

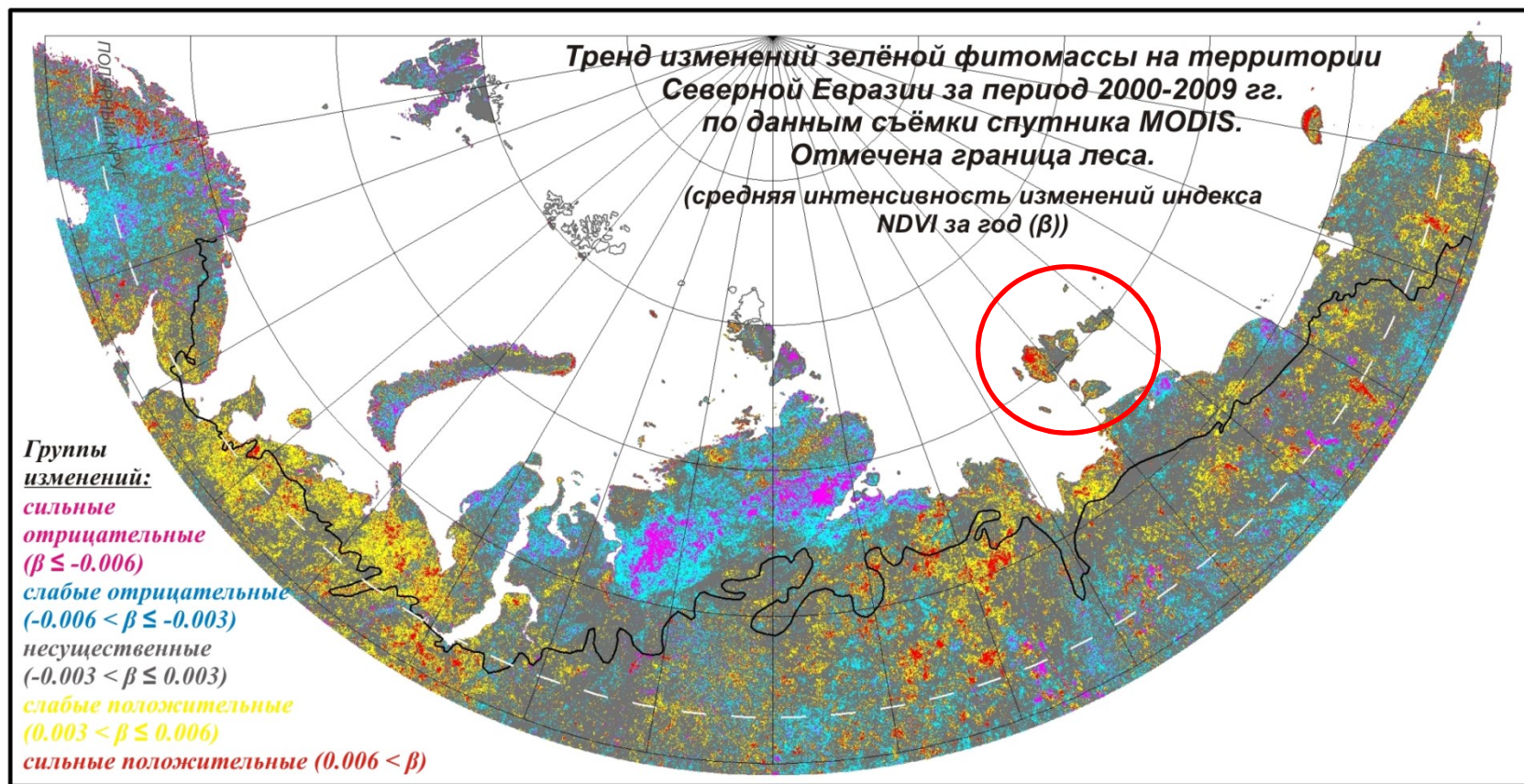
Изменения продуктивности растительного покрова Новосибирских островов по спутниковым изображениям последних десятилетий

Елсаков В.В.

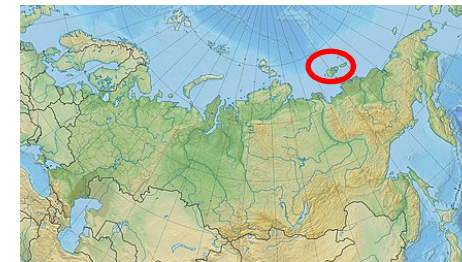
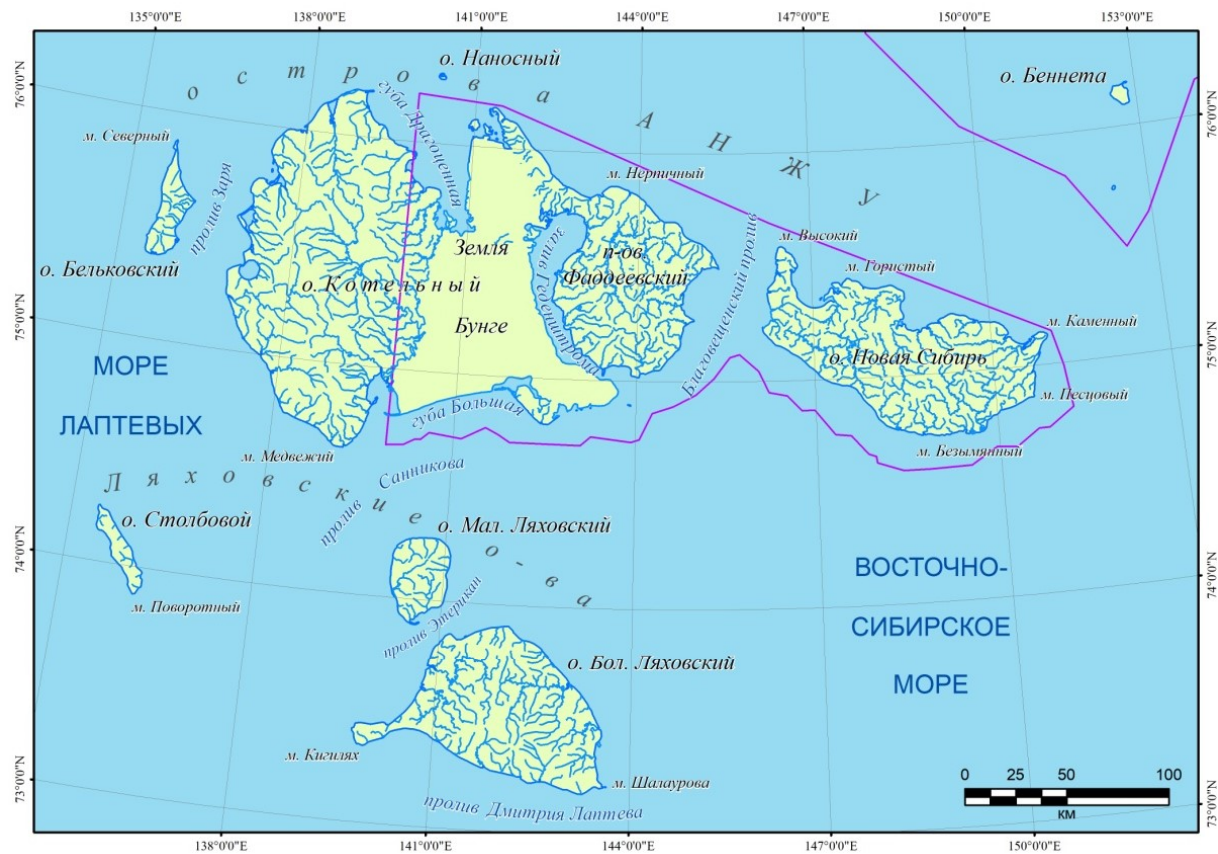
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН



