экосистем. Новизна — в рассмотрении динамики растительного покрова на мезоуровне (детальнее, чем в аналогичных работах). Гипотеза — глобальное потепление увеличило первичную продукцию в Арктике. Объект — территория у порта Сабетта (п-ов Ямал), предмет — динамика растительности во взаимосвязи с температурой и влажностью. Цель — изучение этой динамики. Задачи: анализ литературы, расчет NDVI, сравнение с метеопараметрами, формулировка выводов.

Использованы методы: аналитический, ГИС-картографирования, корреляционный.

Обзор литературы

Широкомасштабное освоение Арктики обуславливает большое количество работ в области экологической безопасности региона, изучения наземных и морских экосистем. Многие исследования указывают на то, что таяние льдов Арктики является необратимым явлением, способствующим формированию СМП как морского транспортного маршрута, что окажет как положительное, так и отрицательное влияние на экологическую ситуацию прилегающих территорий [1]. По результатам спутникового мониторинга за 40 лет отмечено устойчивое сокращение площади ледяного покрова, особенно в летний сезон, причем в последнее десятилетие (2009–2018 гг.) скорость уменьшения заметно возросла [2].

Для оценки антропогенной нагрузки в ходе освоения региона рекомендуется использовать методы и технологии больших данных, в частности, систему геоэкологического информационного моделирования (GIMS), технология которой базируется на соединении функций ГИС с приемами математического моделирования [3]. Существует ряд исследований, посвященных растительному покрову территорий. Некоторые ученые определяют проблему сохранения естественного многообразия тундровых фитоценозов, которая усугубляется интенсивным техногенным воздействием и изменениями температурных режимов мерзлых грунтов [4]. Группа ученых из США подтверждает, что помимо прямого техногенного воздействия, растительность испытывает влияние изменения климатических факторов [5].

Однако стоит отметить, что зачастую данные работы затрагивают обширные природно-территориальные комплексы (полуостров, регион). В нашей работе динамика растительного покрова рассматривается более детализированно, на мезоуровне.

Материалы и методы исследования

Основные методы, используемые в работе: аналитический и ГИС-картографирование в программе Quantum GIS 3.22. Для расчета вегетационного индекса использовались снимки Landsat 8-9 OLI/TIRS со spatial resolution 30 м.

Исследование (май 2026 – июнь 2026) включало: поиск космоснимков Landsat 8-9 за 2016–2022 гг. (июль–август, облачность до 20%) в базе USGS Earth Explorer; радиометрическую и атмосферную коррекцию в QGIS 3.22 с плагином SCP [11]; расчет NDVI по формуле $(NIR-RED)/(NIR+RED)$ с использованием каналов 4 и 5; построение картосхем и извлечение значений в регулярных точках; анализ метеоданных (температура, влажность) с метеостанции Сеяха за 2016–2023 гг.

Результаты исследования

Построены картосхемы NDVI за 2016, 2018, 2019 и 2022 гг. (рис. 1–4). Температурный режим имеет ярко выраженный сезонный характер (график 1): максимум +30°C (июль 2016), минимум -41°C (декабрь 2016). В 2016–2018 гг. среднемесячные температуры понизились на 4°C, теплый период сократился на месяц. В 2019 г. зафиксированы самые низкие летние температуры, в 2022 г. – их повышение. Значения NDVI (график 2): в 2016 г. – до 0,35, в 2018 г. – до 0,32 (с преобладанием желтых тонов на картосхемах), в 2019 г. – не выше 0,2, в 2022 г. – вернулись к уровню 0,32. Влажность (график 3) снижалась летом до 40% (июль 2018), но значимой корреляции с NDVI не выявлено.

