

**Двадцать вторая международная конференция
“Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса”
11-15 ноября 2024 г., Москва**



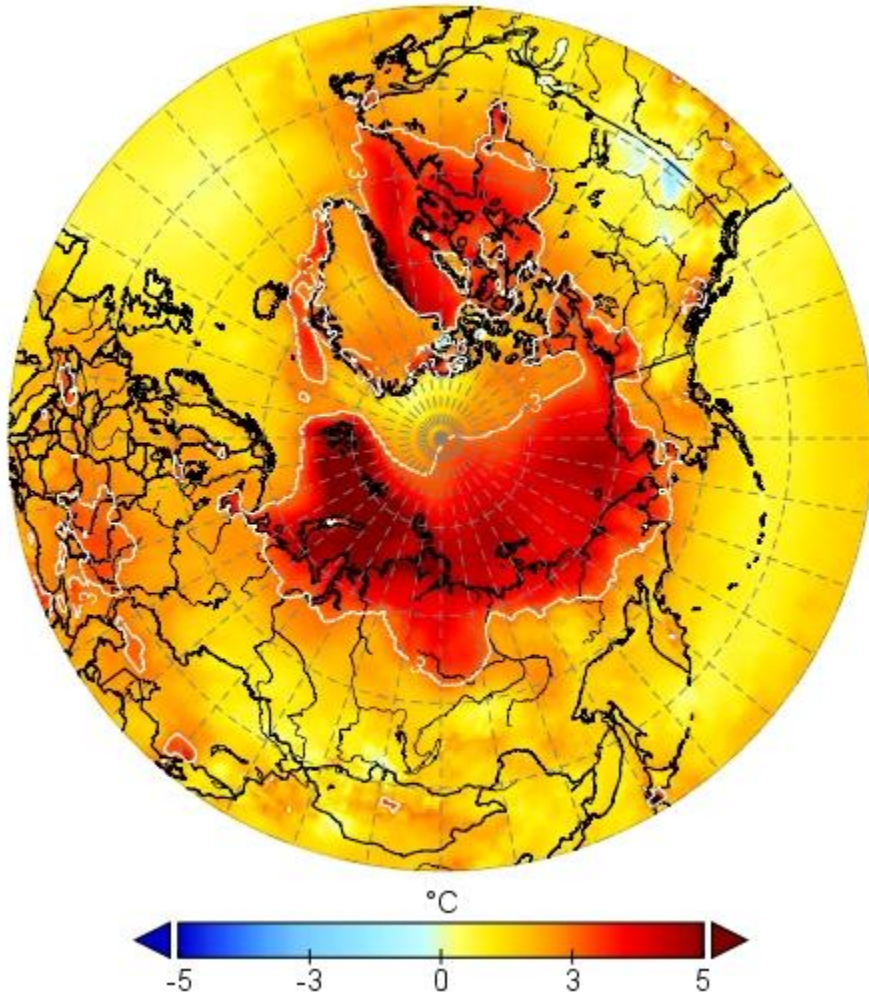
ИЗМЕНЕНИЕ СРОКОВ СХОДА СНЕЖНОГО ПОКРОВА В СИБИРИ В УСЛОВИЯХ БЫСТРОГО ПОТЕПЛЕНИЯ АРКТИКИ

Варламова Е.В., Соловьев В.С.

varlamova@ikfia.ysn.ru

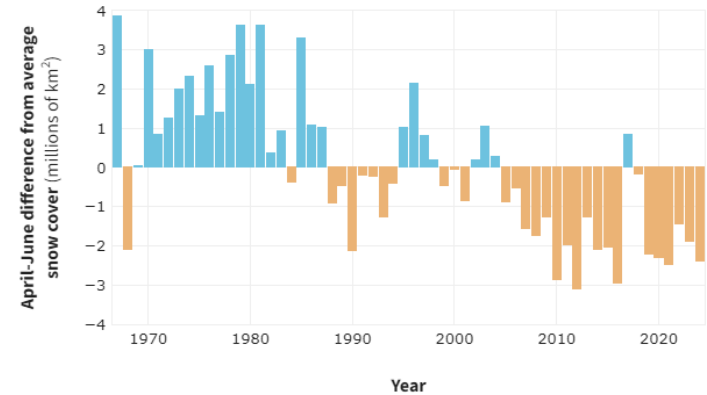
Институт космических исследований и аэронавтики им. Ю.Г. Шафера СО РАН, г. Якутск