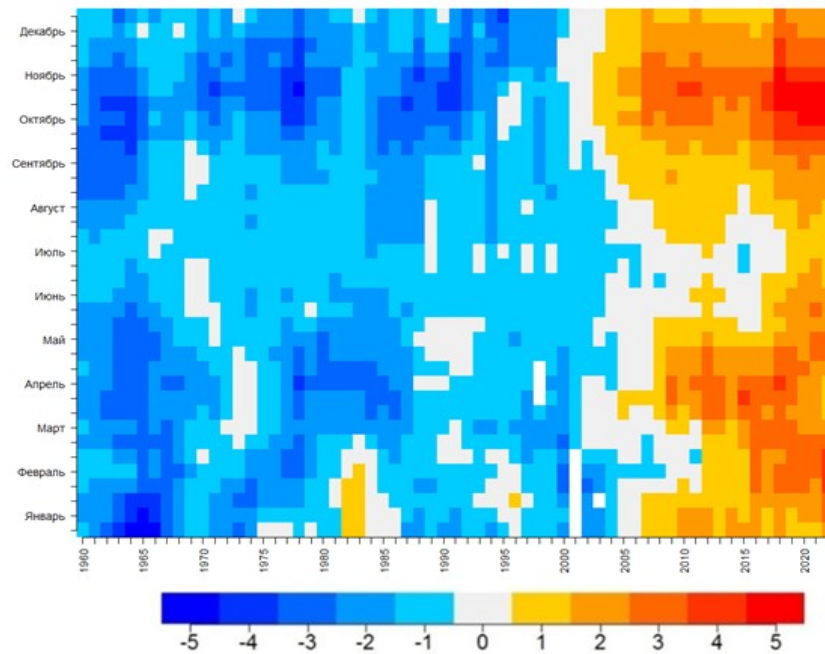
ИКИ РАН, 2003



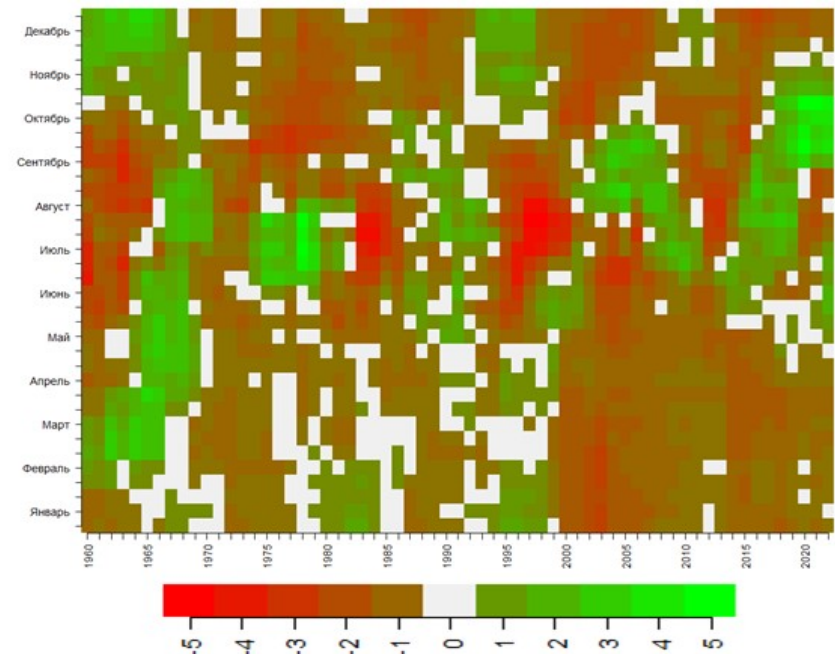
Елсаков В.В. Пространственная и межгодовая неоднородность изменений растительного покрова тундровой зоны Евразии по материалам съёмки MODIS 2000-2016 гг. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Т. 14. №6. С. 56-72.



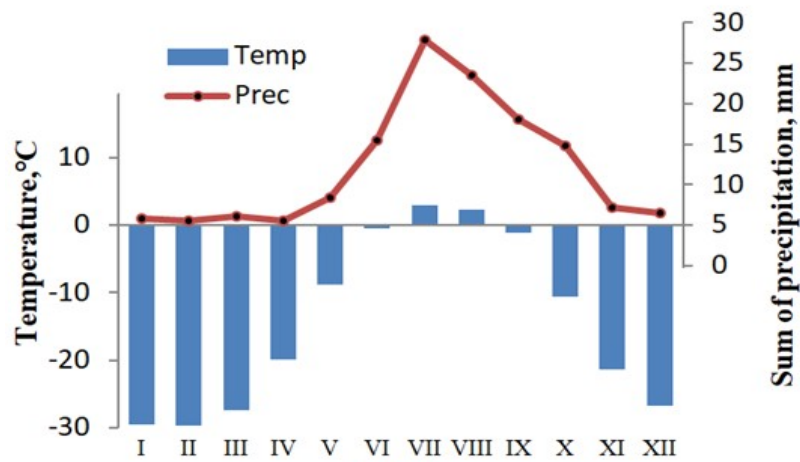
Расположение островов архипелага «Новосибирские острова», отмечена граница Государственного природного заказника федерального значения «Новосибирские острова» (распоряжение Правительства РФ от 02.03.2018 г. №352-р.).



А.



Б.



В.

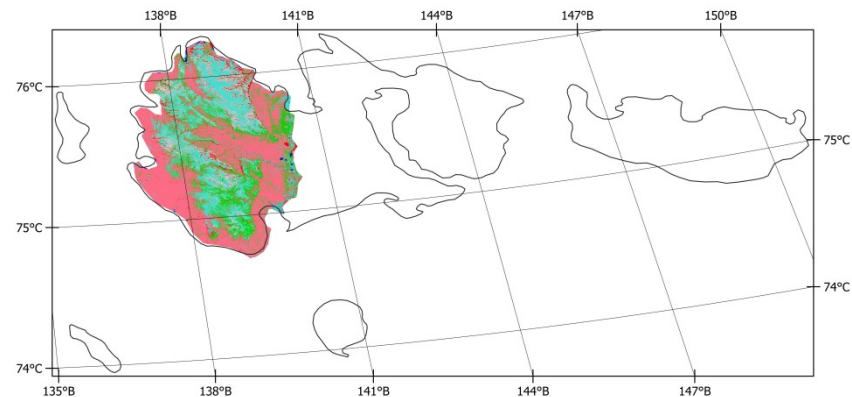
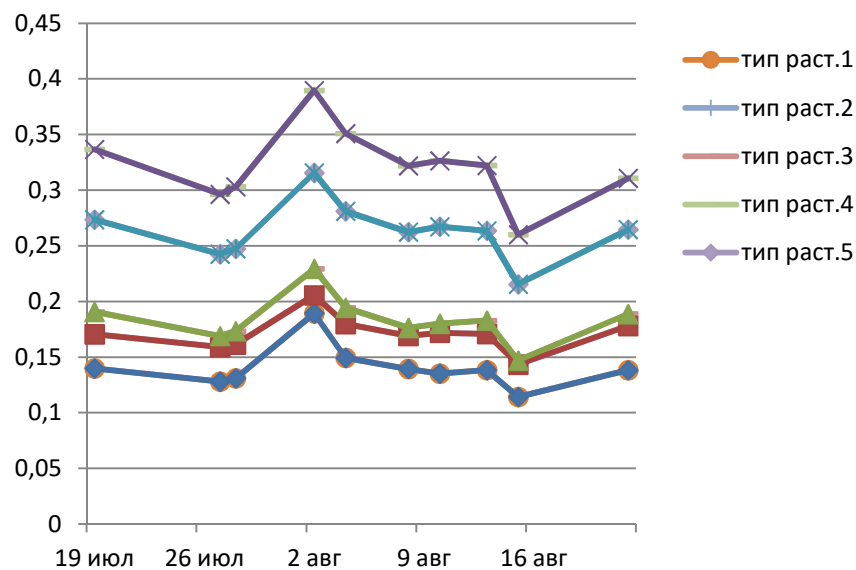
Рис. 1. Отклонения средних декадных температур приземной температуры воздуха, °С (А) и осадков, мм (Б) от средних многолетних показателей периода 1960-2022 гг (В) по данным наблюдений м/ст. «Остров Котельный».



Широкое распространение различных мерзлотных форм рельефа (бугры пучения (пинго), мерзлотные полигоны; байджерахи; морозобойные трещины и др.)

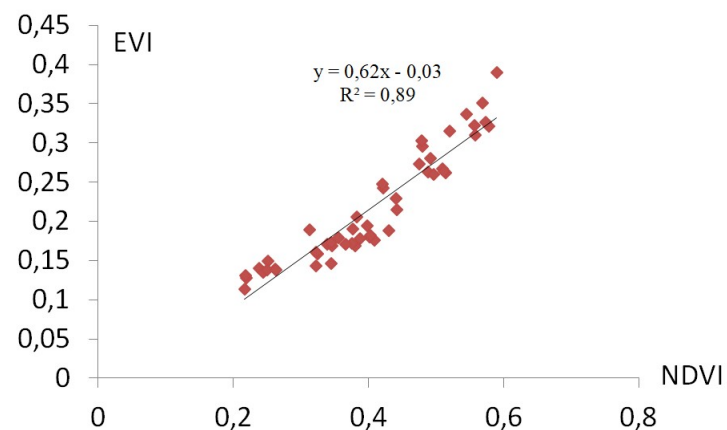
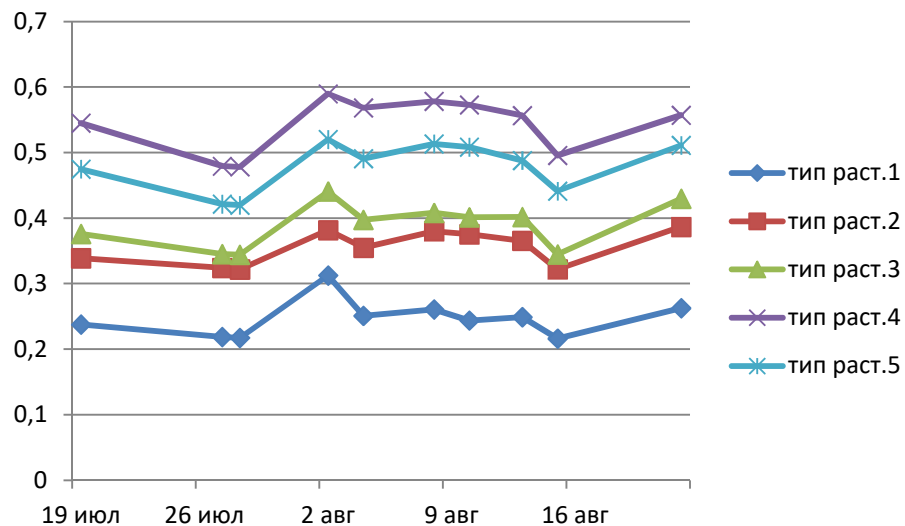
<https://bestmaps.ru/map/esri/sat/16/73.4145/141.7655>

