

Мониторинг северных лесов России на основе временных рядов 250m MODIS LAI: оптимизация алгоритма и анализ трендов

Н.В. Шабанов*, С.А. Барталев*, О.В. Тутутбалина&

*ИКИ РАН

&Географический Факультет МГУ

СПД33-2018, Москва, ИКИ РАН

13 ноября 2018 г.

Проект:

Мультиплатформенный дистанционный мониторинг воздействия изменений климата на северные леса Росси.

Цель проекта:

разработка технологии для оценки динамики фитомассы северных лесов России с 200 г. в связи с изменениями климата, дать такую оценку на ключевых участках на основе обработки материалов мультиплатформенных космических и авиасъёмок, наземных обследований и спектрометрирования.

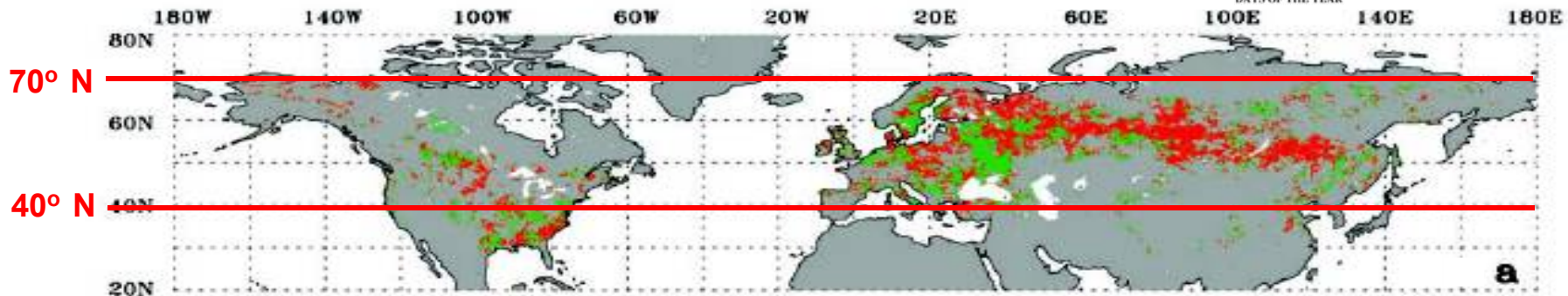
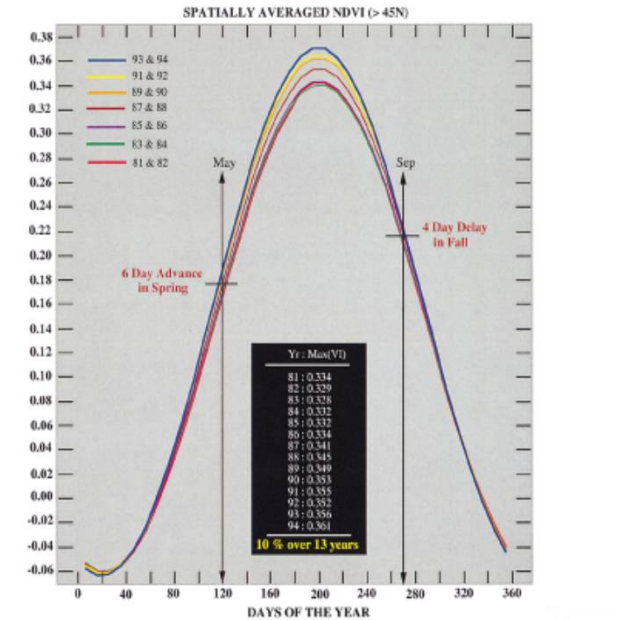
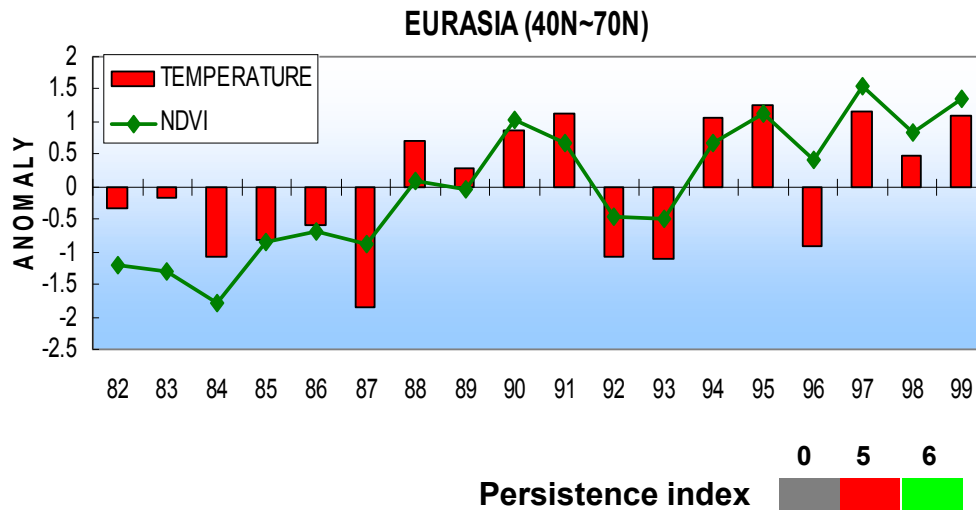
Содержание

- 1) Базовая литература
- 2) Оптимизация LAI алгоритма
- 3) Предварительные результаты анализа LAI трендов

Содержание

- 1) Базовая литература**
- 2) Оптимизация LAI алгоритма
- 3) Предварительные результаты анализа LAI трендов

Базовая литература– Мyneni et al



- AVHRR 8-km, 15-дневные композиты NDVI, 1981-2001, 40°-70° N.
- Исключены из анализа разреженная растительность (NDVI<0.1).
- В Северной Америке и Евразии обнаружены тренды NDVI- сезонного пика продолжительности вегетационного периода. Тренды NDVI коррелируют с трендами температуры.

Myneni et al, (1997) Increased plant growth in the northern high latitudes from 1981 to 1991. Nature, 386, 698-702.

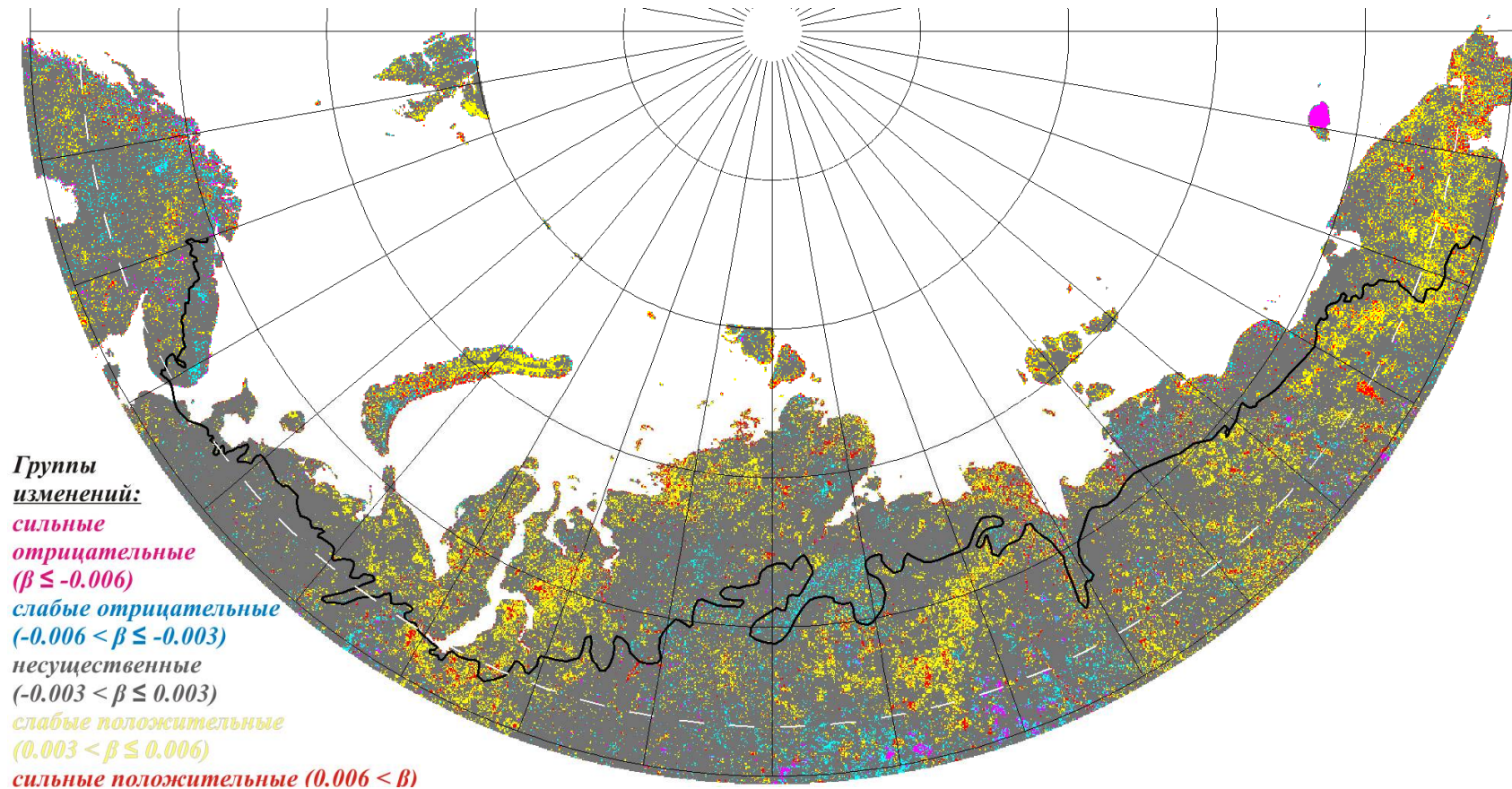
Zhou et al., (2001) Variations in northern vegetation activity inferred from satellite data of vegetation index during 1981 to 1999, JGR, 106(D17), 2069-2083

Базовая литература– Елсаков и др.