Тренд среднегодовой температуры воздуха за 1982-2022

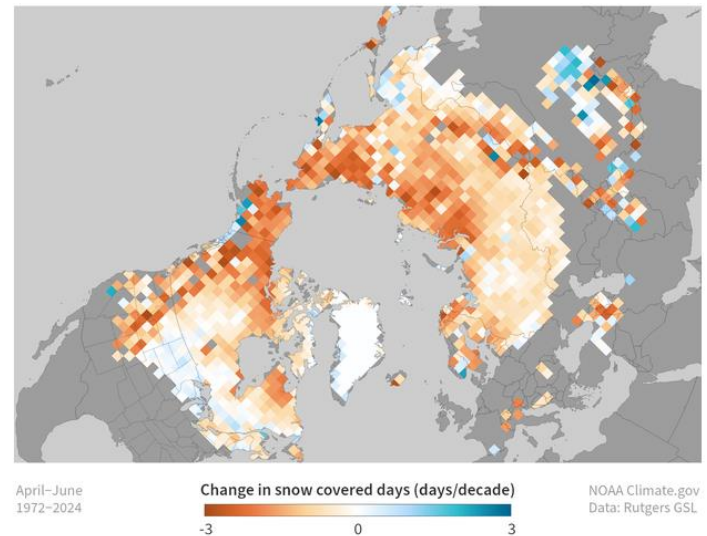


Тренд построен по данным реанализа ERA5

Spring (April–June) snow extent each year compared to the 1981–2010 average



Spring (April–June) snow cover trends (1972–2024)



Данные NOAA Climate.gov

ЦЕЛЬ

Исследование многолетней (1982-2022) динамики сроков схода снежного покрова в Сибири на фоне роста приземной температуры воздуха.

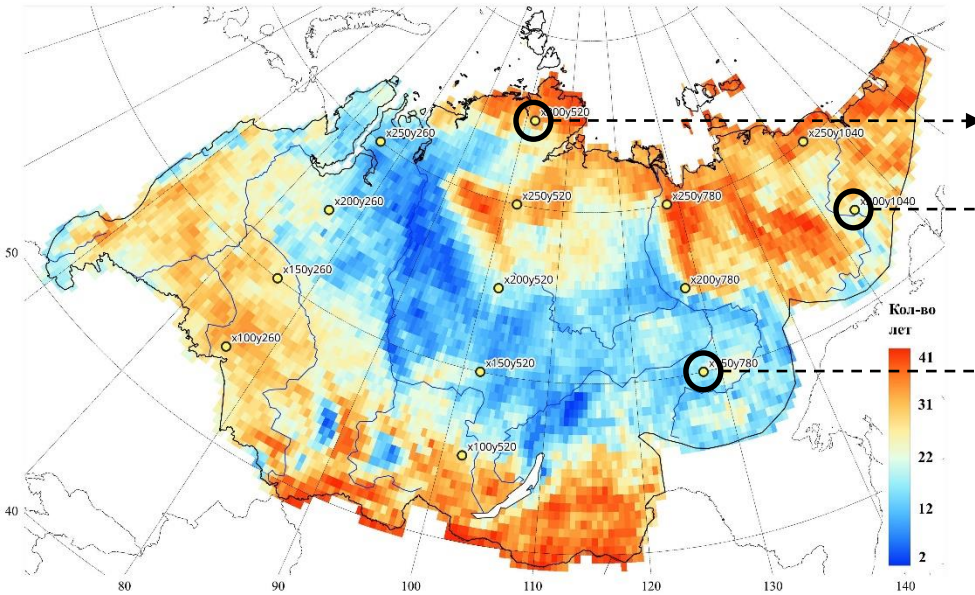
ДАННЫЕ

- **ERA5-Land**
 - степень покрытия снежного покрова (1982-2022)
 - высота снежного покрова (1982-2022)
 - приземная температура воздуха (1982-2022)
- **TERRA / MODIS** – степень покрытия снежного покрова (2000-2022)
- **ВНИИГМИ-МЦД** – степень покрытия окрестности станции снегом (1982-2022)