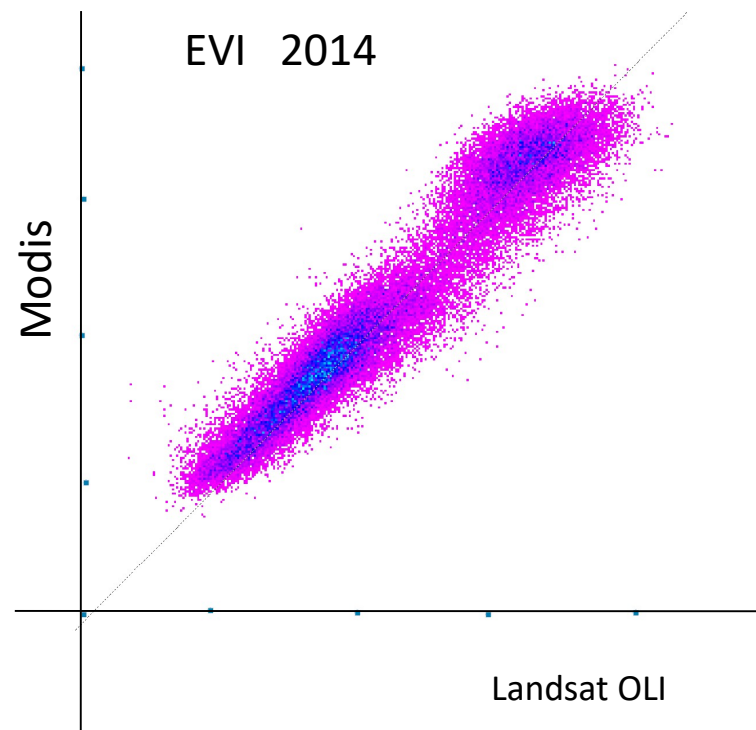
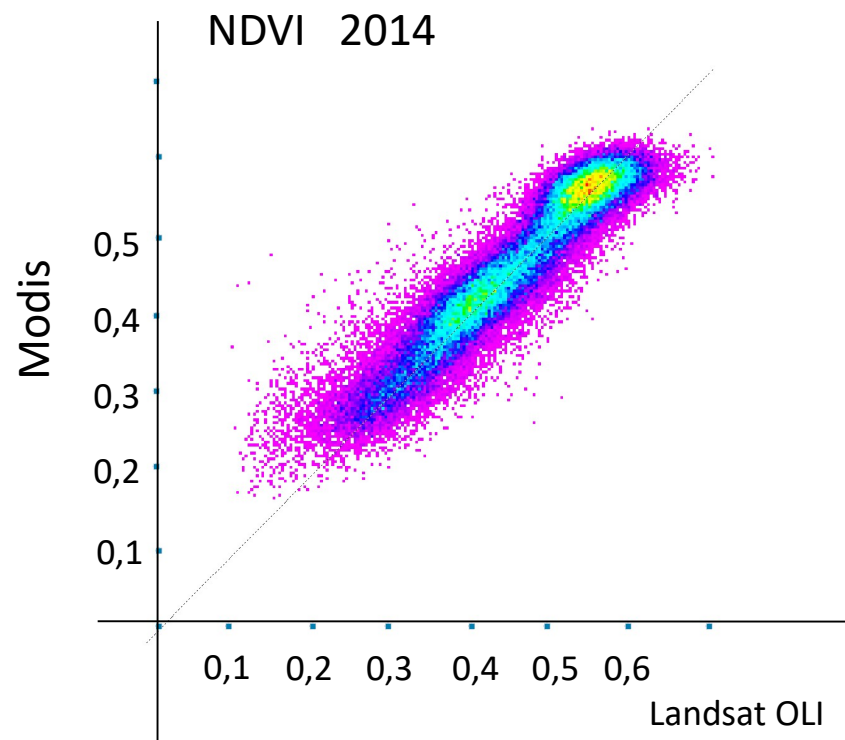
EVI сезонный ход (по снимкам Landsat)



- 1 19.07.2020 (OLI)
- 2 27.07.2022 (OLI)
- 3 28.07.2022 (OLI)
- 4 02.08.2021 (OLI)
- 5 04.08.2019 (OLI)
- 6 08.08.2018 (OLI)
- 7 10.08.2018 (OLI)
- 8 13.08.2014 (OLI)
- 9 15.08.2011 (ETM+)
- 10 22.08.2019 (OLI)

NDVI сезонный ход (по снимкам Landsat)





Расчет надземной зеленой фитомассы на основании спектральных величин - индексов EVI и NDVI, проводили на основании ряда ранее разработанных зависимостей связи спектральных величин по MODIS и полевых инструментальных измерений:

$$AGB = 0.0014 * EVI - 2.8911 \quad (1) \text{ (Anaya et al., 2009),}$$

где AGB надземная биомасса растительного покрова;

$$Fb = 11,21 (EVI)^2 + 0,27 (EVI) + 0,038 \quad (2) \text{ (Meshesha et al., 2020),}$$

где Fb (forage biomass) – масса зеленой кормовой массы (т/га год);

$$Ph = 0,0199e^{8,73NDVI} \quad (3) \text{ (Елсаков и др., 2021),}$$

где Ph – зеленая масса растений.

Anaya J.A., Chuvieco E., Palacios-Orueta A. Aboveground biomass assessment in Colombia: A remote sensing approach // Forest Ecology and Management 2009. 257. Pp. 1237–1246.

Meshesha D.T., Ahmed M.M., Abdi D.Y., Haregeweyn N. Prediction of grass biomass from satellite imagery in Somali regional state, eastern Ethiopia // Heliyon, 2020. Vol. 6. Issue 10. Pp. 1-9.

Elsakov V.V., Zuev S.M., Mylnikova T.A. Estimation of the green forage distribution in reindeer pastures based on satellite imagery of different spatial resolution processing // Current problems in remote sensing of the earth from space. 2022. T. 19. №2. С. 155–168. DOI: 10.21046/2070-7401-2022-19-2-155-168

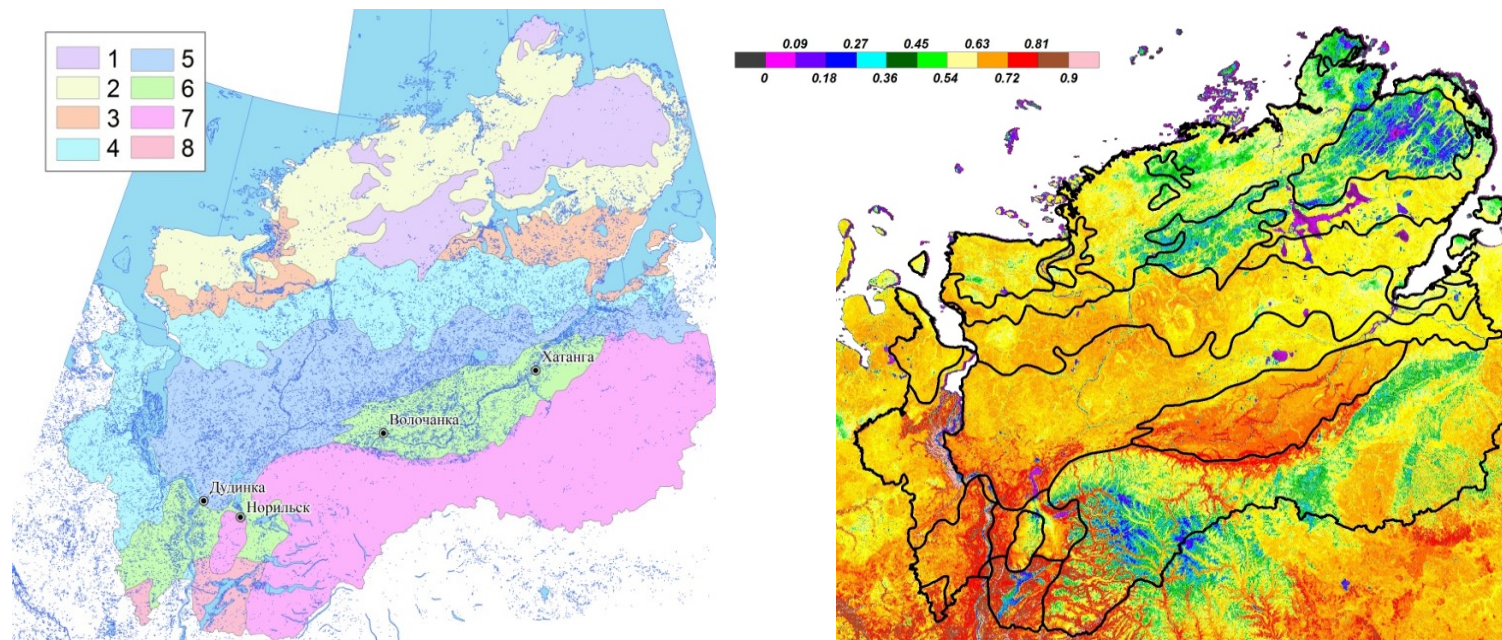


Рис. Геоботаническое районирование растительности Таймыра (по: Щелкунова, 1976, в Рациональное..., 1979) 1 - зона полярных пустынь, 2 - подзона арктических тундр, 3 - подзона северных субарктических тундр, 4 - подзона средних субарктических тундр, 5 - подзона южных субарктических тундр, 6 - подзона крайне северных редкостойных лиственничных лесов, 7 – пояс горных тундр, горных лесов и редколесий, 8 – подзона северотаежных лиственничных лесов. (А.) И распределение максимальных годовых значений NDVI по данным съемки MODIS (усреднены по максимальным для сезонов наблюдений 2000-2016 гг. величинам).