65° N

70° N

75° N



- MODIS 250m, 16-дневные композиты NDVI, 2000-2016, 65°-80° N
- Фокус исследований на тундру, не леса
- Тренды существенно отличаются для первой и второй половины всего интервала наблюдений- 2000-2009 and 2009-2016

Елсаков (2017) Пространственная и межгодовая неоднородность изменений растительного покрова тундровой зоны Евразии по материалам съемки MODIS 2000-2016, СПДЗЗ, 2017, 14(6) 56-72.

Базовая литература– MODIS фенология

Remote Sensing of Environment 114 (2010) 1805–1816



Contents lists available at ScienceDirect

Remote Sensing of Environment

journal homepage: www.elsevier.com/locate/rse



Land surface phenology from MODIS: Characterization of the Collection 5 global land cover dynamics product

Sangram Ganguly^{a,*}, Mark A. Friedl^b, Bin Tan^c, Xiaoyang Zhang^d, Manish Verma^b

^a Bay Area Environmental Research Institute/NASA Ames Research Center, MS 242-4, Moffett Field, CA 94035, USA
^b Department of Geography & Environment, Boston University, 675 Commonwealth Avenue, Boston, MA 02215, USA
^c Earth Resources Technology, Inc., NASA Goddard Space Flight Center, Code 614.5, Greenbelt, MD 20771, USA
^d Earth Resources Technology, Inc., 10810 Guilford Road, Suite 105, Annapolis Junction, MD 20701, USA

ARTICLE INFO

Article history:
Received 29 September 2009
Received in revised form 8 April 2010
Accepted 10 April 2010

Keywords:
MODIS phenology
Land cover dynamics
Land cover
Vegetation dynamics
MODIS Collection 5

ABSTRACT

Information related to land surface phenology is important for a variety of applications. For example, phenology is widely used as a diagnostic of ecosystem response to global change. In addition, phenology influences seasonal scale fluxes of water, energy, and carbon between the land surface and atmosphere. Increasingly, the importance of phenology for studies of habitat and biodiversity is also being recognized. While many data sets related to plant phenology have been collected at specific sites or in networks focused on individual plants or plant species, remote sensing provides the only way to observe and monitor phenology over large scales and at regular intervals. The MODIS Global Land Cover Dynamics Product was developed to support investigations that require regional to global scale information related to spatio-temporal dynamics in land surface phenology. Here we describe the Collection 5 version of this product, which represents a substantial refinement relative to the Collection 4 product. This new version provides information related to land surface phenology at higher spatial resolution than Collection 4 (500-m vs. 1-km), and is based on 8-day instead of 16-day input data. The paper presents a brief overview of the algorithm, followed by an assessment of the product. To this end, we present (1) a comparison of results from Collection 5 versus Collection 4 for selected MODIS tiles that span a range of climate and ecological conditions, (2) a characterization of interannual variation in Collections 4 and 5 data for North America from 2001 to 2006, and (3) a comparison of Collection 5 results against ground observations for two forest sites in the northeastern United States. Results show that the Collection 5 product is qualitatively similar to Collection 4. However, Collection 5 has fewer missing values outside of regions with persistent cloud cover and atmospheric aerosols. Interannual variability in Collection 5 is consistent with expected ranges of variance suggesting that the algorithm is reliable and robust, except in the tropics where some systematic differences are observed. Finally, comparisons with ground data suggest that the algorithm is performing well, but that end of season metrics associated with vegetation senescence and dormancy have higher uncertainties than start of season metrics.

© 2010 Elsevier Inc. All rights reserved.

1. Introduction

Investigations focused on monitoring and modeling biospheric processes require accurate information related to spatio-temporal dynamics in ecosystem properties. Because vegetation phenology affects terrestrial carbon cycling across a wide range of ecosystem and climate regimes (Baldocchi et al., 2001; Churkina et al., 2005; Richardson et al., 2009), accurate information related to phenology is important to studies of regional-to-global carbon budgets. The presence of leaves also influences land surface albedo (Moore et al., 1996; Ollinger et al., 2008) and exerts strong control on surface

radiation budgets and the partitioning of net radiation between latent and sensible heat fluxes (Chen & Dudhia, 2001; Yang et al., 2001). Thus, the phenological dynamics of vegetated ecosystems influence a host of eco-physiological processes that affect hydrologic processes (Hogg et al., 2000), nutrient-cycling, (Cooke & Weih, 2005), and land-atmosphere interactions (Heimann et al., 1998).

In recent years, growing season dynamics including shifts in the timing of bud burst, leaf development, senescence, and changes in growing season length have been widely studied in the context of ecosystem responses to climate change (Cleland et al., 2007). Studies using AVHRR data have concluded that northern hemisphere temperate and boreal regions (~40°–70° N) experienced increased growing season greenness related to surface warming during the period 1981 to 1999 (Myneni et al., 1997; Zhou et al., 2001). More recent studies utilizing a longer record of AVHRR data suggest a more

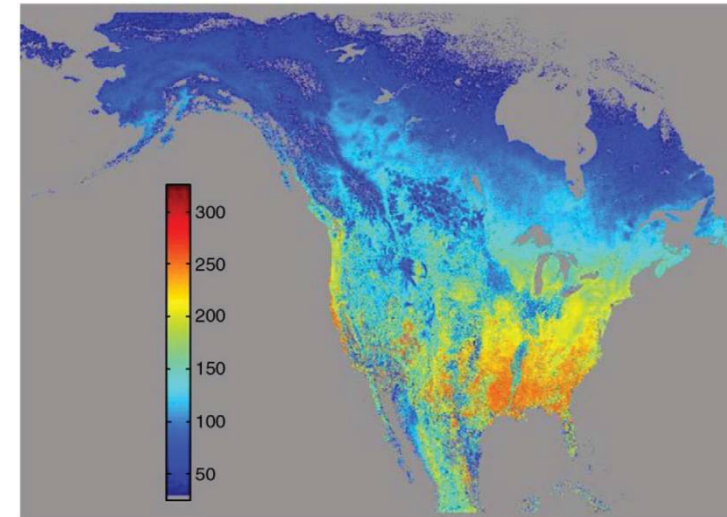
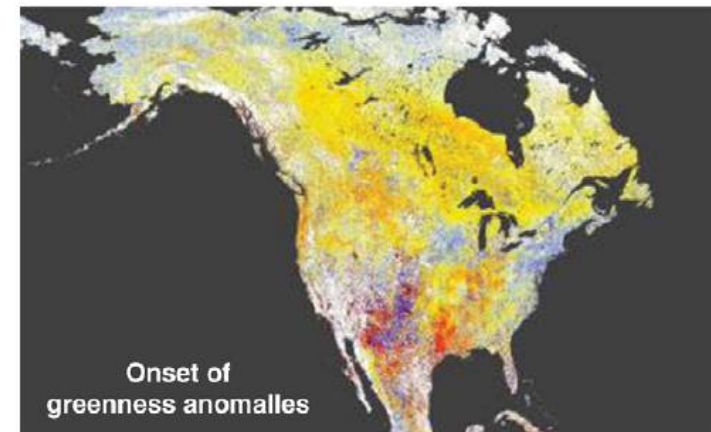


Fig. 1. Mean growing season length in days for North America for the period 2001–2006 derived from the MLCD product.



* Corresponding author.
E-mail address: sangramganguly@gmail.com (S. Ganguly).

Содержание

- 1) Базовая литература
- 2) Оптимизация LAI алгоритма**
- 3) Предварительные результаты анализа LAI трендов

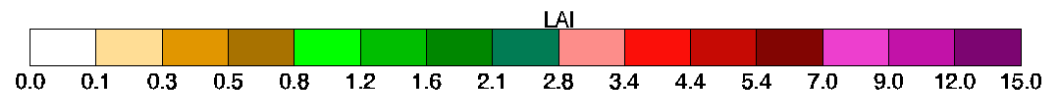
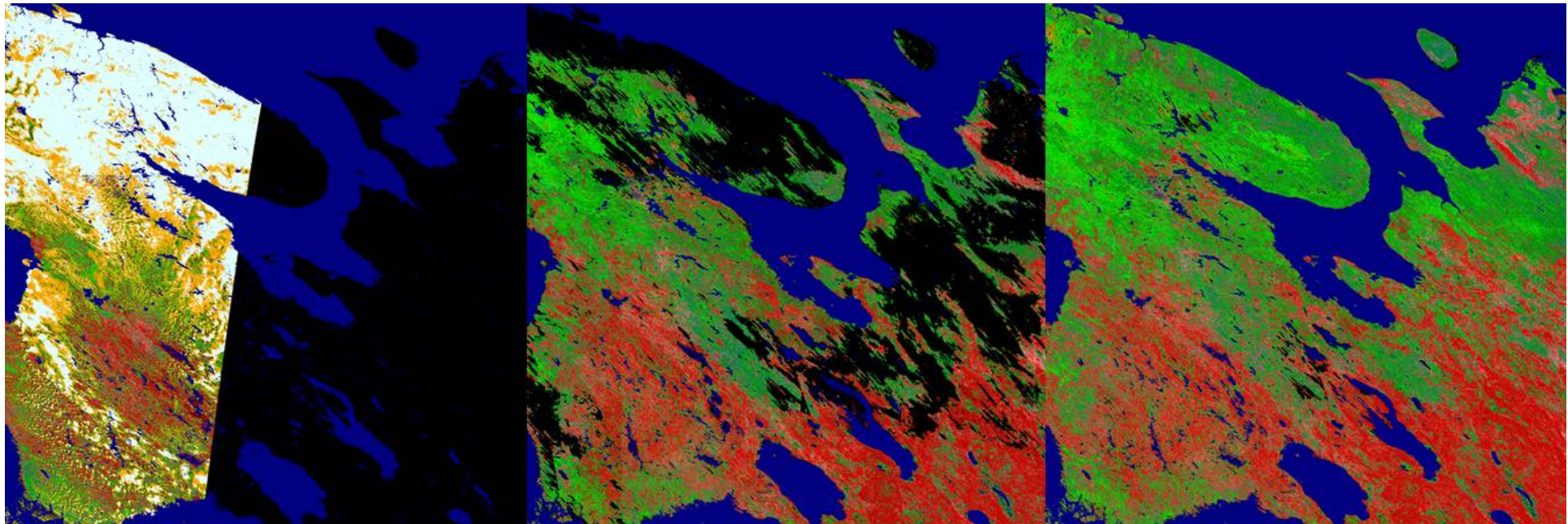
Этапы расчета 7-дневного LAI продукта

MODIS гранула h19v02 период 6-13 августа (дни 218-225) 2018 г.