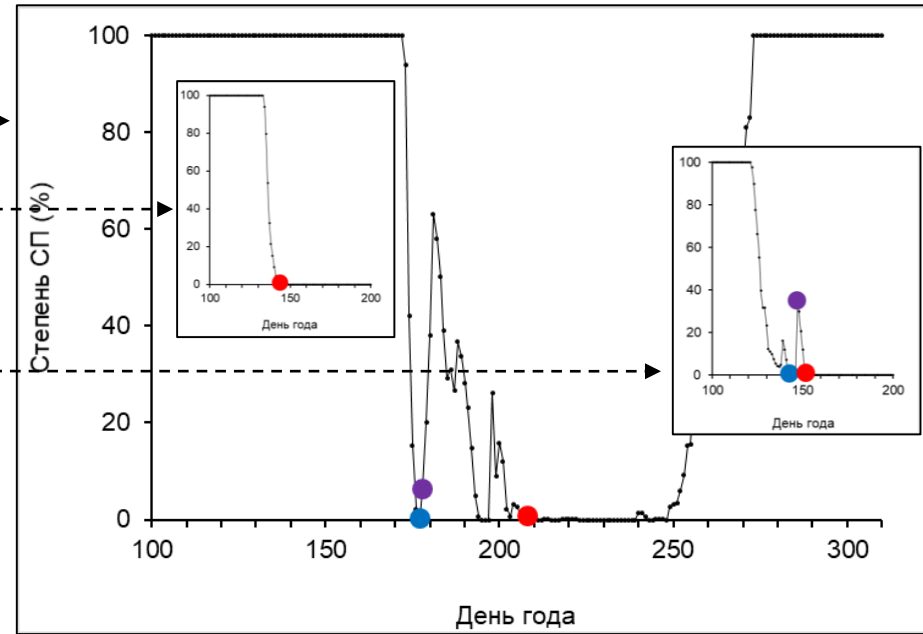
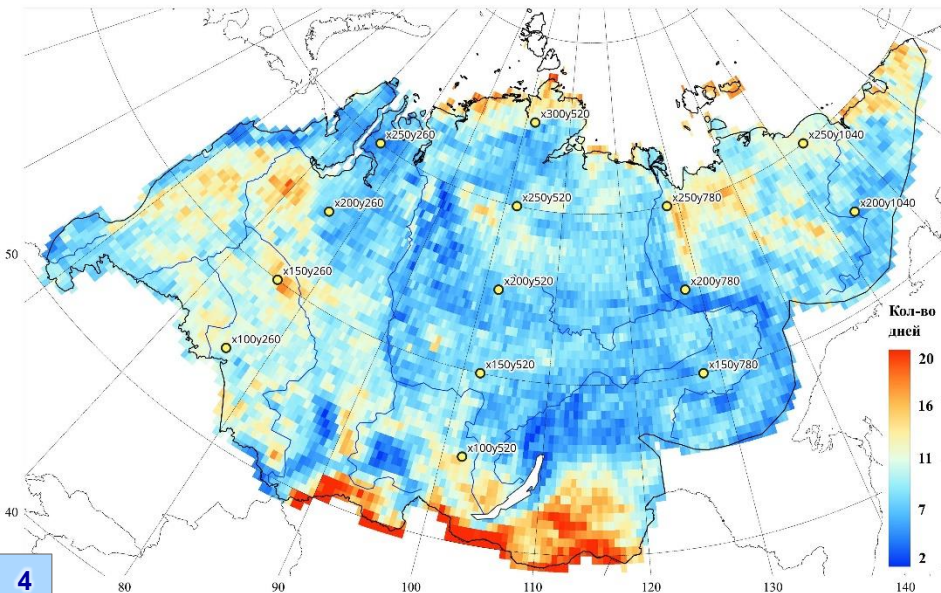
МЕТОДЫ

- **Дата схода снежного покрова** – день завершения периода со снежным покровом, когда степень покрытия снежного покрова в окрестности метеостанции или в рассматриваемом пикселе (данные ДЗЗ) приравнивается к 0%.
- **Тренды** рассматриваемых параметров были проанализированы с использованием метода оценочной функции Тейла-Сена. **Статистическая значимость трендов** оценивалась с помощью критерия значимости Манна-Кендалла на уровне 95% ($p < 0,05$).

Частота возвратного выпадения снега в течение 1982-2022



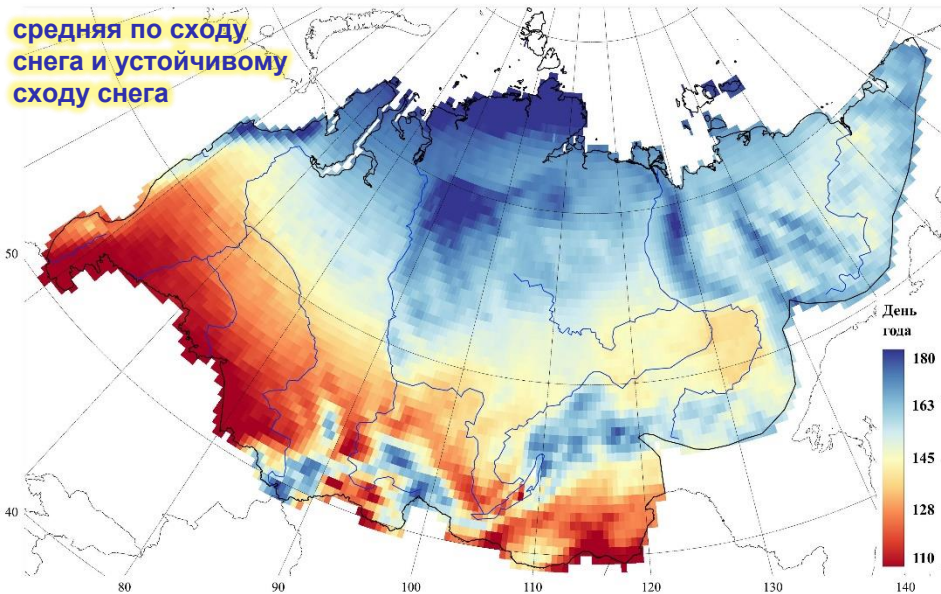
Среднеголетнее (1982-2022) кол-во дней между датами схода и устойчивого схода снега