Связь между усредненными для отдельных ботанико-географических зон показателями NDVI спутниковых изображений и величинами, полученными методом укусов, наиболее полно ($r^2 = 0,998$, $n = 9$, $p < 0.001$) описывает зависимость, представленная в виде экспоненциальной функции вида:

$$y = 0,0199e^{8,73x} \quad (1),$$

где x рассчитанные по спутниковым изображениям величины NDVI.



Раиса Павловна Щелкунова (12.03.1927-2009) – доктор биологических наук, геоботаник, сотрудник землеустроительных партий Росгипрозема, проводила исследования в различных регионах Севера: Камчатки, Якутии, Таймыра. С 1971 г. Раиса Павловна старший научный сотрудник НИИ СХ Крайнего Севера (г. Норильск), с 1985 руководила лабораторией по изучению растительного покрова оленьих пастбищ при отделе оленеводства. Создатель региональных карт растительного покрова и запасов кормовых растений пастбищ северного оленя Якутии и Таймыра. В своих исследованиях использовала аэро- спутниковые методы для картографирования. Более подробно биография и основные публикации Р.П. Щелкуновой представлены А.Д. Мухачевым (2012).

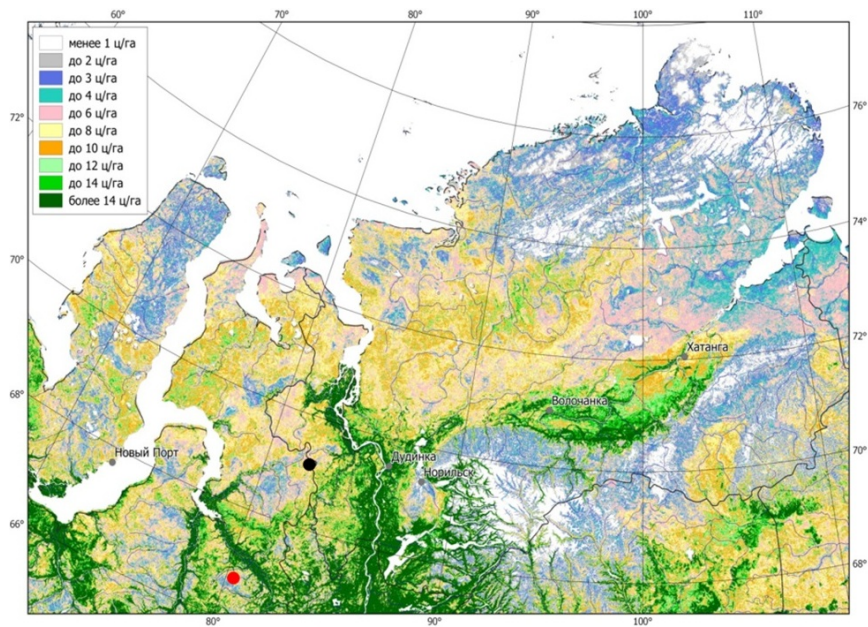


Рис. Распределение запасов зеленой кормовой фитомассы (ц/га) на пастбищах Западной Сибири и Таймыра

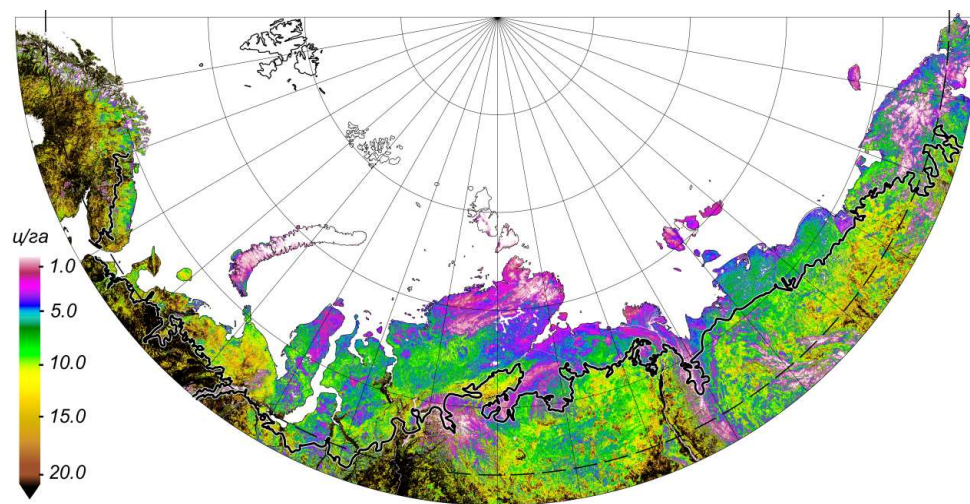


Рис. Распределение валового запаса зеленых кормов на пастбищах северного оленя (ц/га). Обработка многолетних данных MODIS. Линией отмечена граница леса

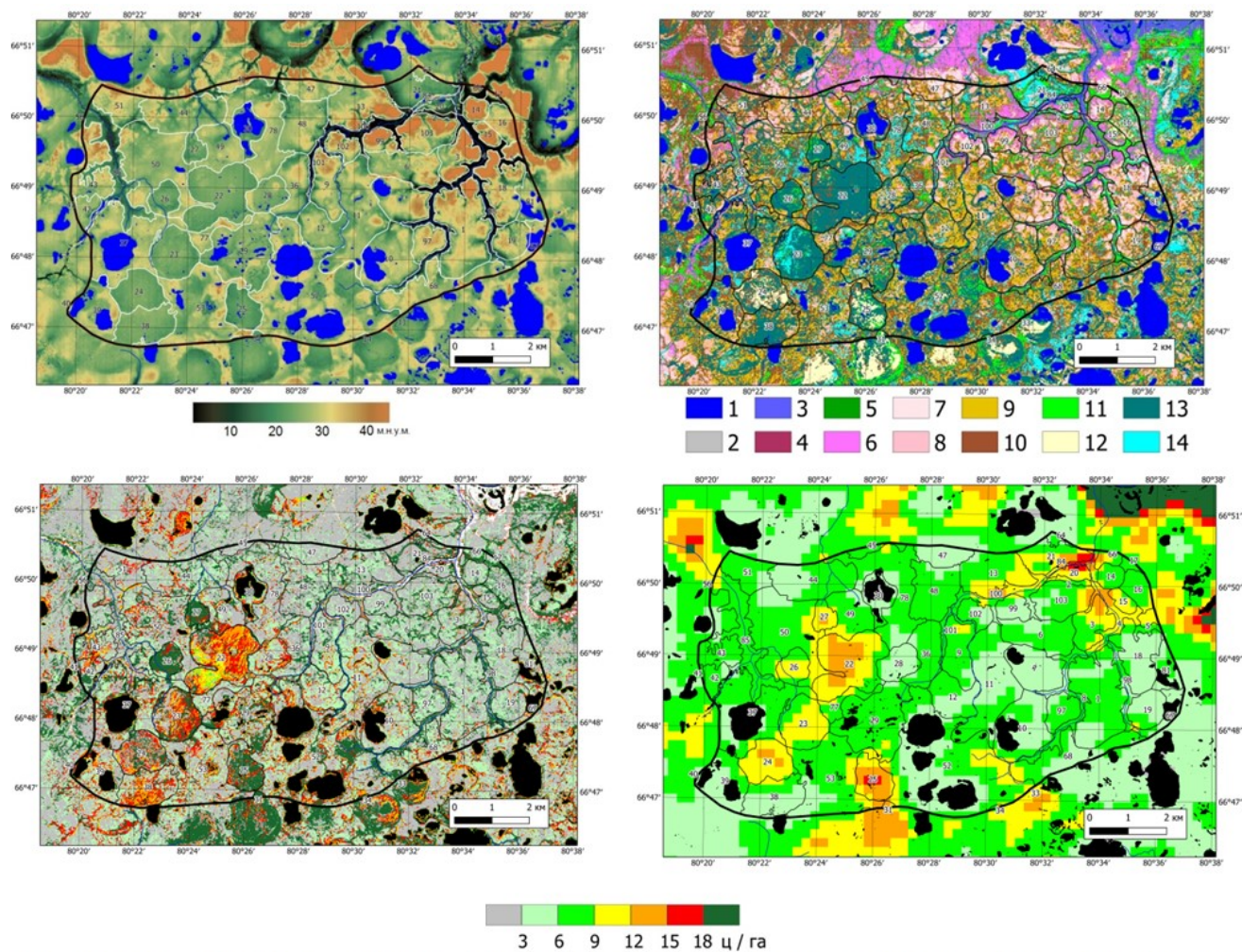
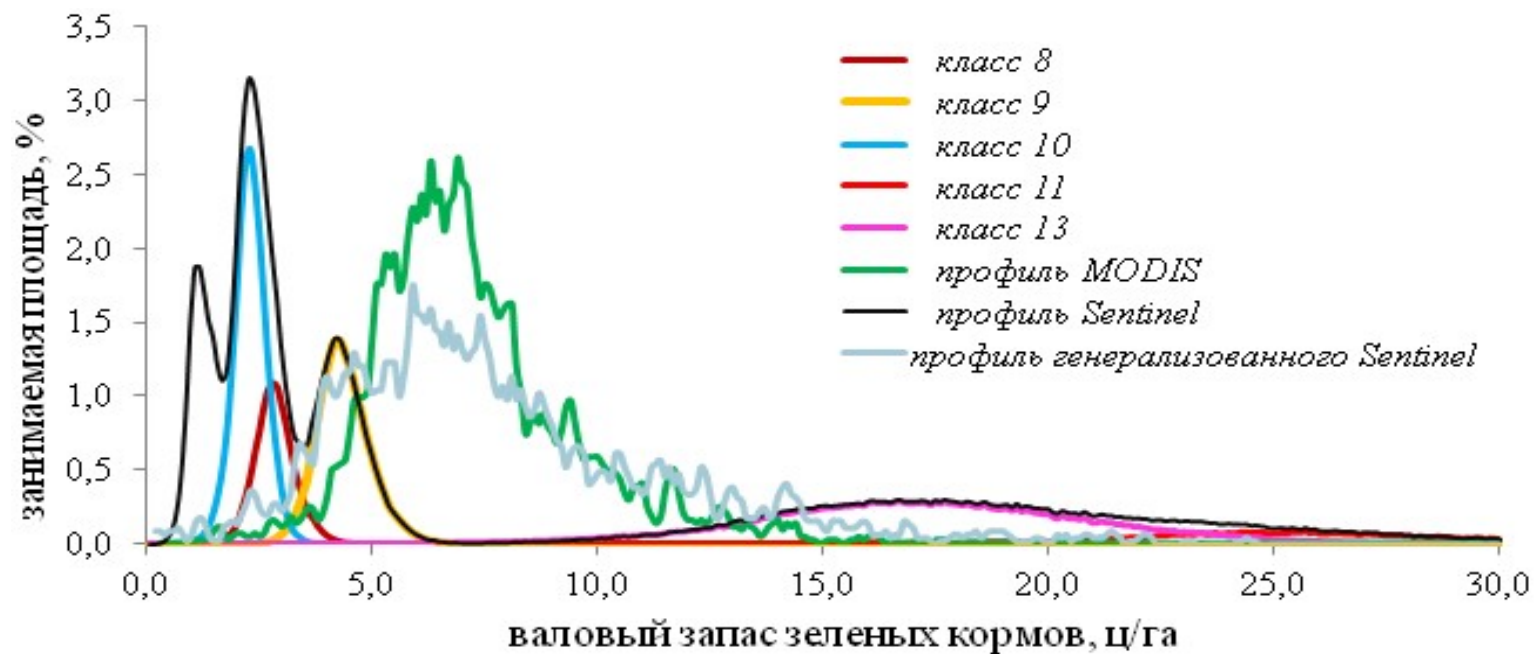