(1) Ежедневное изображение

(2) композитное изображение

(3) Восстановленное изображение

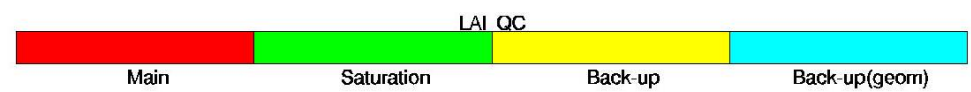
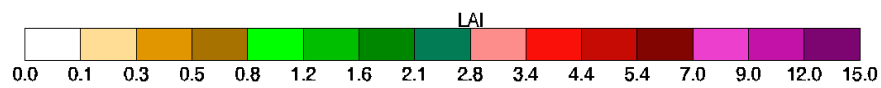
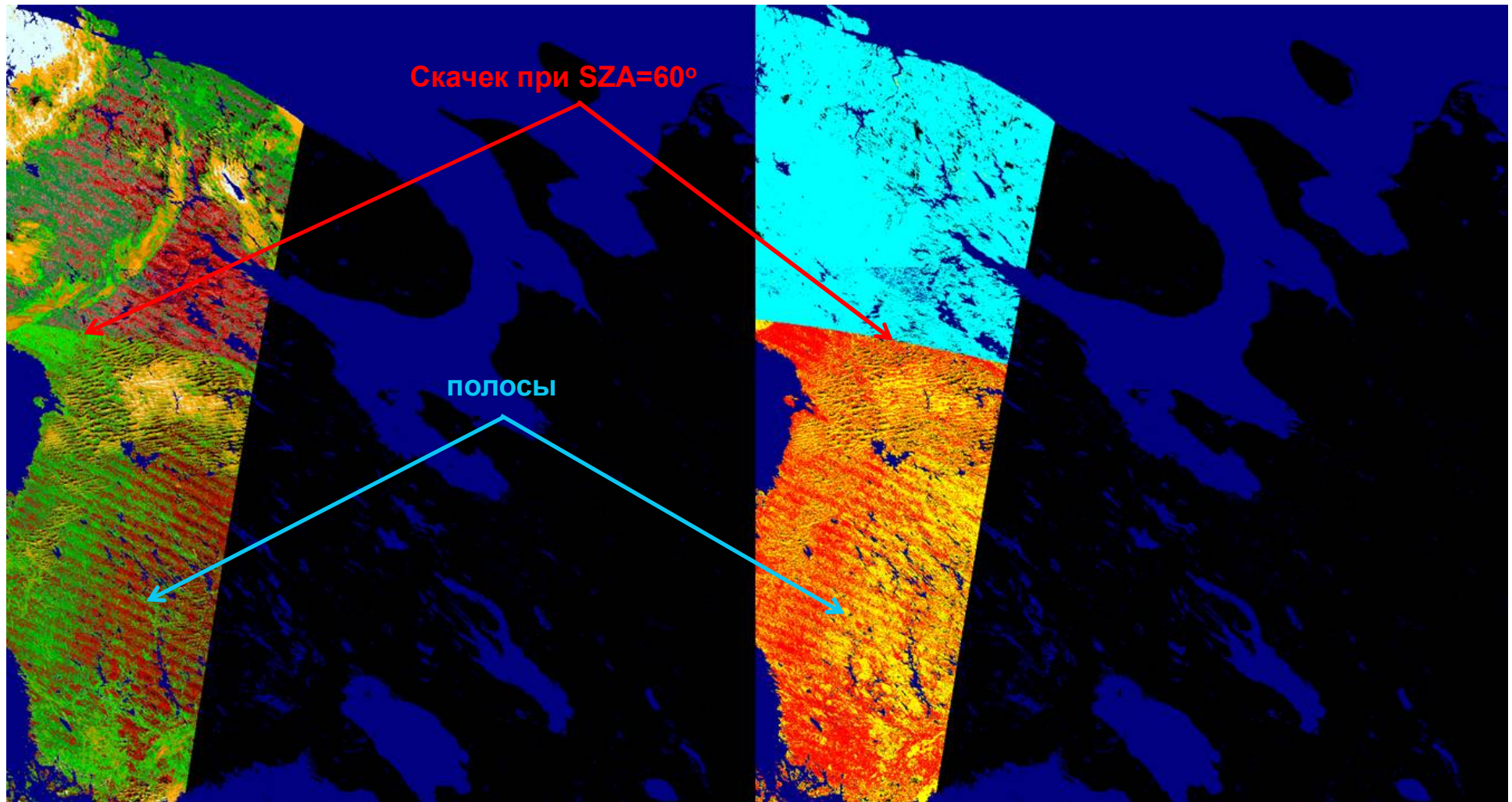


- 1) Ежедневные данные рассчитываются для каждого пиксела на основе физической модели вне зависимости от атмосферных условий (включая облачные пиксела)
- 2) Композитные данные рассчитываются за период 7 дней как наиболее близкое к среднему значение LAI после маскирования облачных пикселов
- 3) Композитные данные проходят процедуру восстановления (заполнения дыр и сглаживания) на основе метода LOESS полиномами второй степени

Аномалии продукта MODIS LAI

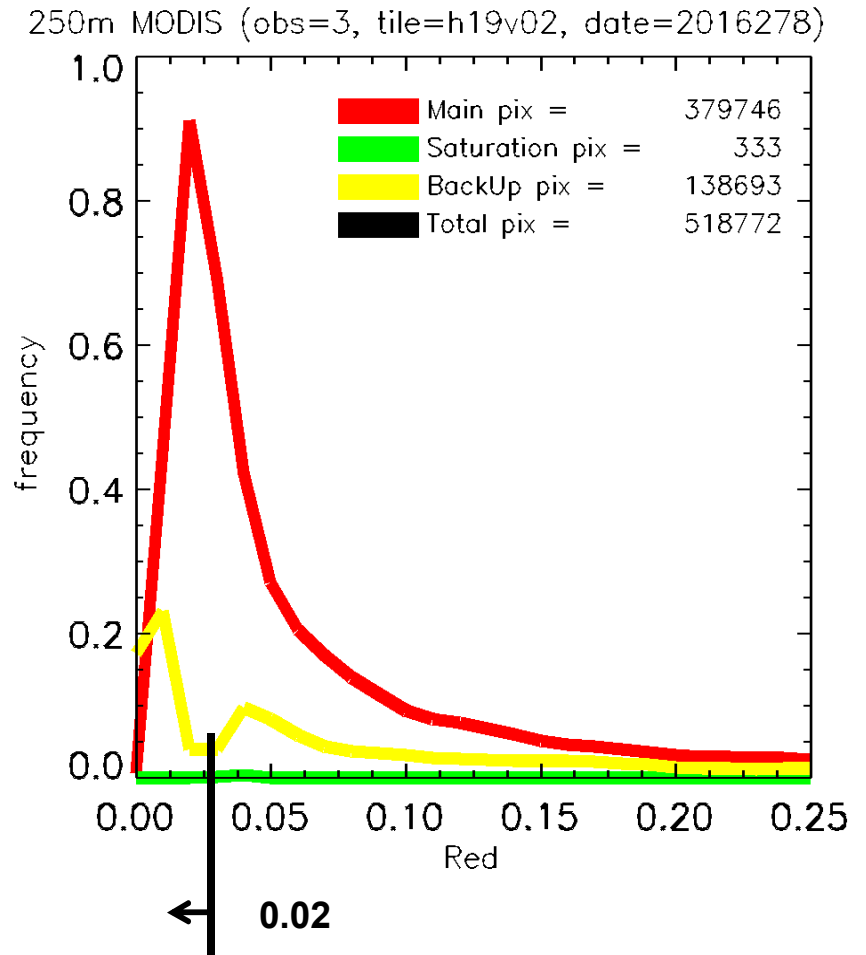
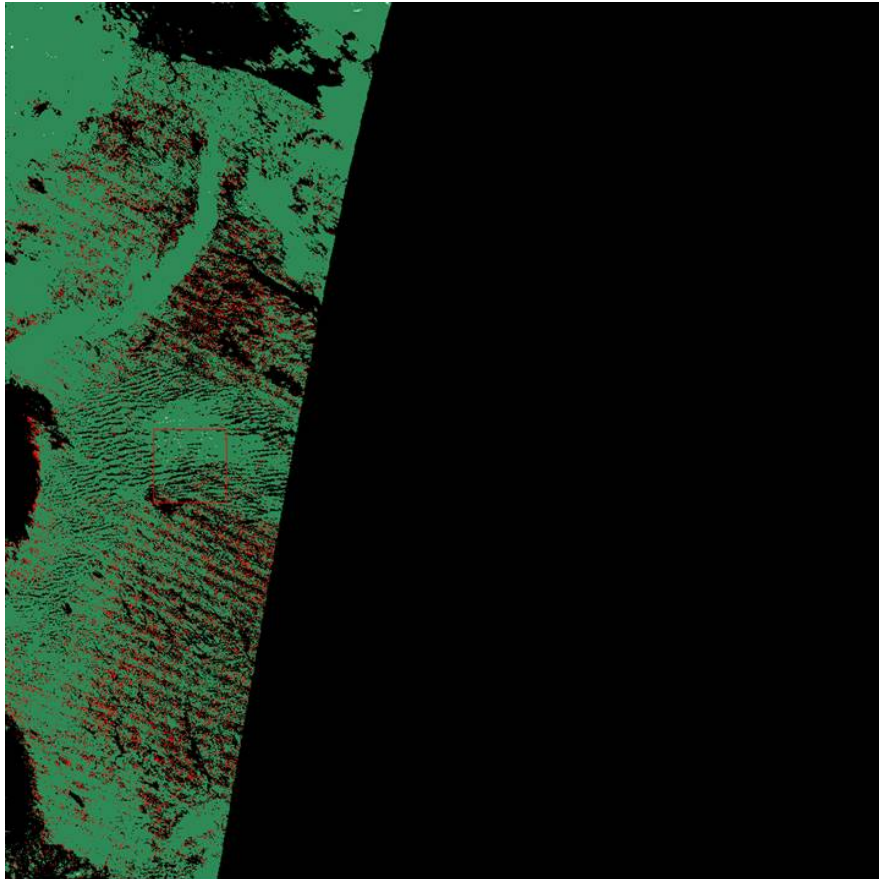
суточные LAI