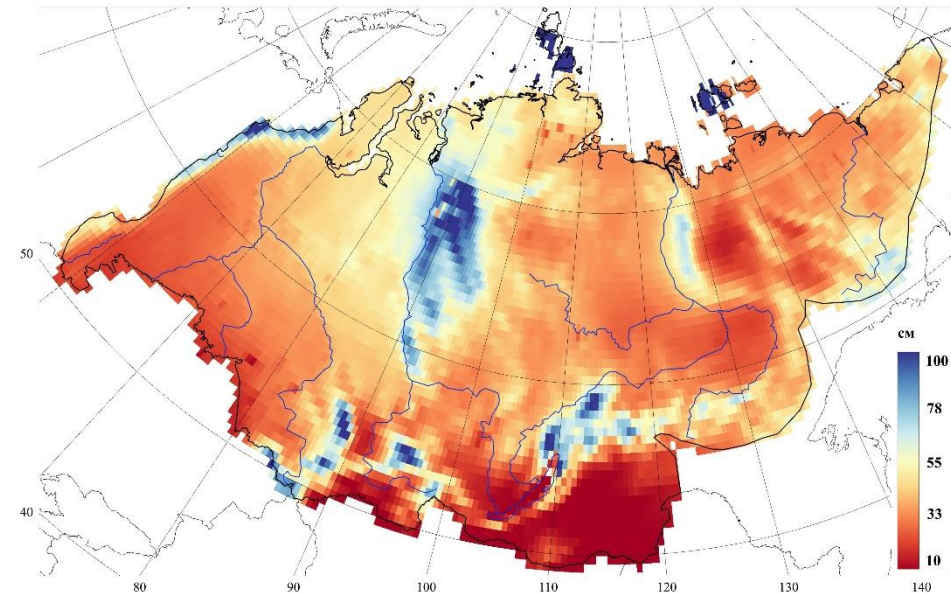
- дата схода снега (день года, когда степень СП опускается до 0%)
- дата возвратного выпадения снега (день года, когда наблюдается увеличение степени СП >0% после даты схода снега в течение 30 дней)
- дата устойчивого схода снега (день года, когда степень СП опускается до 0% и остается ниже этого порога в течение 10 дней подряд)

СРЕДНЕМОГОЛЕТНИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

Дата схода снежного покрова (средняя за 1982-2022)