Рис. Участок выполнения полевых инструментальных измерений. Цифровая модель рельефа (А), геоботаническая карта (Б), распределение валового запаса по модели с использованием спутниковых съемок Sentinel (В) и MODIS (Г). Цифрами обозначены классы растительного покрова и земной поверхности (представлен процент их участия на участке, %): 1 – водные поверхности (6.6%); 2 – территории без растительности (<0.5%); 3 – сомкнутые еловые травяные леса (0.6%); 4 – сомкнутые лиственничные лишайниковые (0.1%); 5 – разреженные лиственные травяные леса (0.7%); 6 – разреженные лиственничные лишайниковые леса (4.5%); 7 – кустарничково-лишайниковые тундры (2.3%); 8 – кустарничково-лишайниковые тундры (10.2%); 9 – ерничково-моховые тундры (17.4%); 10 – багульниково-моховые сообщества (20.8%); 11 – травянистые луговые, ивняки травяные (5.9%); 12- хасыреи и 13 – травяные, травяно-моховые болота (25.6%); 14 – болота сфагновые (5.4%).



Сопоставление результатов использования моделей показывает расхождение между величинами запаса по модельному участку порядка 10.7%.

Профиль величин модели MODIS смещен в область средних величин. При генерализации изображения Sentinel ход показателя приближался к профилю MODIS. Для генерализованных Sentinel наблюдали рост представленности диапазона средних величин показателей, при частичном сохранении диапазона полярных величин. Попиксельное сравнение доведенных до одного пространственного разрешения (MODIS) и усредненных в пределах генерализованных пикселей величин запаса с использованием коэффициента Пирсона и коэффициента ранговой корреляции Спирмена, обнаруживает наличие заметной связи ($r = 0.60$; $r_s = 0.53$, $n = 850$, $p < 0.001$) с наибольшими расхождениями в области низких и высоких величин модели Sentinel.

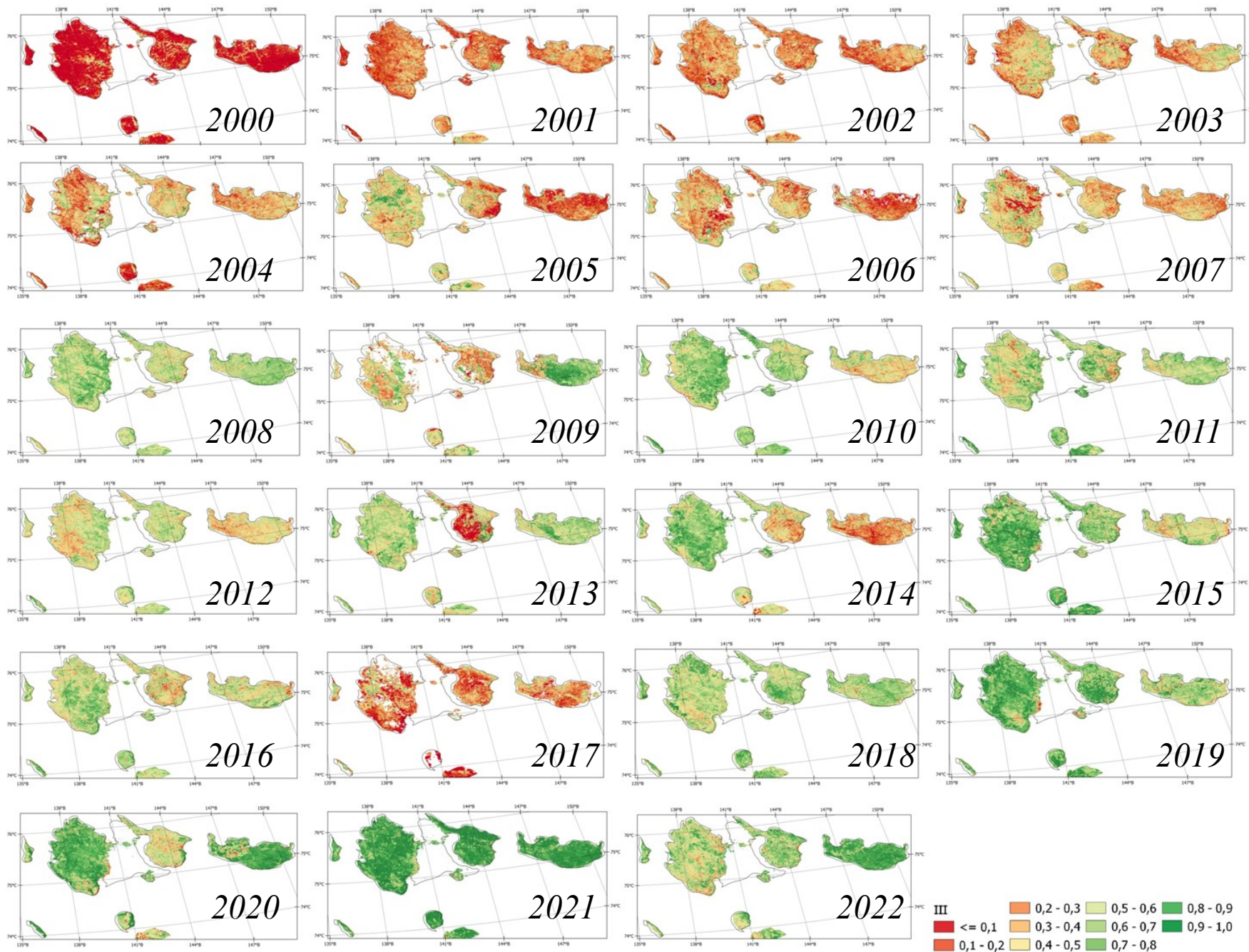
Анализ межгодового хода EVI

Для анализа многолетней изменчивости состояния растительности использовался индекс IVCI (*англ.* Integral Vegetation Condition Index — интегральный индекс условий вегетации), аналог индекса VCI (Liu, Kogan, 1996) с заменой сезонных значений одного вегетационного сезона на годовые:

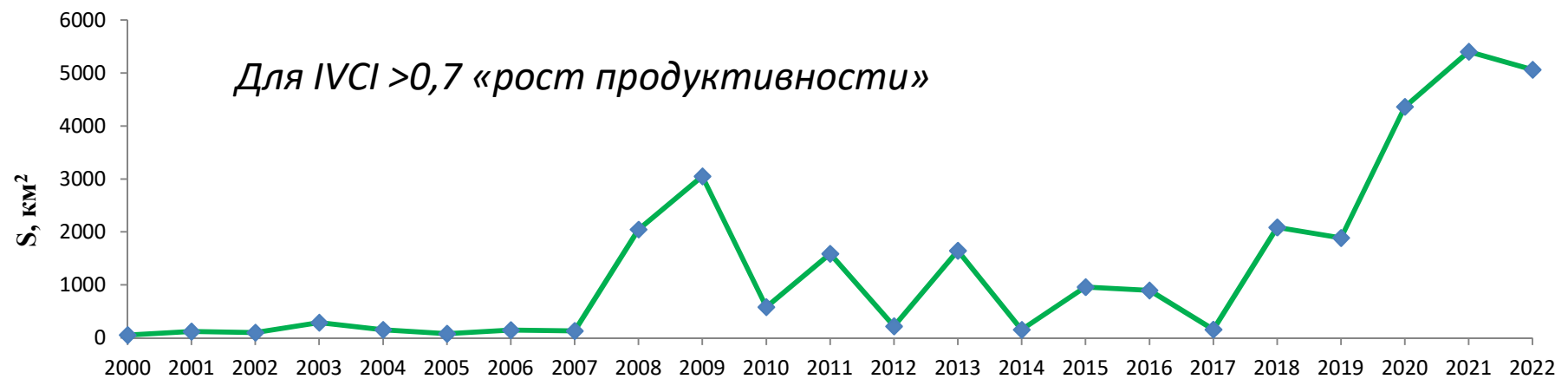
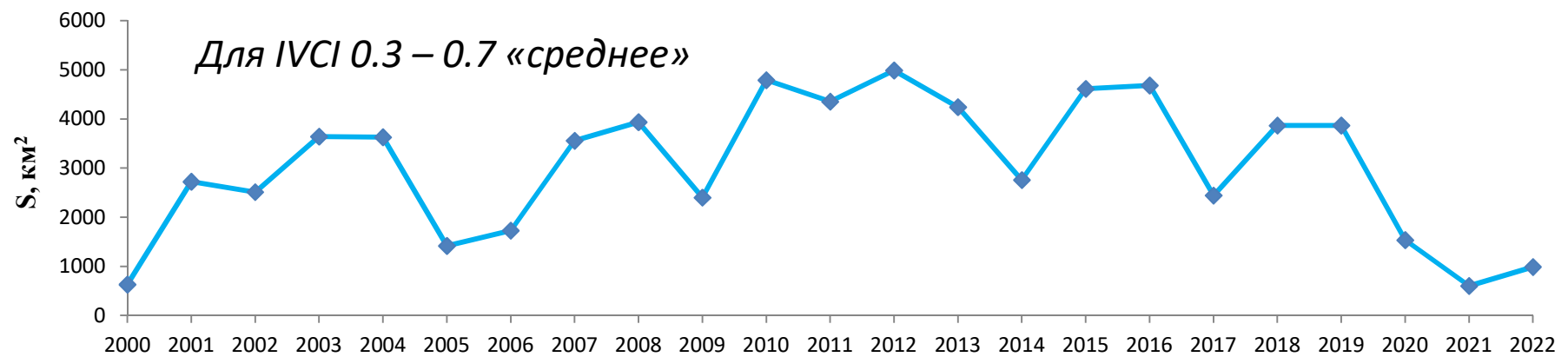
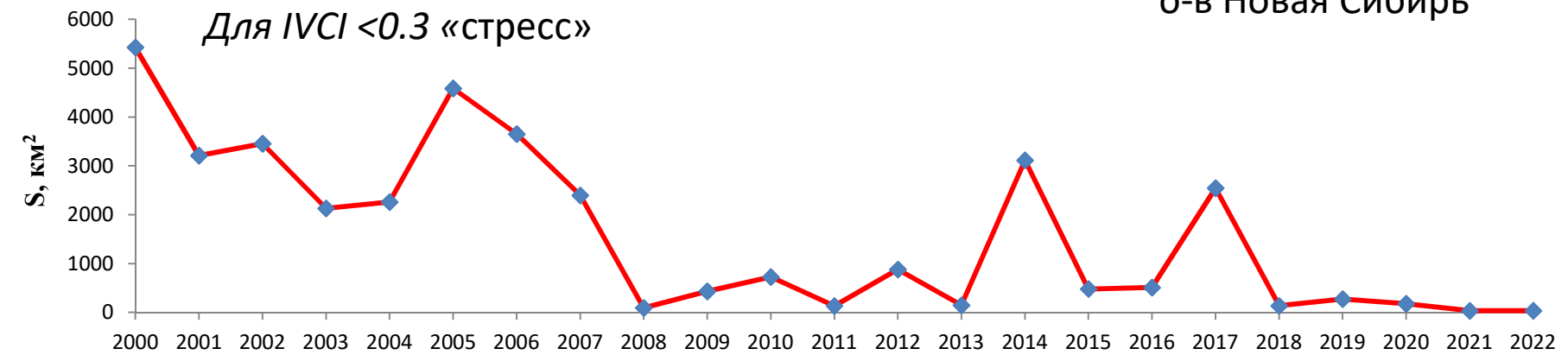
$$IVCI_i = (EVI_i - EVI_{\min}) / (EVI_{\max} - EVI_{\min}) \quad (1),$$

где EVI_i — значение EVI в текущем году; EVI_{\min} , EVI_{\max} — минимальное и максимальное значения за весь период исследований.

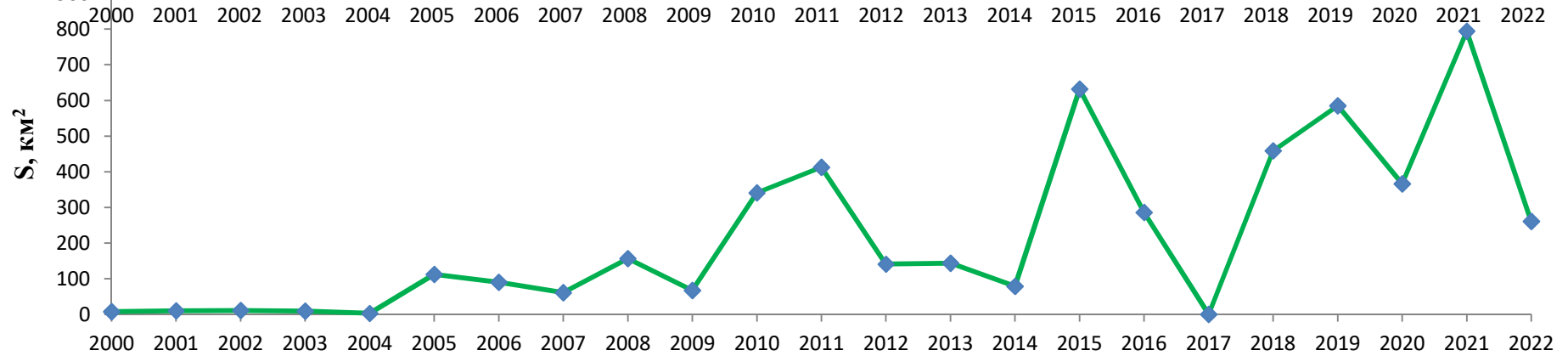
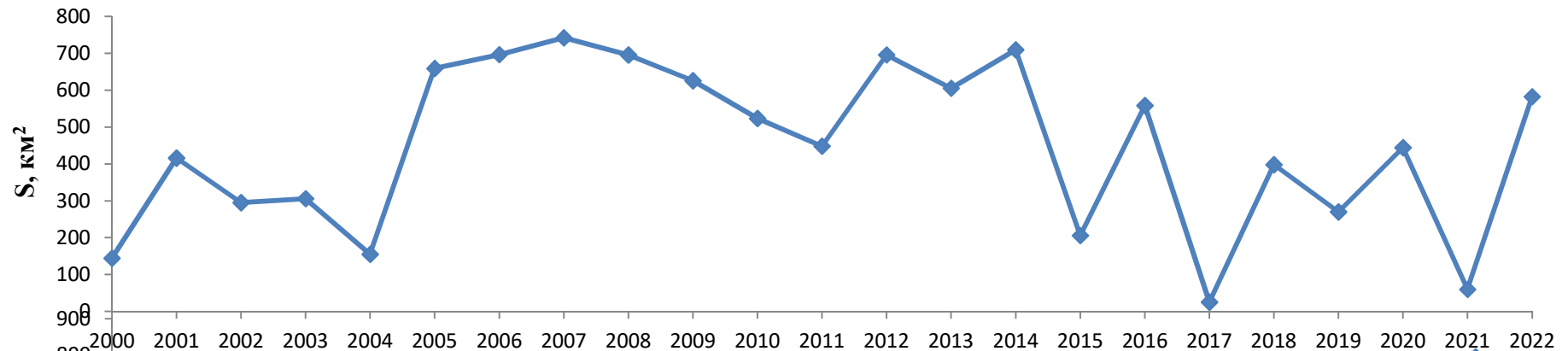
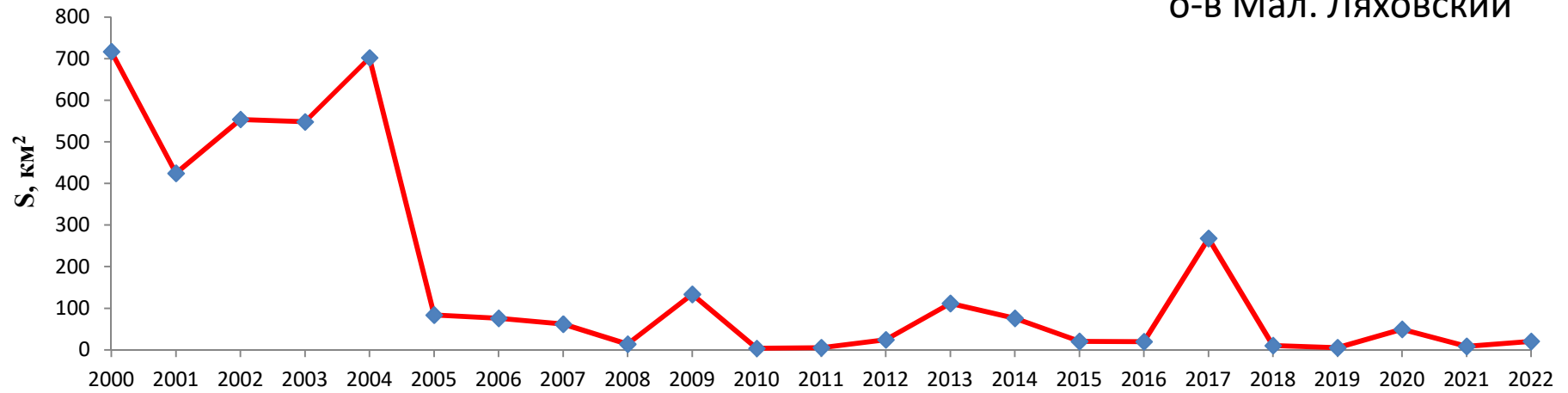
Значения IVCI до 0,3 свидетельствуют о стрессовом состоянии растительности, от 0,3 до 0,7 — об удовлетворительном, близком к среднему многолетнему, а значения более 0,7 — о хорошем состоянии при благоприятных погодных условиях (Liu, Kogan, 1996)