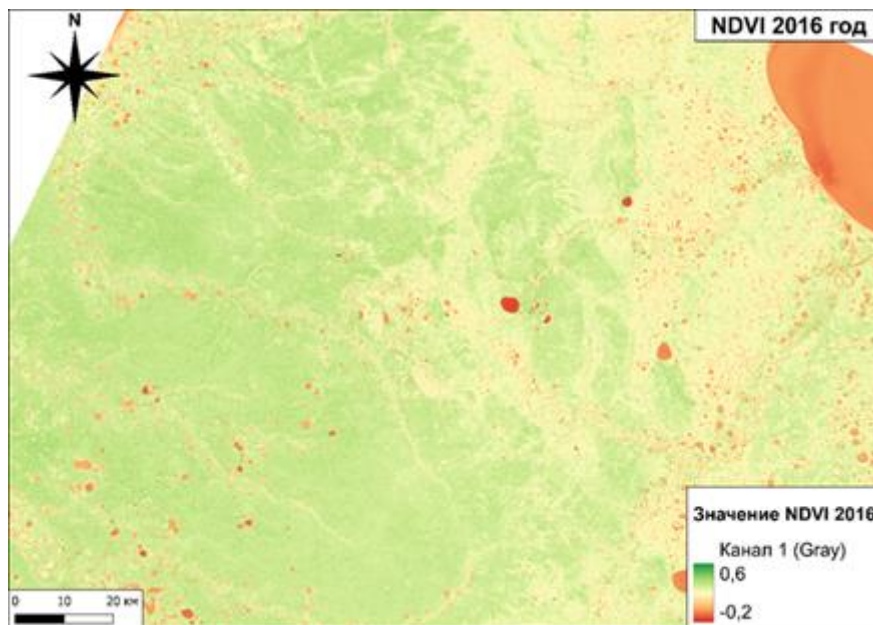


Рисунок 1. Значения NDVI 2016 год.

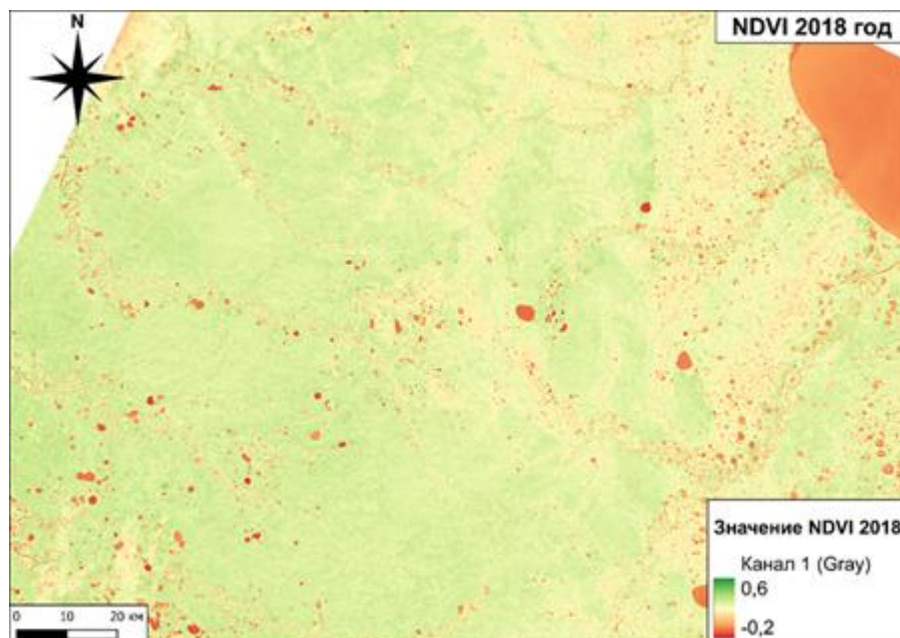


Рисунок 2. Значения NDVI 2018 год.

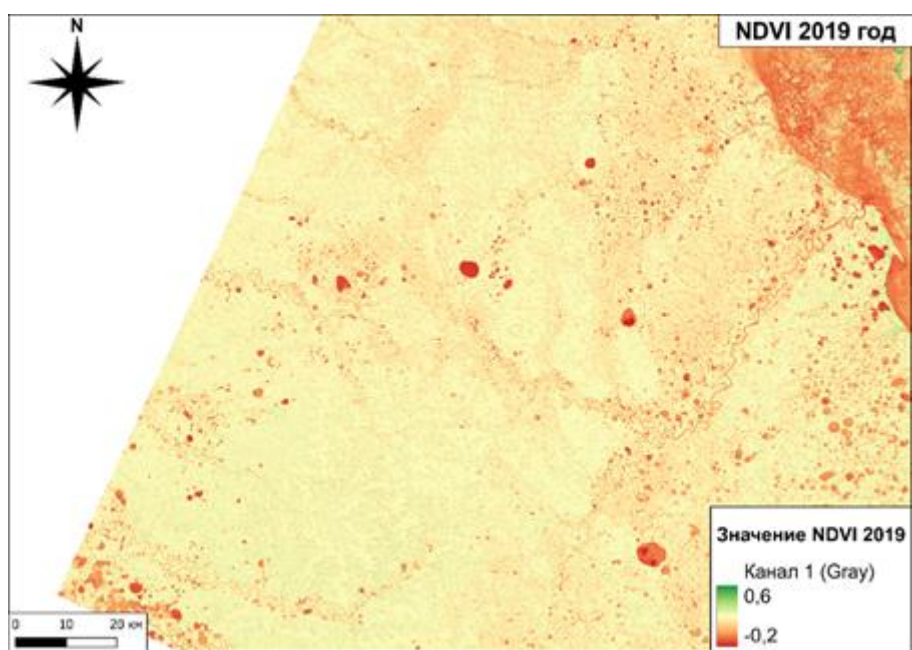


Рисунок 3. Значения NDVI 2019 год.