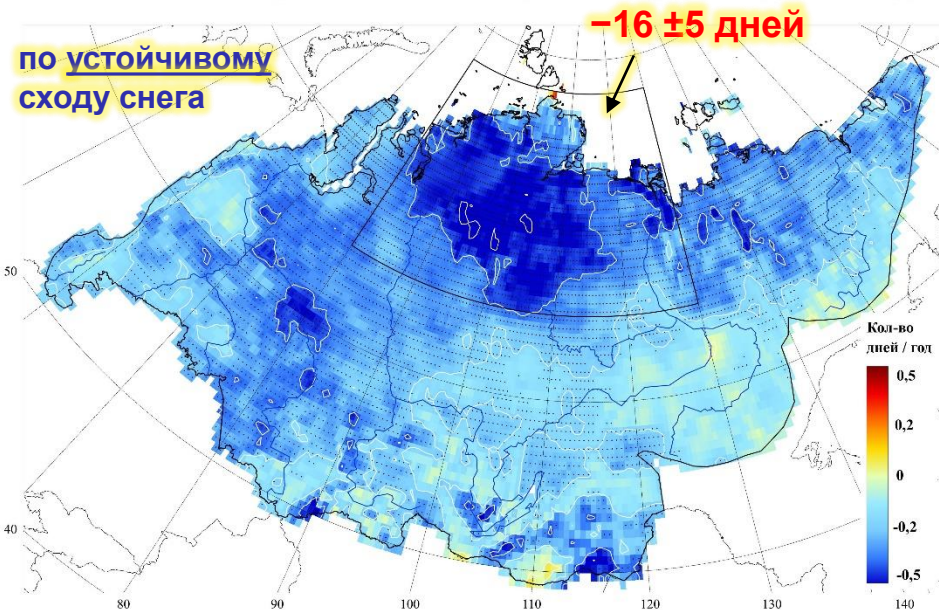
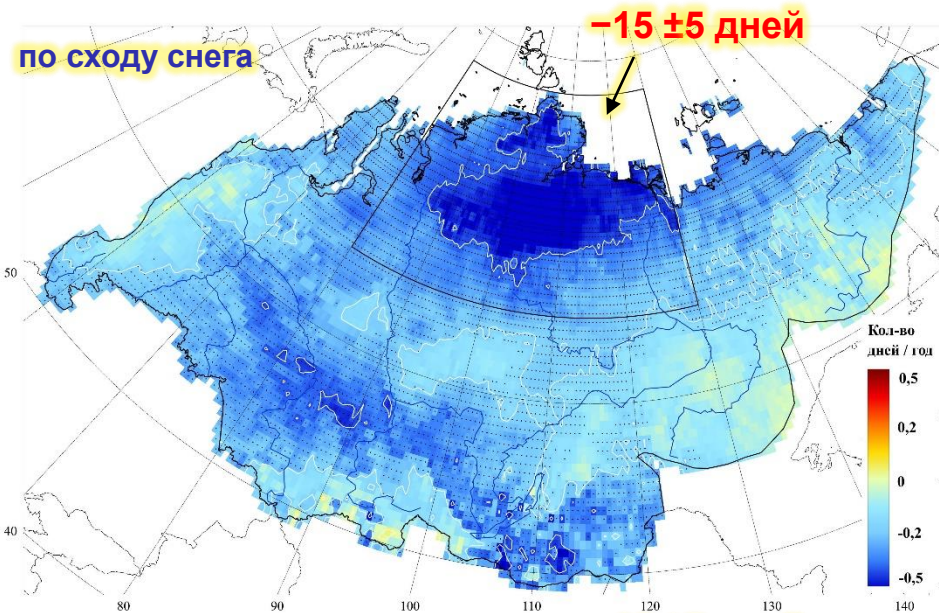
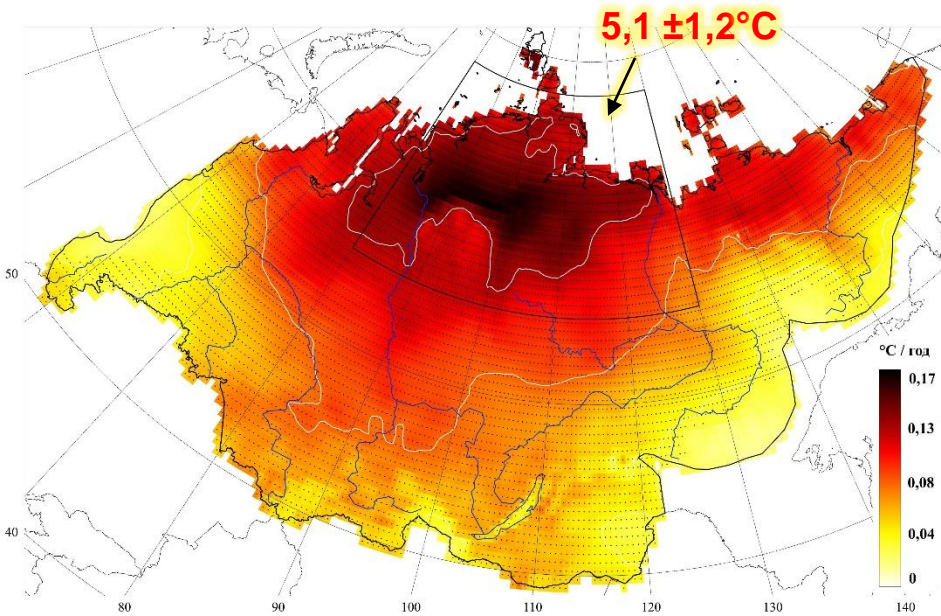
Среднегодовая высота снежного покрова (средняя за 1982-2022)