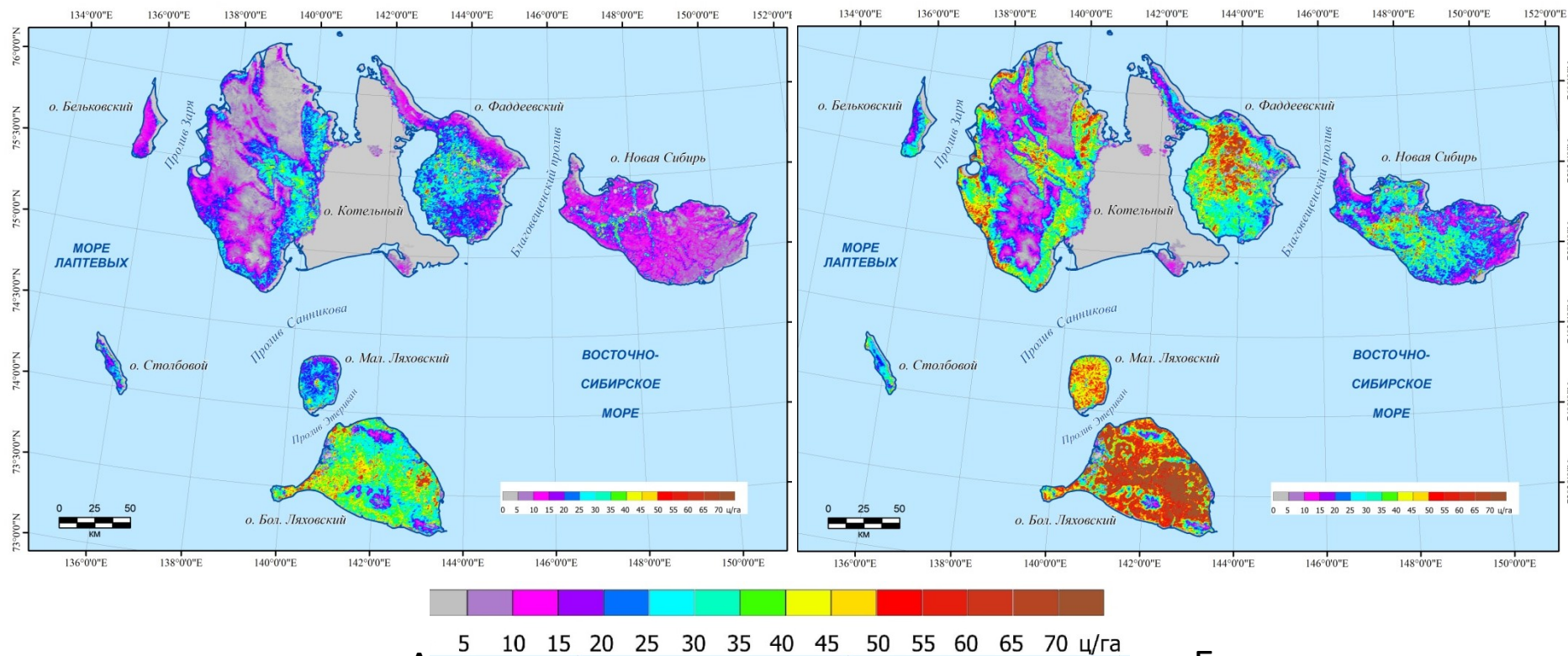


о-в Новая Сибирь



о-в Мал. Ляховский





А. Б. **Распределение зелёной фитомассы (ц/га) для 2000 (А) и 2021 гг. (Б)**

Средний запас фитомассы на территории Новосибирских островов оценен в 5,38 т/га, из них лишь 1,38 т/га (25,7%) приходится на зелёные части (Базилевич, 1993).

Средний вес злаков на приморском разнотравно-злаковом луге, сообществ с максимальным запасом травянистых растений, составил 5,05 ц/га (Николин, 2017). Надземная воздушно-сухая фитомасса злаков и осок в среднеувлажненных и заболоченных тундровых лугах составляет 1,34–0,845 ц/га, разнотравья – 8,5–12,9, кустарничков – 0,11–3,48, зеленых мхов – 17,94–73,0 ц/га (Сафронов, 2021). Масса кормовых растений в мелкобугорковатых тундрах с.-в. части о-ва Большой Ляховский (Николин, 2017) не превышает 8,68 ц/га, в сообществах отличающихся высокими показателями фитомассы основная часть (до 70-90%) приходится на долю мхов.

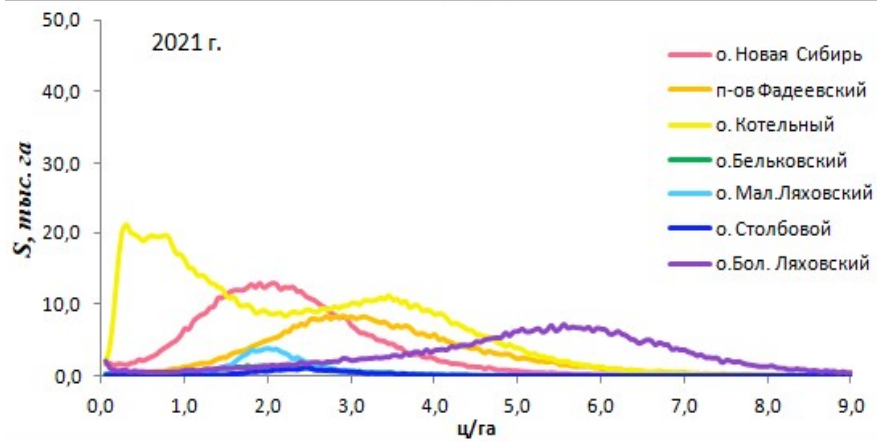
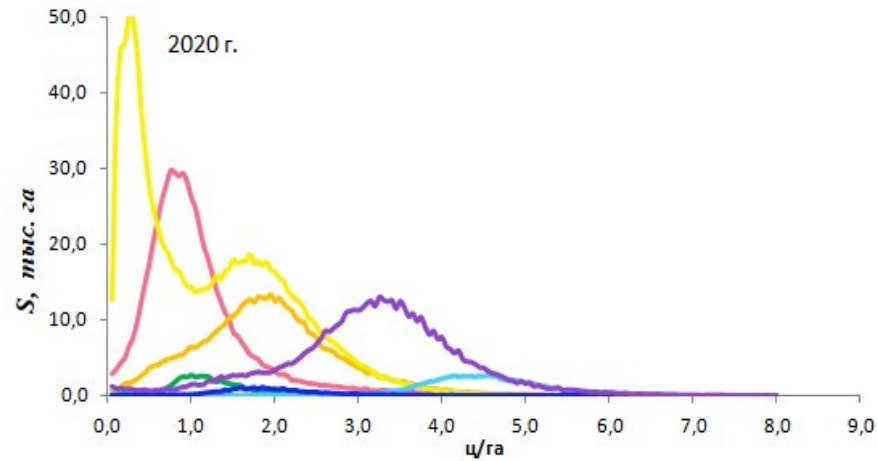
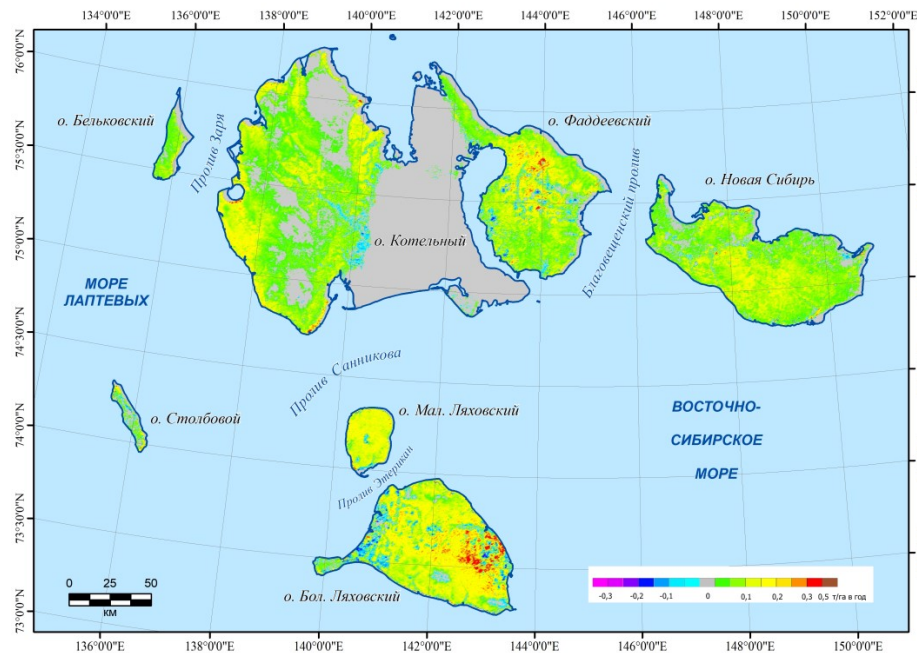