суточные LAI QC



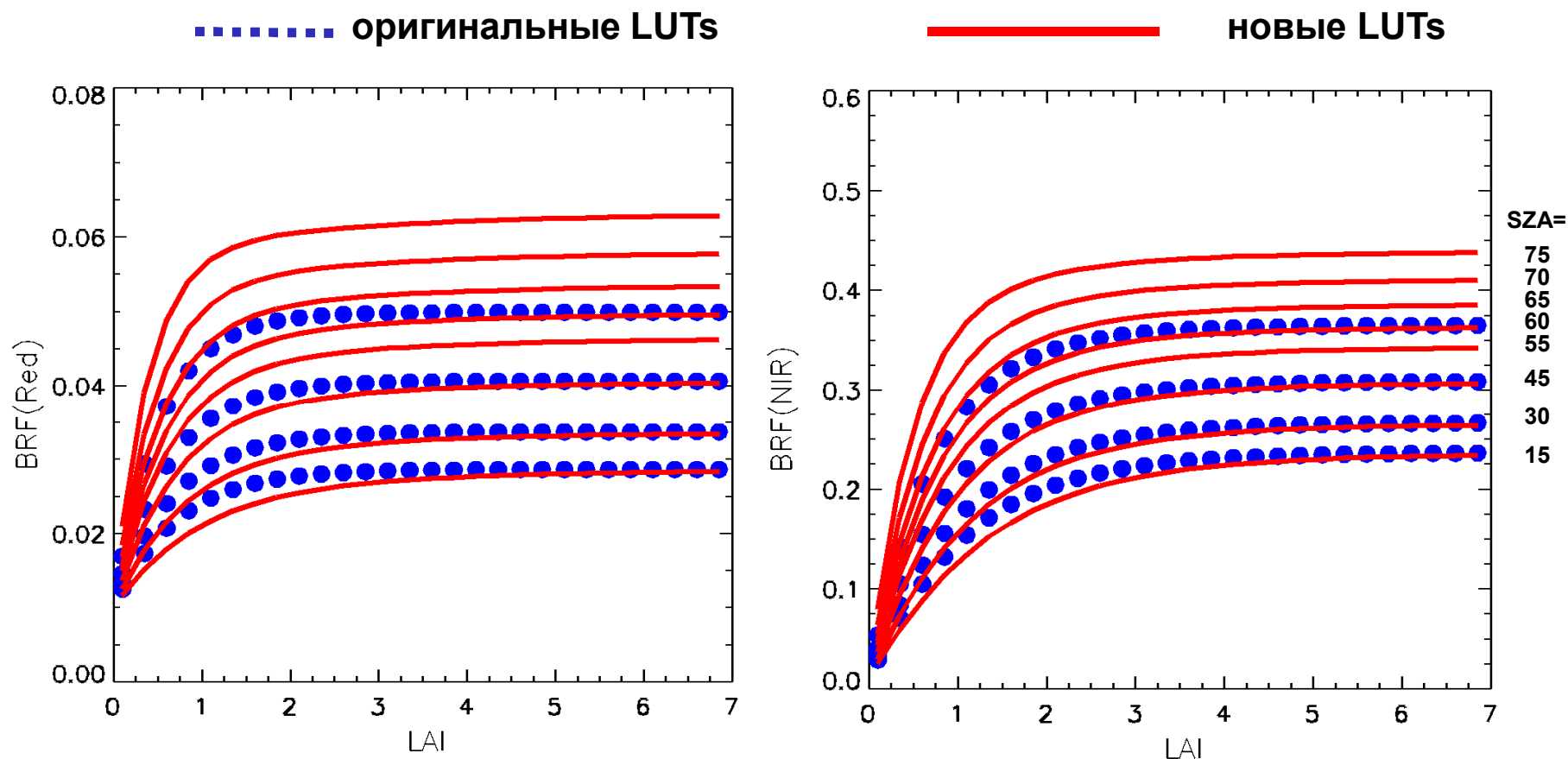
Сигнатуры аномалий в гистограмме красного канала

Суточные данные красного канала



Данные с аномалиями обрабатываются запасным LAI алгоритмом- эти данные имеют изолированный максимум при низких значениях красного канала [<0.02]
Проблема “аномалий полос” решается на шаге построения композитов путем удаления данных $Red < 0.02$ при $SZA > 60^\circ$

Изменение модельных данных LAI алгоритма (LUTs) (пример для класса хвойных лесов)



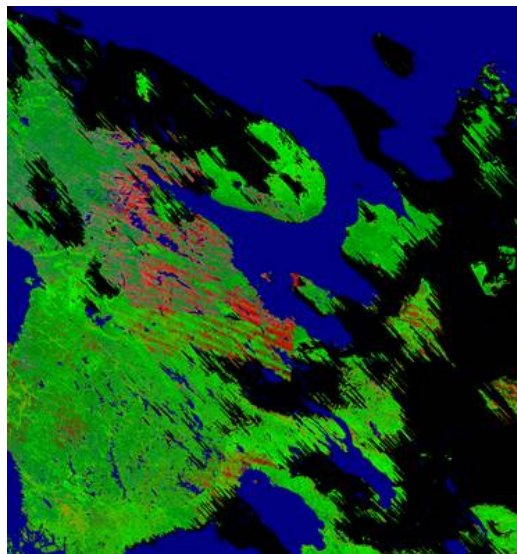
- Оригинальные модельные данные для MODIS NASA LAI алгоритма были разработаны с использованием 1D модели (среды с полным перемешиванием) версии стохастической модели Уравнения Переноса (SRT). Только недавно разработка теоретической базы была завершена-получены аналитические модели для структуры среды- парная корреляционная функция и вероятность наличия фитоэлементов (Huang et al., 2008, Shabanov et al., 2018). Новые LUTs используют возможности 3D моделирования SRT модели.
- Диапазон модельных данных был расширен, чтобы включить более высокие значения зенитного угла солнца (SZA) [15°,30°,45°,60°] --> [15° ,30° ,45° ,55°, 60°, 65°, 70°, 75°].

Базовый и новый композитные продукты LAI

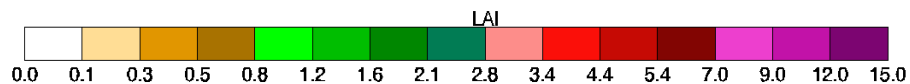
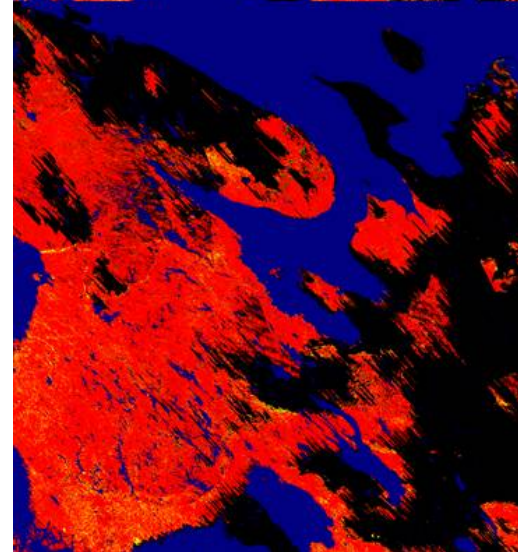
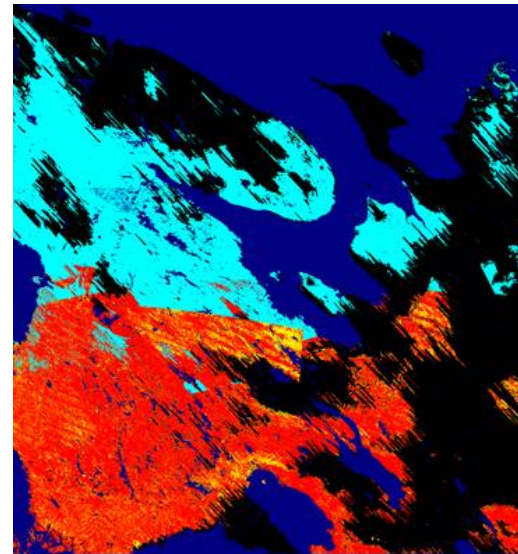
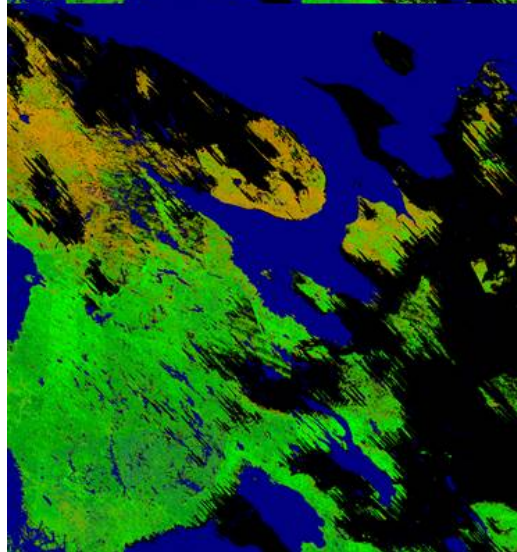
LAI