ТРЕНДЫ

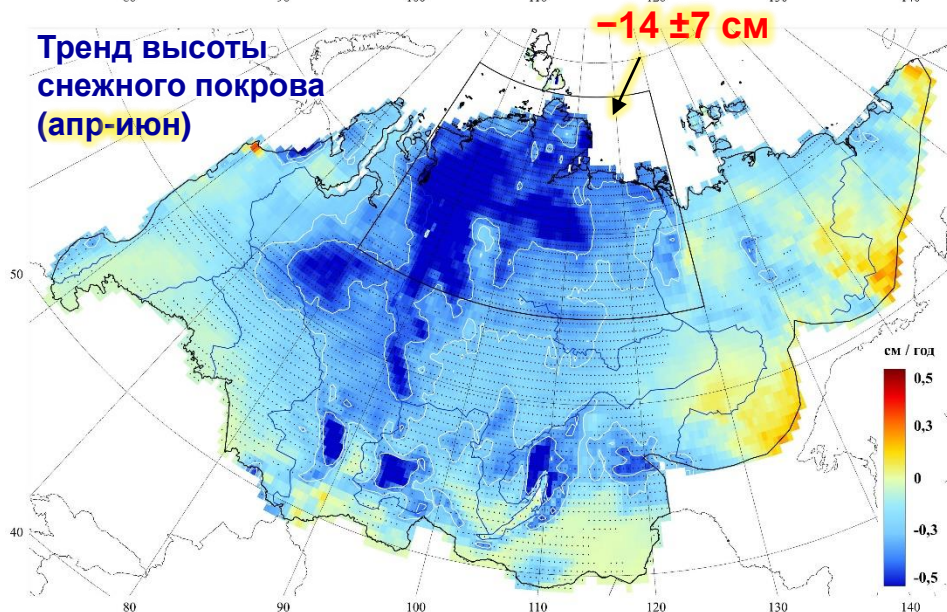
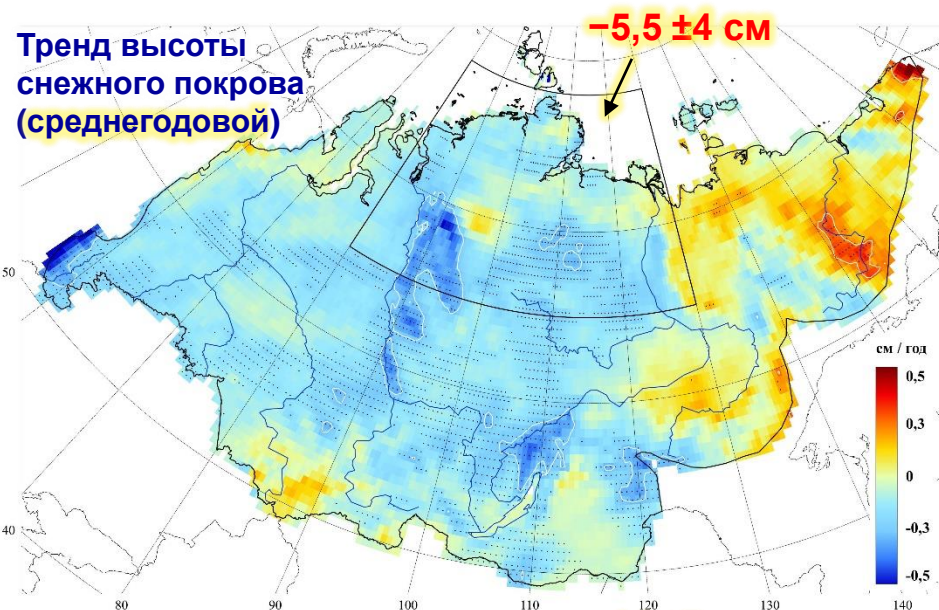
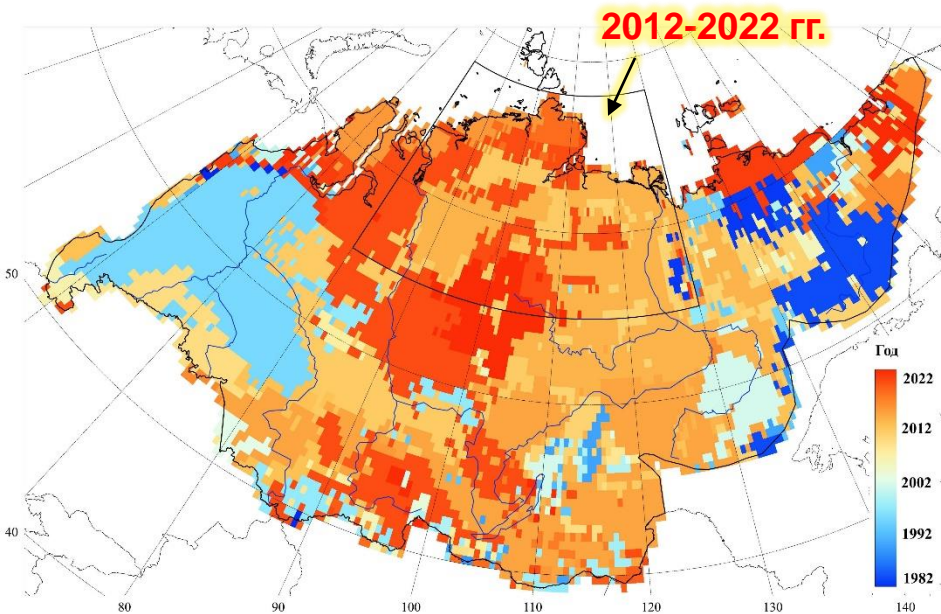
Тренд даты схода снежного покрова за 1982-2022