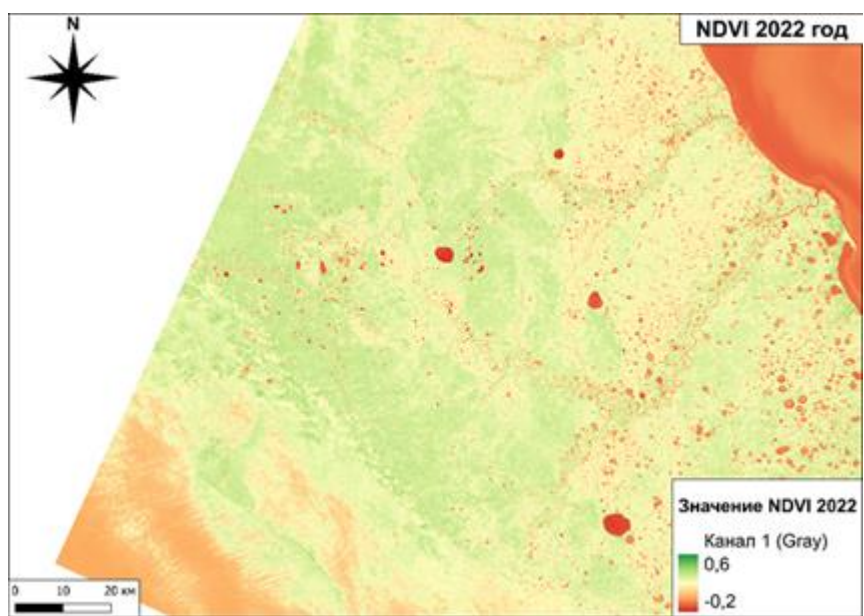


Рисунок 4. Значение NDVI 2022.

График 1. Сезонное изменение среднемесячной температуры.

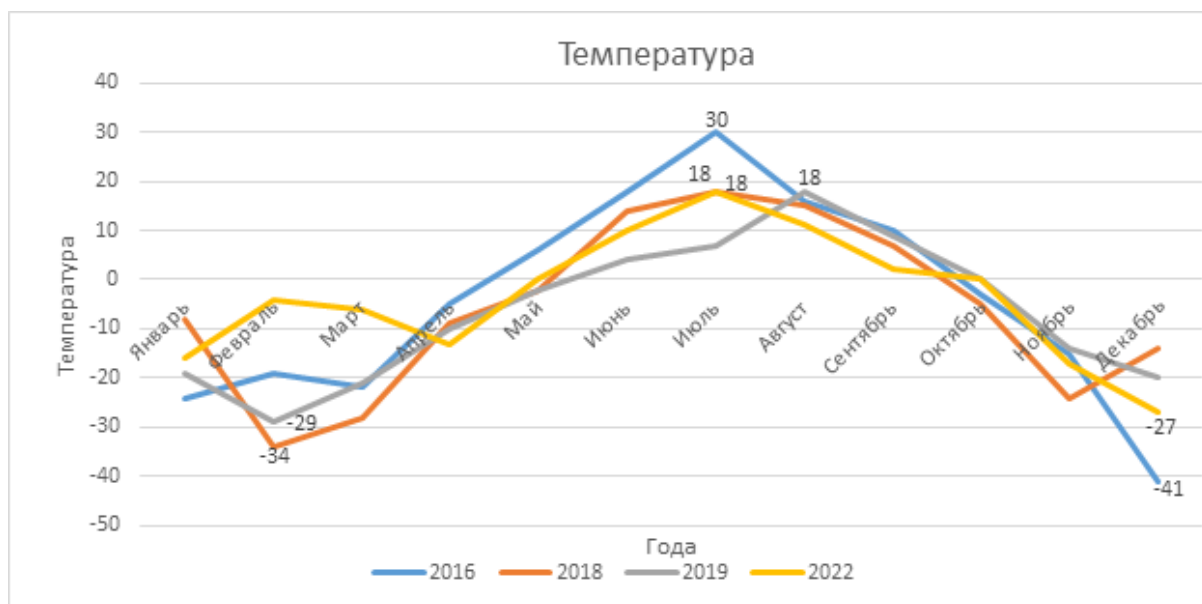


График 2. Изменение индекса NDVI за выбранный период.