LAI_QC

базовый



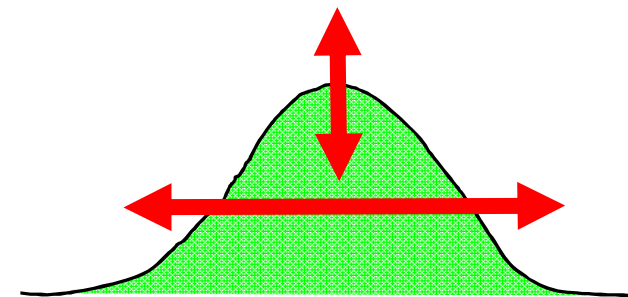
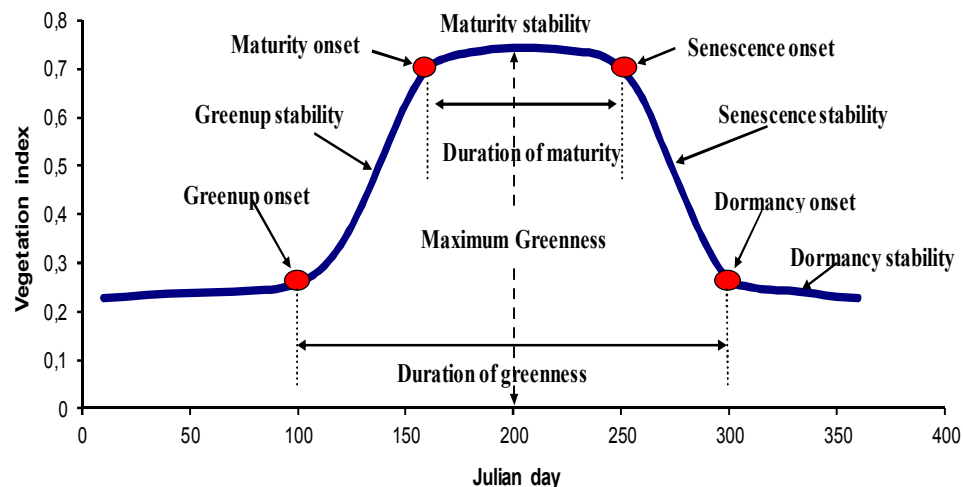
новый



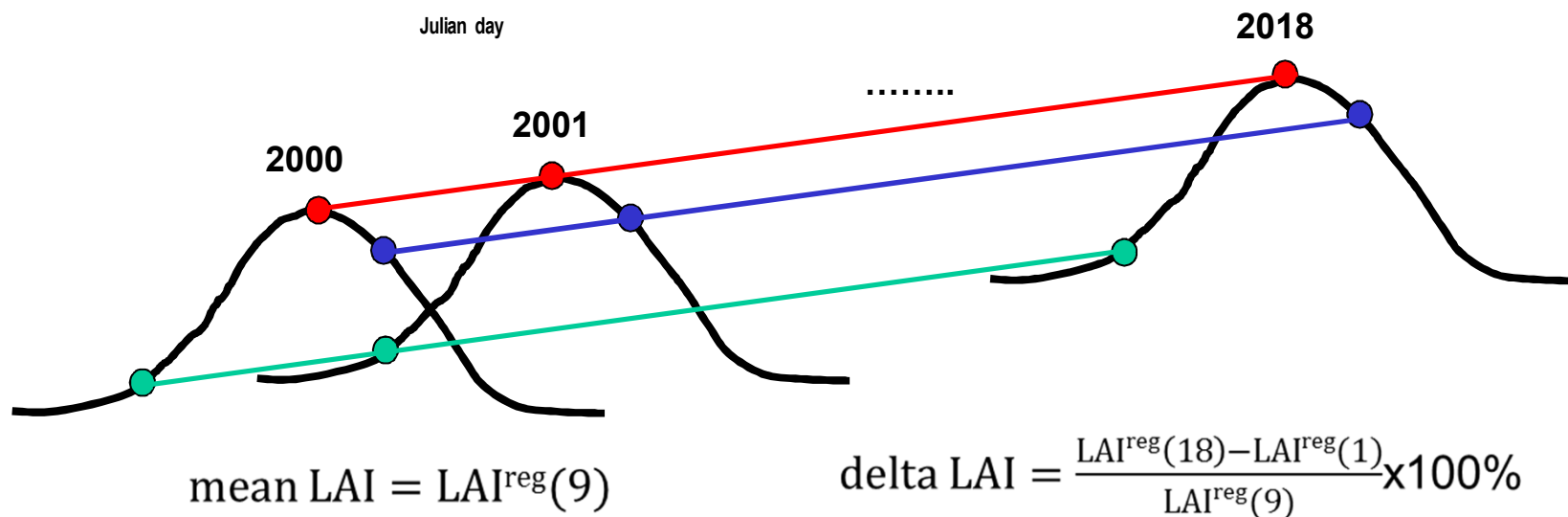
Содержание

- 1) Базовая литература
- 2) Оптимизация LAI алгоритма
- 3) **Предварительные результаты анализа LAI трендов**

Разработка методологии анализа LAI трендов- анализ фенологии!

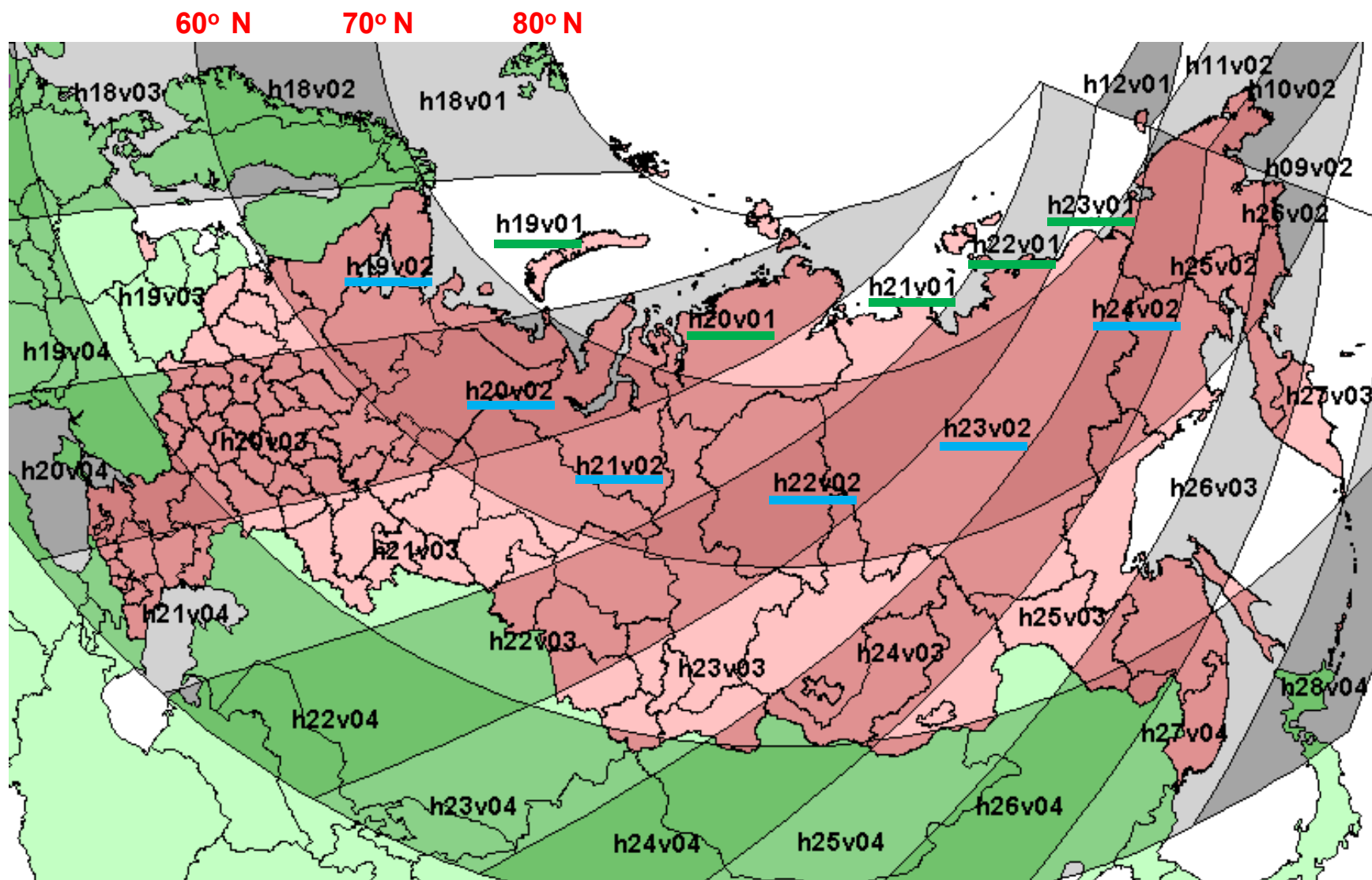


Climate may impact not only maximum but whole shape of the seasonal profile



Анализ трендов на основе годовичного максимума LAI информативен, но весьма ограничен! Такой подход не фиксирует важные аспекты фенологических изменений- непосредственный отклик растительности изменениям погоды/климата. Поэтому предлагается сделать регрессию всей сезонной кривой. Эти данные могут быть компрессированы в метрики, характеризующие всю сезонную кривую (4 базовых точки + интеграл под кривой и тд).