Тренд приземной температуры воздуха (апрель-июнь) за 1982-2022



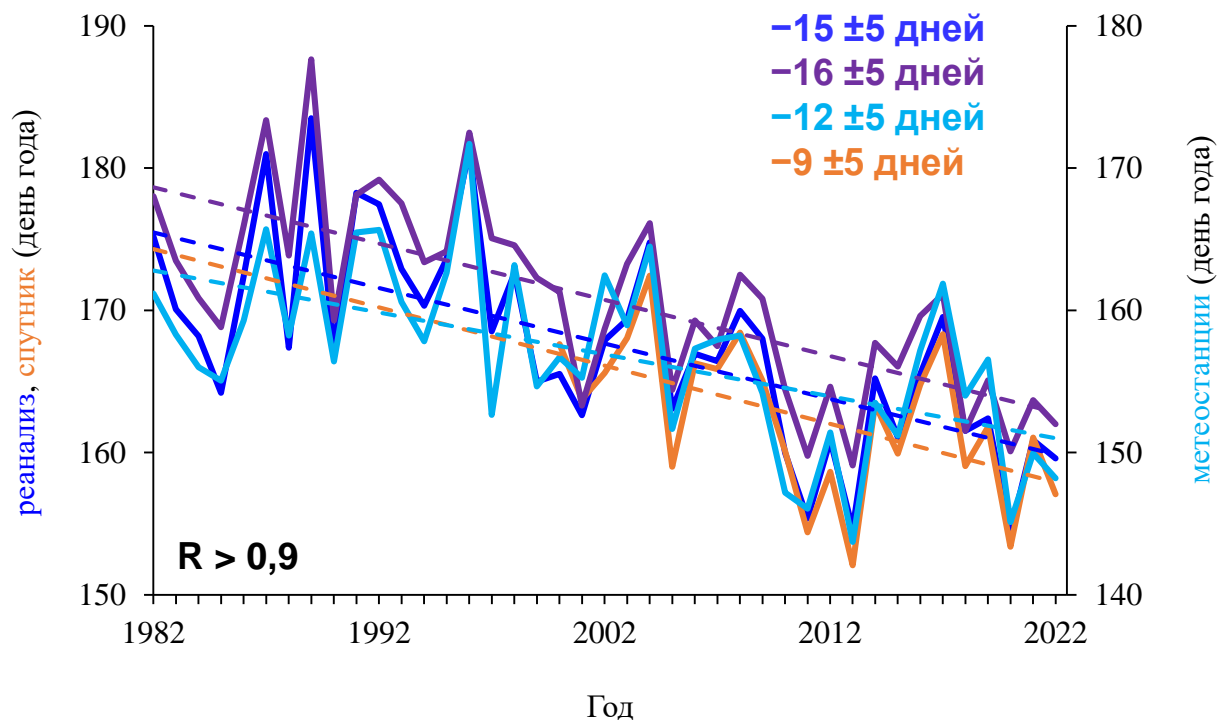
ИЗМЕНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СНЕЖНОГО ПОКРОВА