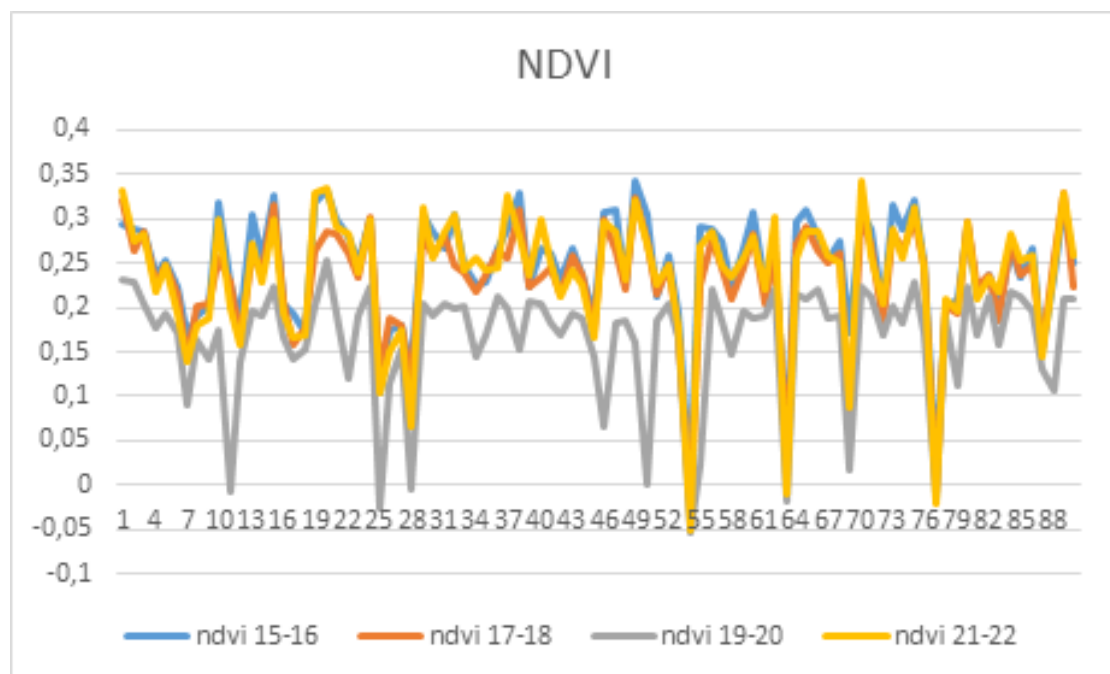
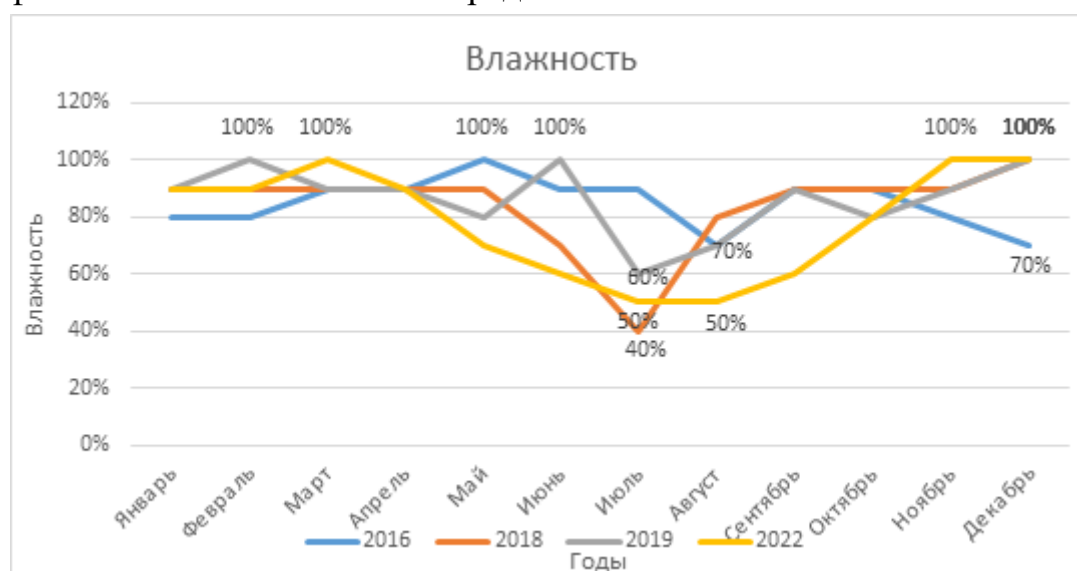