MODIS гранулы используемые в проекте



Alberts projection

Гранулы MODIS использованные в работе (ряд v02): **h19v02, h20v02, h21v02, h22v02, h23v02, h24v02**
Планируется также расширить набор с рядом v01: **h19v01, h20v01, h21v01, h22v01, h23v01**

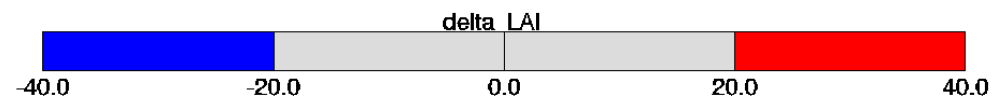
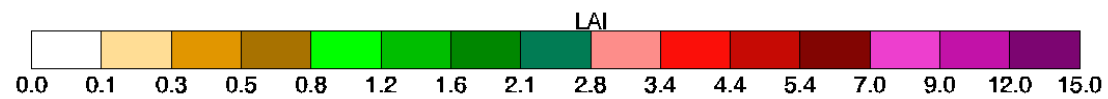
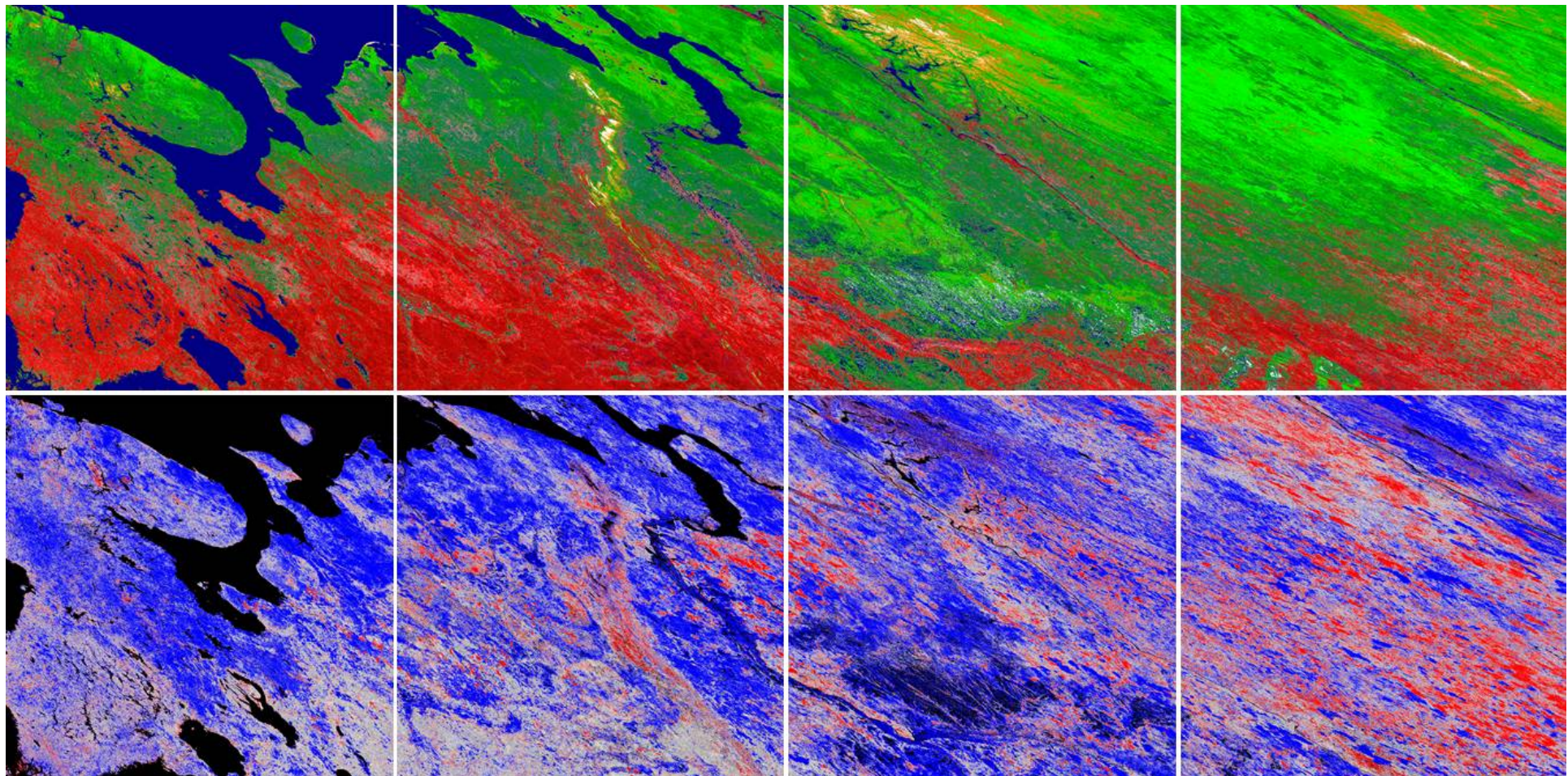
Карты mean_LAI и delta_LAI для 2000-2018

h19v02

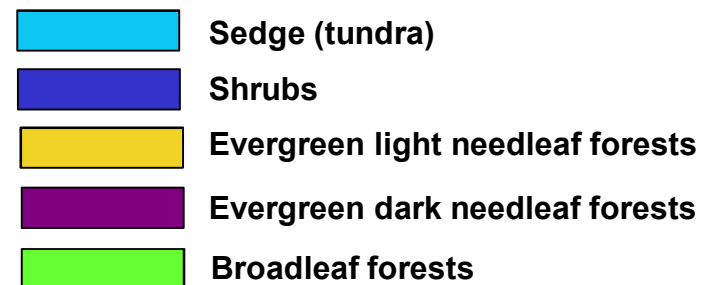
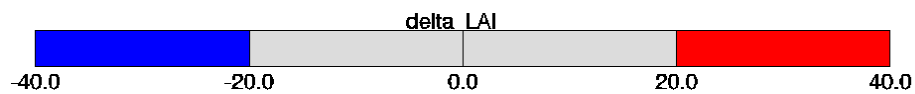
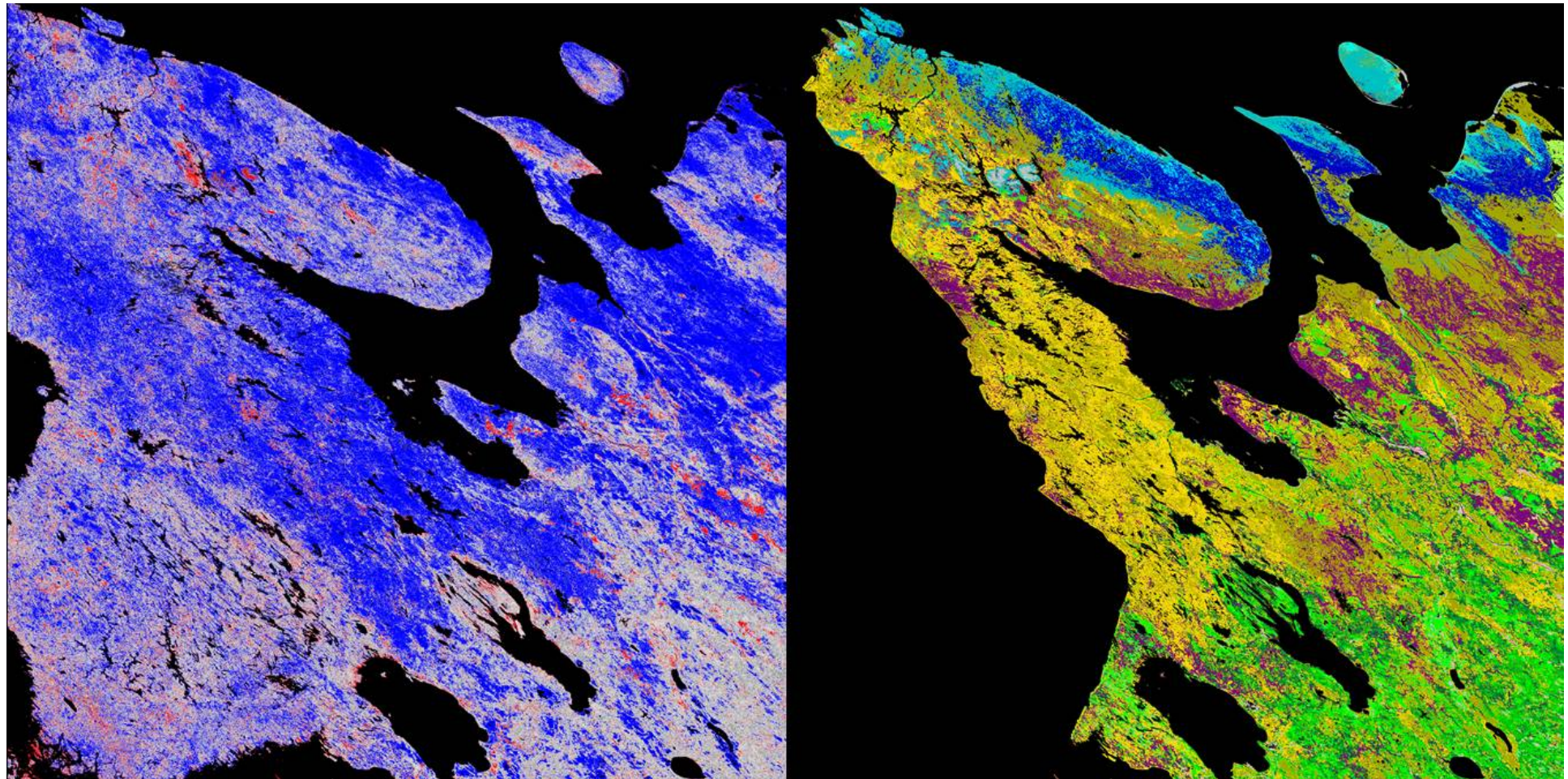
h20v02