Сезоны с самым ранним сходом снежного покрова в течение 1982-2022



ЕЖЕГОДНЫЕ ВАРИАЦИИ ДАТЫ СХОДА СНЕЖНОГО ПОКРОВА

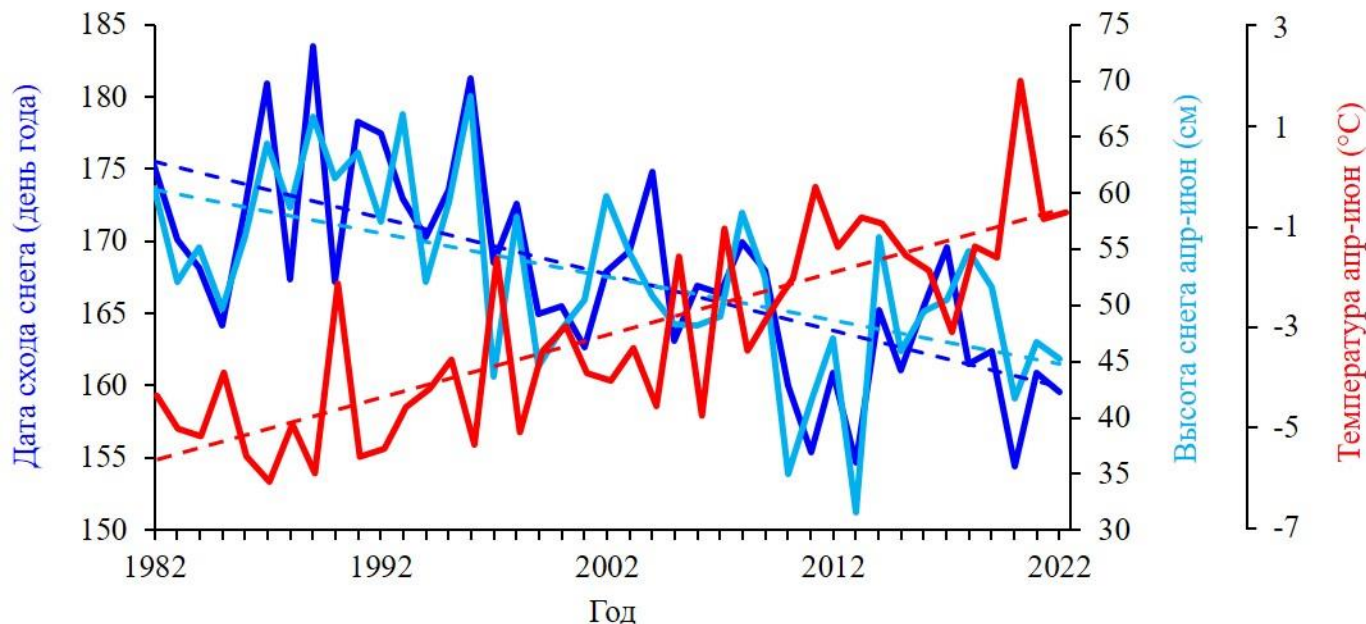
ДАТА СХОДА СНЕГА (РЕАНАЛИЗ)
ДАТА УСТОЙЧИВОГО СХОДА СНЕГА (РЕАНАЛИЗ)
ДАТА СХОДА СНЕГА (МЕТЕОСТАНЦИИ)
ДАТА СХОДА СНЕГА (СПУТНИК)



Стандартное отклонение даты схода снега по территории ROI в среднем за весь период:
~10 дней (реанализ), ~15 дней (спутник), ~16 дней (метеостанции).

ЕЖЕГОДНЫЕ ВАРИАЦИИ ТЕМПЕРАТУРЫ, ДАТЫ СХОДА И ВЫСОТЫ СНЕЖНОГО ПОКРОВА

ДАТА СХОДА СНЕГА (РЕАНАЛИЗ)
ТЕМПЕРАТУРА АПР-ИЮН (РЕАНАЛИЗ)
ВЫСОТА СНЕГА АПР-ИЮН (РЕАНАЛИЗ)



$R = -0,84$ (дата схода снега; температура апр-июн)

$R = 0,82$ (дата схода снега; высота снега апр-июн)

ВЫВОДЫ

В целом в условиях Арктического усиления на территории Сибири наблюдается тенденция более раннего схода снежного покрова. В среднем по Сибири за 1982-2022 гг. сдвиг даты схода снега на более ранние сроки составил 11 ± 3 дней на фоне роста среднегодовой температуры на $2,1 \pm 0,8^\circ\text{C}$ и температуры в апреле-июне на $3,3 \pm 0,8^\circ\text{C}$. При этом сезоны с самыми ранними датами схода снега приходятся на последнее десятилетие (2012-2022) и наблюдаются преимущественно в центральной части Сибири (80-130 в.д.).

Наиболее существенный сдвиг даты схода снега на ранние сроки (15 ± 5 дней), где также наблюдается снижение (на 14 ± 7 см) высоты снега в апреле-июне, обнаружен на севере Сибири и обусловлен, в основном, высоким ростом ($5,1 \pm 1,2^\circ\text{C}$) приземной температуры воздуха в апреле-июне.

Работа выполнена в рамках государственного задания (номер государственного учёта НИОКТР 122011700172-2).

Спасибо за внимание!