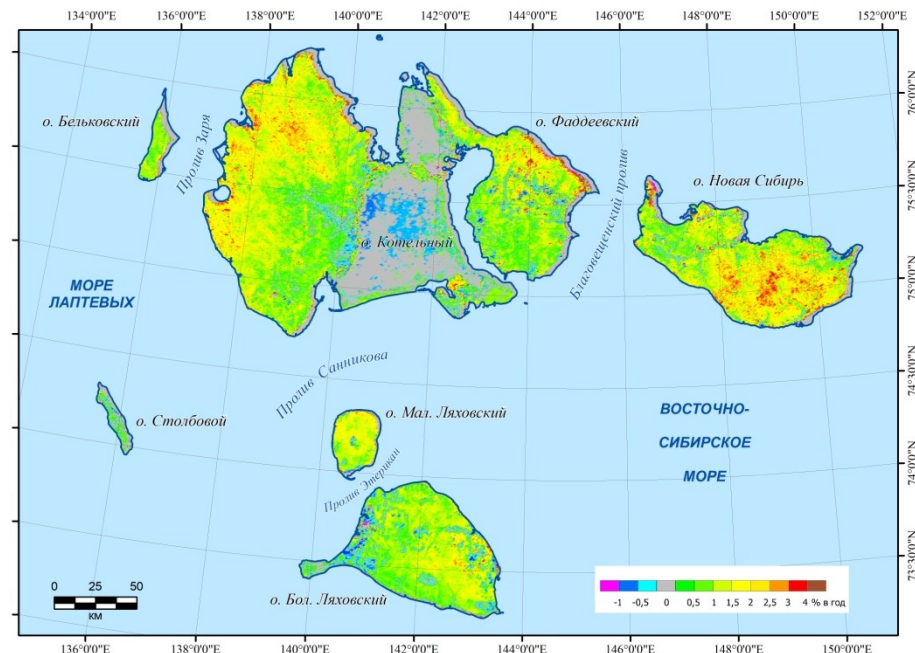
Рис. Распределение запасов зеленой фитомассы на островах Новосибирского архипелага (по съемке MODIS 2000 и 2021 гг.)

Для периода наблюдений 2000-2021 гг. отмечен рост продуктивности сообществ, что приводит к смещению показателей запаса в области более высоких значений на всех островах. Максимальные величины запаса зеленых растений наблюдали для сообществ наиболее южного о-ва Бол. Ляховский: для периода наблюдений средние показатели запаса (в среднем по острову) выросли от 3,21 до 5,22 ц/га. Суммарный рост запаса зеленых кормов вырос на острове на 62%. О-в Новая Сибирь характеризовался наиболее низкими величинами запаса. Рост средних показателей запаса на территории составил от 1,1 до 2,26 ц/га.

| | S, тыс га | Запас зелёной фитомассы, тыс. т | | | Средний запас, ц/га | | |
|-------------------|-----------|---------------------------------|---------|-------|---------------------|---------|-----------|
| | | 2000 г. | 2021 г. | Δ, % | 2000 г. | 2021 г. | 2020/2021 |
| о. Новая Сибирь | 614,1 | 67,4 | 139,0 | 206,2 | 1,10 | 2,26 | 2,06 |
| п-ов Фадеевский | 528,3 | 96,6 | 166,3 | 172,2 | 1,83 | 3,15 | 1,72 |
| о. Котельный | 1333,6 | 139,3 | 263,2 | 188,9 | 1,04 | 1,97 | 1,89 |
| о. Бельковский | 49,2 | 6,1 | 11,2 | 183,1 | 1,24 | 2,27 | 1,83 |
| о. Мал. Ляховский | 87,2 | 19,2 | 38,8 | 200,0 | 2,21 | 4,41 | 2,00 |
| о. Столбовой | 25,8 | 5,2 | 6,4 | 123,1 | 2,03 | 2,50 | 1,23 |
| о. Бол. Ляховский | 524,2 | 168,3 | 273,4 | 162,5 | 3,21 | 5,22 | 1,62 |



А



Б

Интенсивность изменений запасов фитомассы для периода 2000-2021 гг.:

А - К-тренда $t/га \text{ год}^{-1}$;

Б - % в год по отношению к 2000 г.

Участки интенсивных изменений характеризуются значительным ростом продуктивности за счёт формирования высокопродуктивных осоково-злаковых фитоценозов на лессовых байджараках (Левыкин и др., 2013).

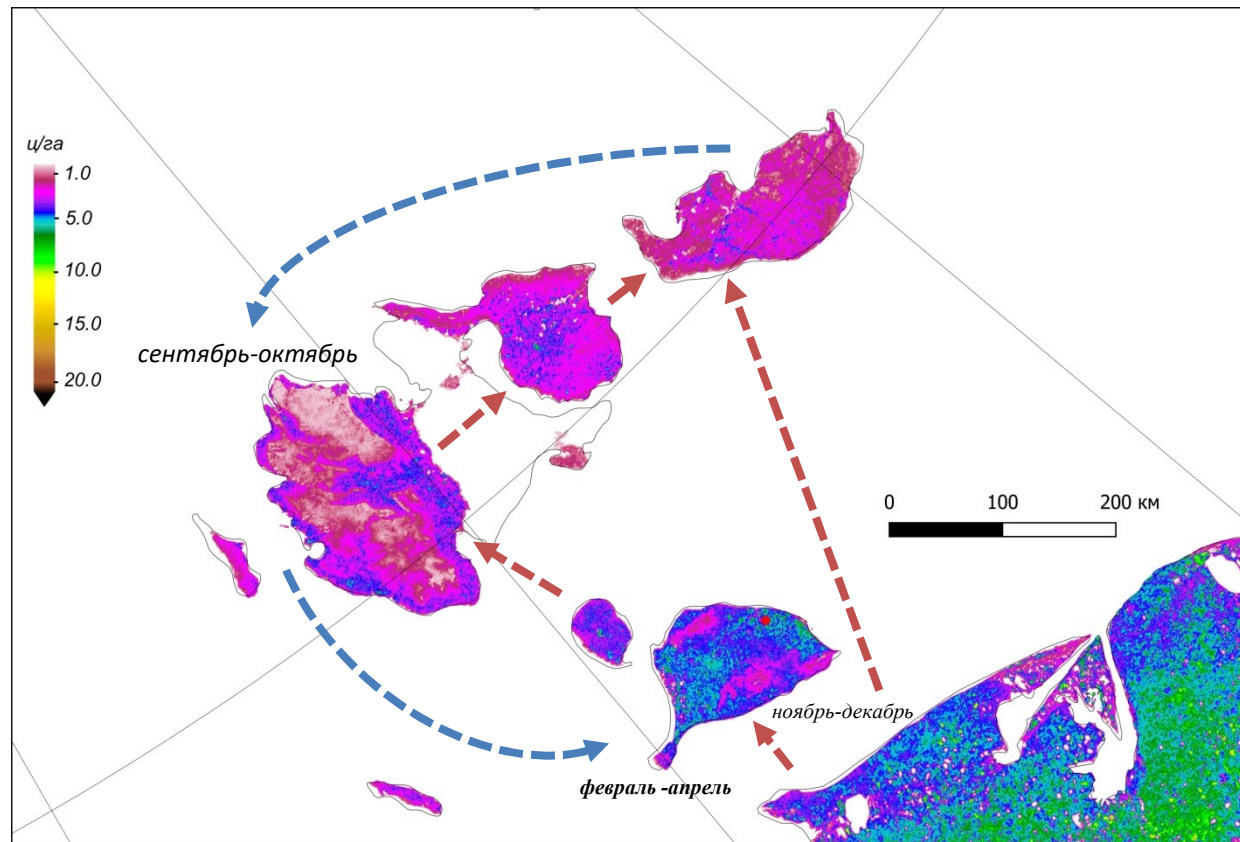


Схема сезонных миграций островных диких оленей (по Давыдов и др., 2017; Mizin et. al., 2018)

ВЕСТНИК ОХОТОВЕДЕНИЯ, 2017, том 14, № 4, стр. 253-271
 УДК 639.111.4.574.34

Поступила в редакцию 22.05.2017 г.

**СЕВЕРНЫЕ ОЛЕНИ АРКТИЧЕСКИХ ОСТРОВОВ
 РОССИИ**

© 2017 г. А.В. Давыдов¹, И.А. Мизин², Т.П. Сипко³, А.Р. Груздев⁴

Nature Conservation Research. Заповедная наука 2018. 3(3): 1–14

DOI: 10.24189/ncr.2018.040

ОБЗОРНЫЕ СТАТЬИ

REVIEW ARTICLES

**THE WILD REINDEER (*RANGIFER TARANDUS*: CERVIDAE, MAMMALIA)
 ON THE ARCTIC ISLANDS OF RUSSIA: A REVIEW**

Ivan A. Mizin¹, Taras P. Sipko², Andrey V. Davydov³, Alexander R. Gruzdev⁴

Спасибо за внимание!