h21v02

h22v02

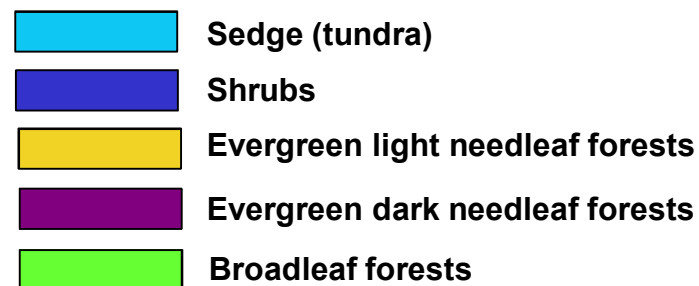
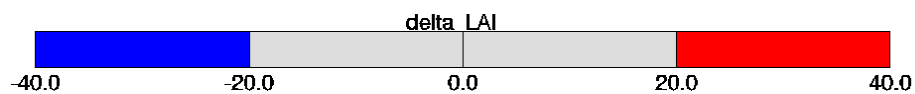
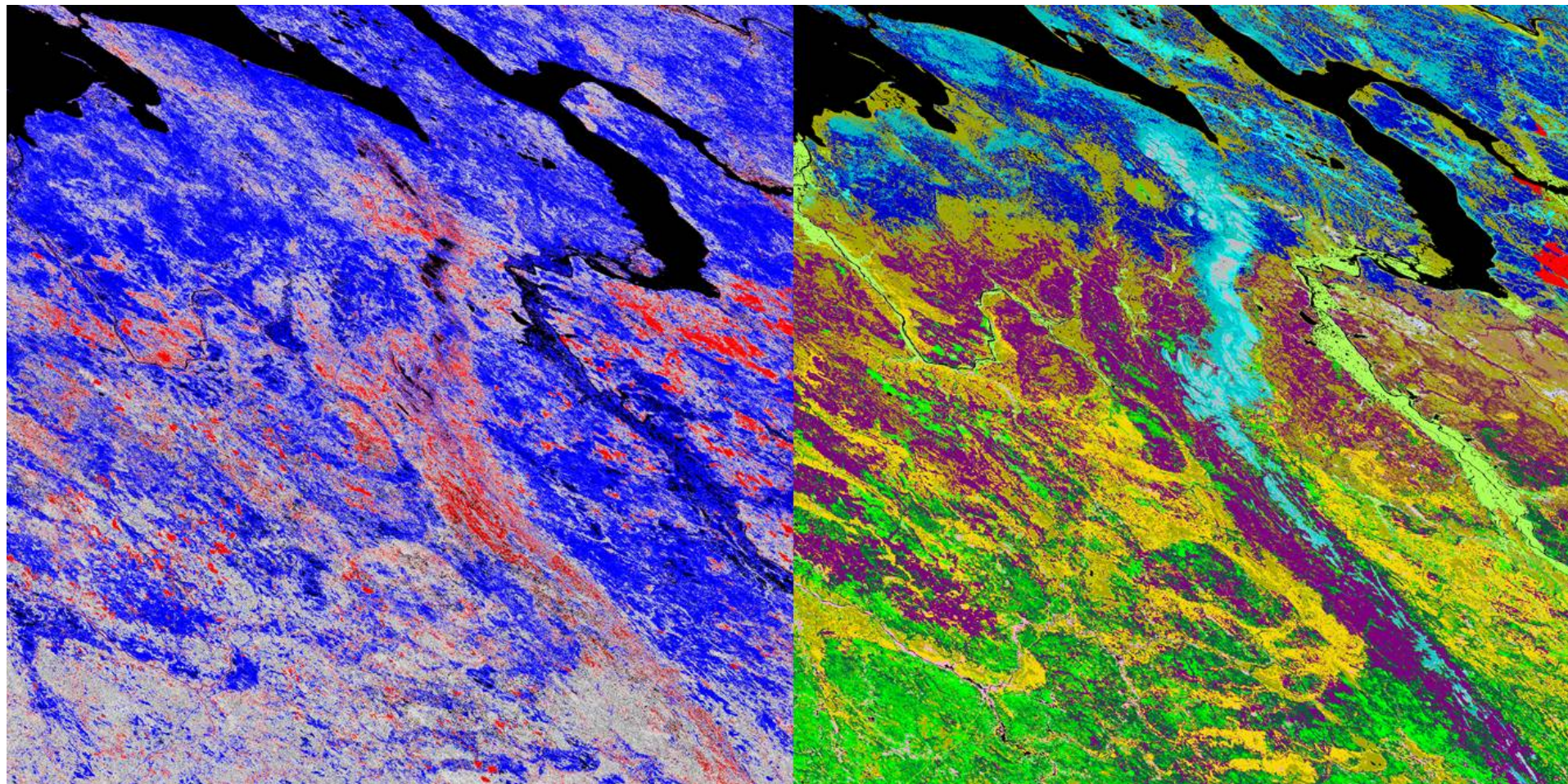


Карты delta_LAI и растительности* для гранулы h19v02

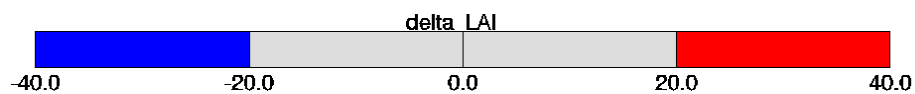
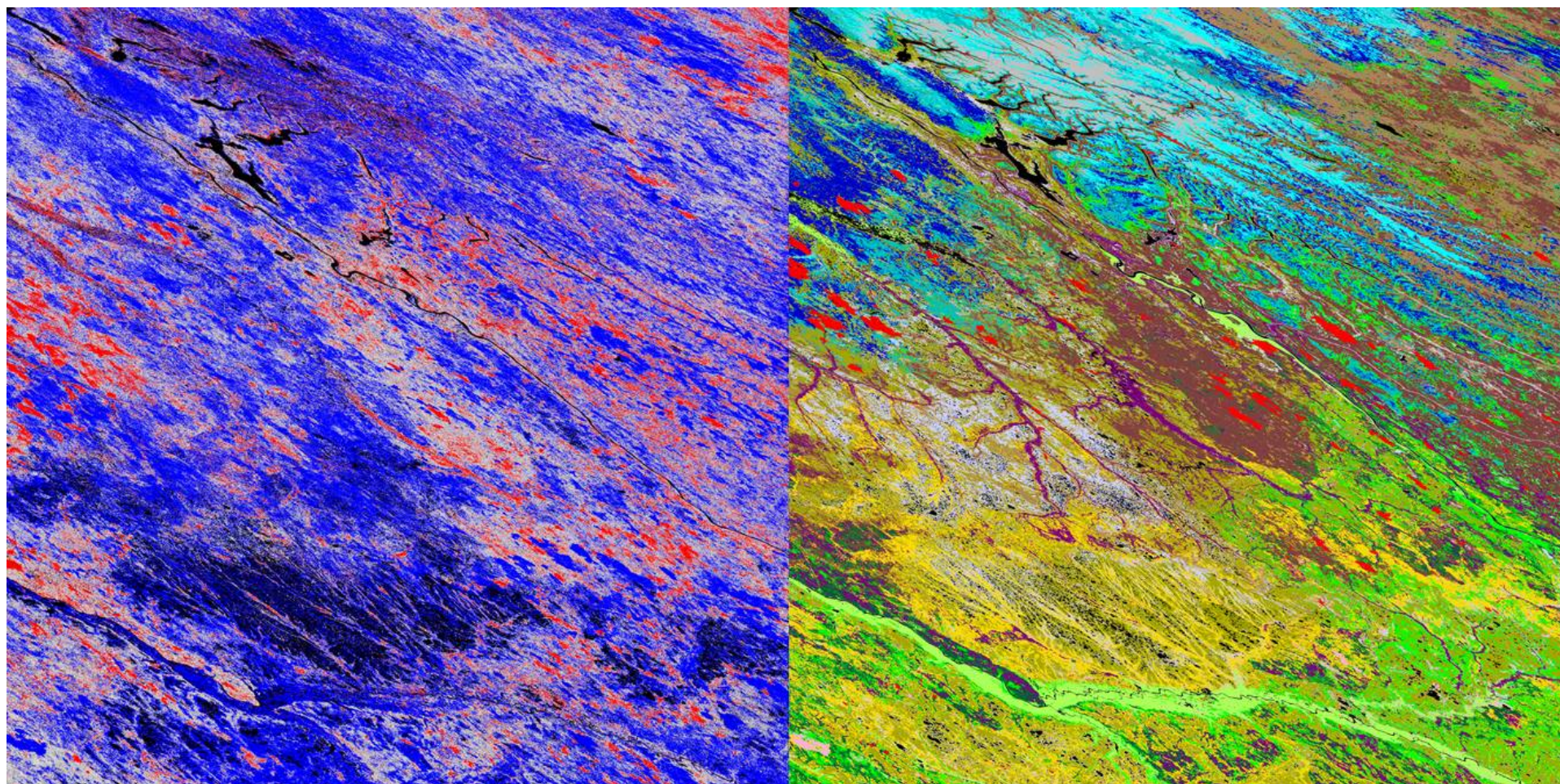