График 3. Сезонное изменение среднемесячной влажности



Температура в рассматриваемый период не показала устойчивой динамики роста, что может объясняться коротким временным интервалом. Значения NDVI также не имели четкой динамики, отмечался период понижения активности в 2019 г. Выявлена корреляция NDVI с температурой (прямая зависимость), но не с влажностью. Эти результаты не противоречат данным других авторов [6], объясняющих относительное постоянство NDVI деградационными процессами, компенсирующими прирост биомассы (в т.ч. из-за выпаса оленей), а также относительной пассивностью арктических экосистем. Аналогичные выводы получены в работах [7–10]

Выводы

1. Анализ литературы подтвердил наличие тенденций глобальной перестройки экосистем тундрово-таежной зоны, однако большинство работ выполнено на макроуровне.
2. Расчет NDVI за 2016–2022 гг. не выявил устойчивого тренда вегетационной активности; установлена прямая корреляция NDVI с температурой, значимой зависимости от влажности не обнаружено.
3. Гипотеза о влиянии глобального потепления на увеличение биомассы в регионе не подтверждена, что может быть обусловлено

коротким периодом наблюдения, пассивностью арктических экосистем и их антропогенной трансформацией.

Направления дальнейшей работы включают увеличение выборки космоснимков для построения более длительного временного ряда и оценку влияния судоходства на арктические экосистемы.

Список литературы

1. Багдасарян А. А. Основные экологические проблемы Северного морского пути в перспективе его развития // Российская Арктика. – 2020. – № 2. – С. 5-12.

2. Юлин А. В., Вязигина Н. А., Егорова Е. С. Межгодовая и сезонная изменчивость площади льдов в Северном Ледовитом океане по данным спутниковых наблюдений // Российская Арктика. – 2019. – № 7. – С. 49-59.

3. Варотсос К. А., Крапивин В. Ф., Мкртчян Ф. А. Новые информационно-моделирующие инструментальные технологии для оперативной диагностики Арктических вод // Всероссийская научная конференция с международным участием «Земля и космос» к столетию академика РАН К.Я. Кондратьева. – 2020. – С. 123-128.

4. Чебакова Н.М., Рекфельд Г.Э., Парфенова Е.И. От зон растительности к климатическим типам: последствия потепления климата для сибирских экосистем // Сибирский экологический журнал. – 2010. – № 5. – С. 683-694.

5. Gonzalez P. et al. Global patterns in the vulnerability of ecosystems to vegetation shifts due to climate change // Global Ecology and Biogeography. – 2010. – Vol. 19. – No. 6. – P. 755-768.

6. Congedo L. Semi-Automatic Classification Plugin: A Python tool for the download and processing of remote sensing images in QGIS // Journal of Open Source Software. – 2021. – Vol. 6. – No. 64. – P. 3172.

7. Варламова Е.В., Соловьев В.С. Мониторинг растительного покрова арктической зоны Восточной Сибири по спутниковым данным // Природные ресурсы Арктики и Субарктики. – 2012. – № 2. – С. 47-53.

8. Горбунова А. М. Мониторинг запасов надземной фитомассы в южных тундрах Ямала // Климатические изменения и сезонная динамика ландшафтов: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Екатеринбург, 22–24 апреля 2021 года. – Екатеринбург, 2021. – С. 210-217.

9. Ларичева Н. Д., Киселева К. А. Применение БПЛА и показателя NDVI в сельском хозяйстве // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2021. – Т. 18. – № 3. – С. 115-124.

10. Полякова Е. В. Оценка растительного покрова острова Вайгач по данным дистанционного зондирования Земли в условиях изменяющегося климата // Арктика: экология и экономика. – 2015. – № 4 (20). – С. 72-79.

11. Тишков А.А., Кренке-мл. А.Н. «Позеленение» Арктики в XXI в. как эффект синергизма действия глобального потепления и хозяйственного освоения // Арктика: экология и экономика. – 2015. – № 4(20). – С. 28-37.