*ИКИ карта растительности, 27 классов

Карты delta_LAI и растительности для гранулы h20v02

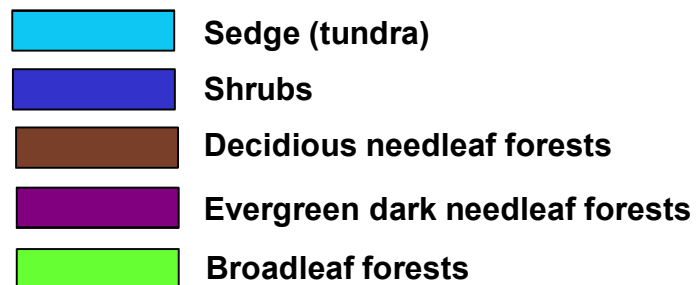
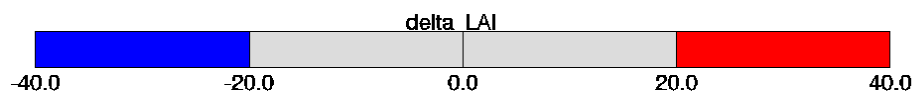
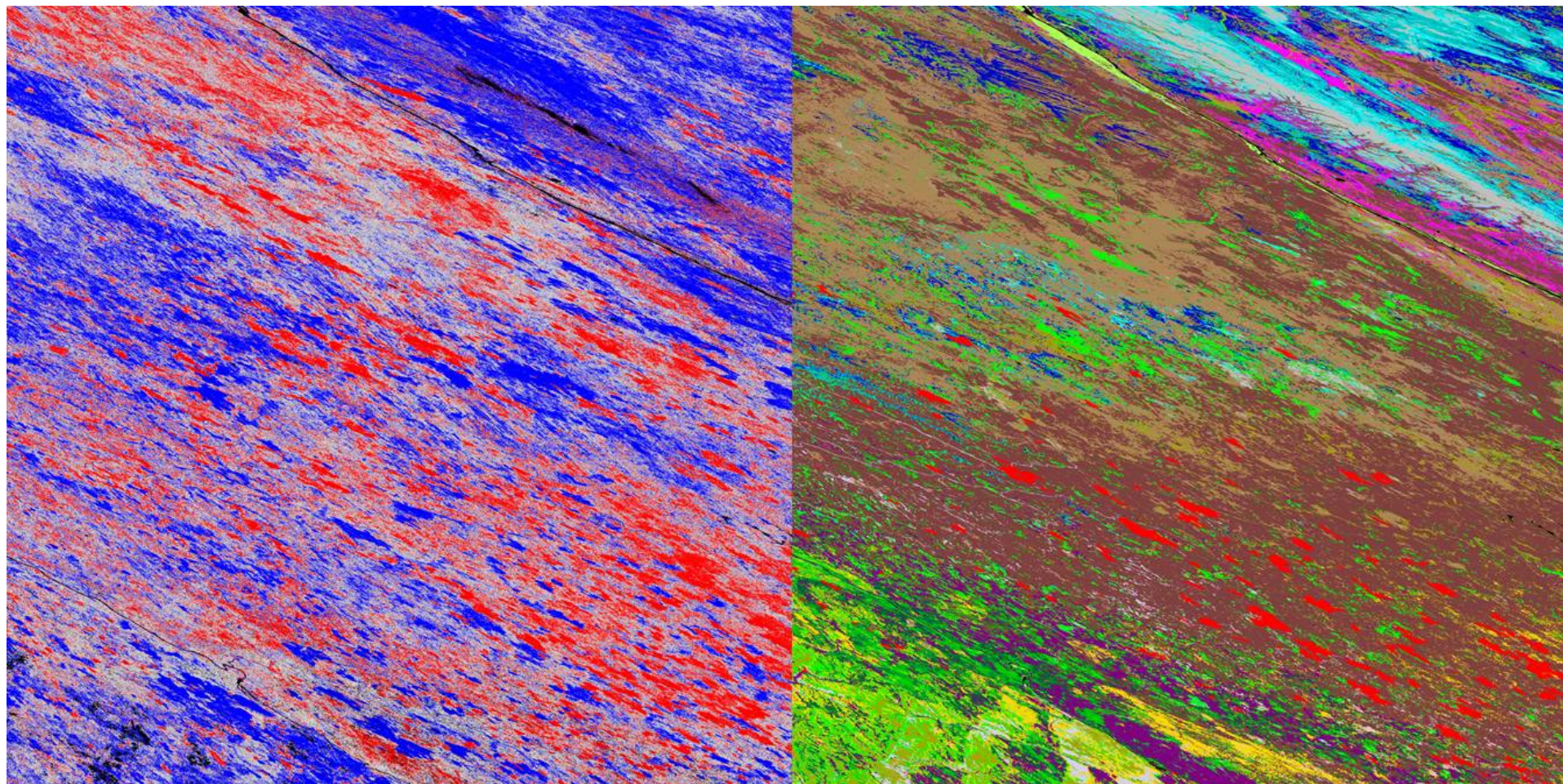


Карты delta_LAI и растительности для гранулы h21v02

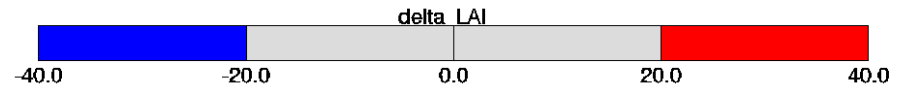
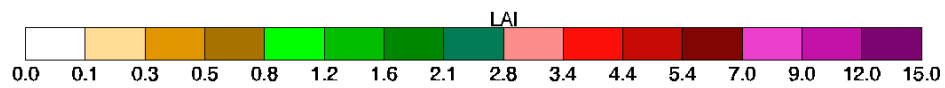
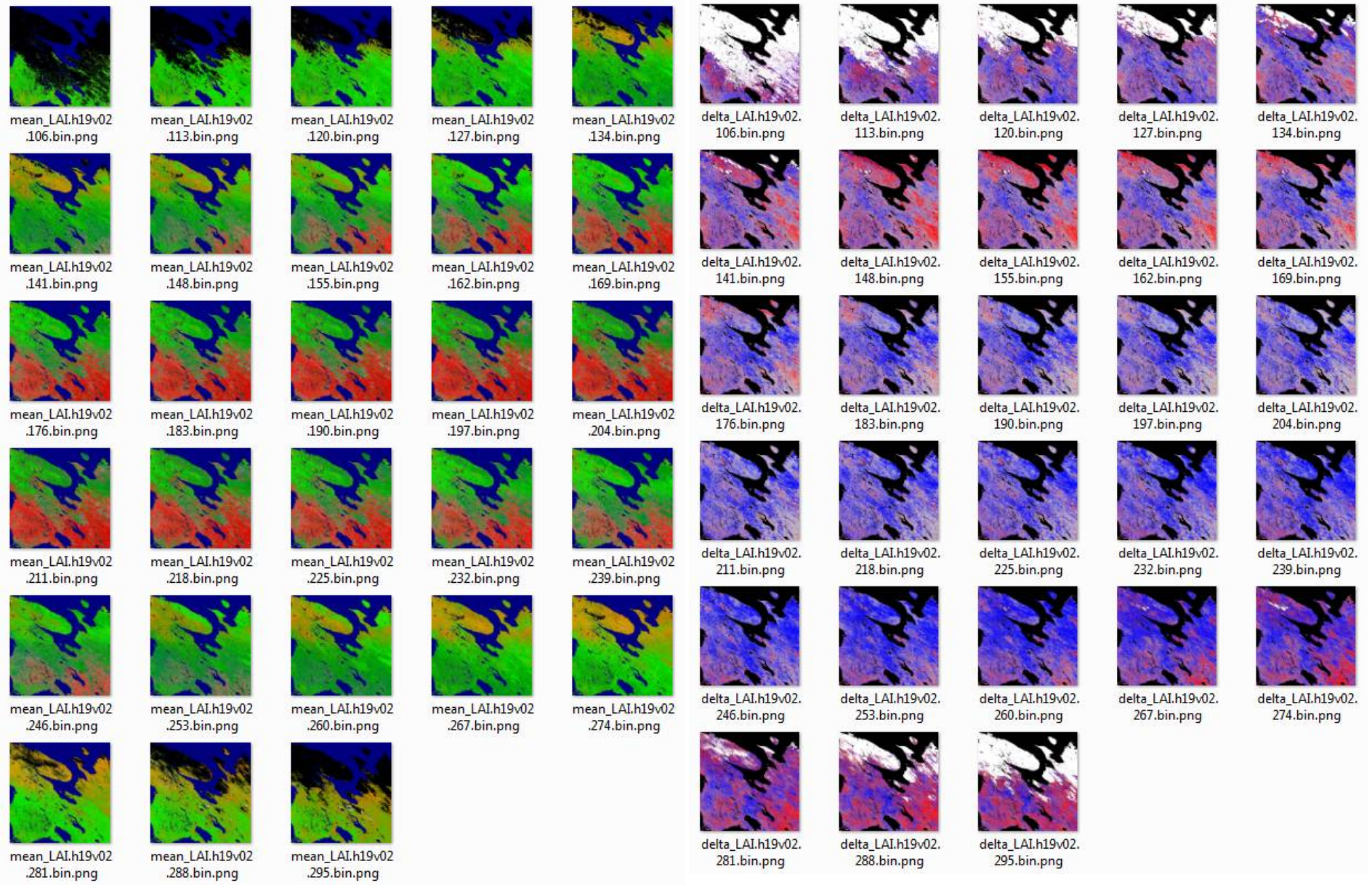


-  Sedge (tundra)
-  Shrubs
-  Evergreen light needleleaf forests
-  Evergreen dark needleleaf forests
-  Broadleaf forests

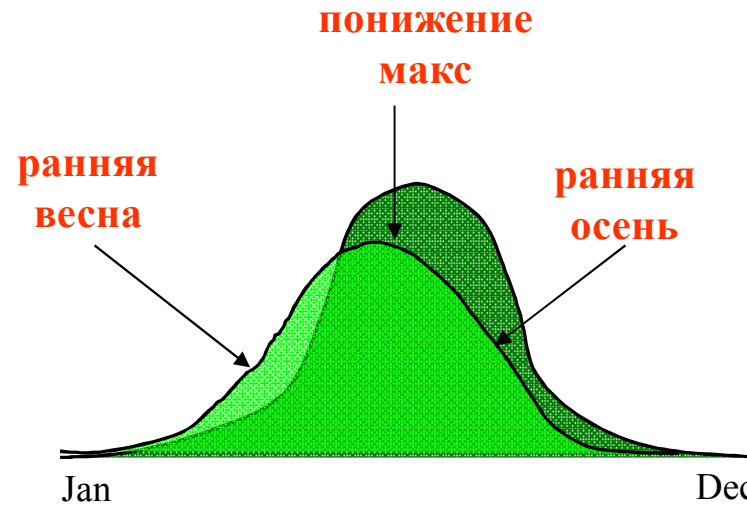
Карты delta_LAI и растительности для гранулы h22v02



Сезонные изменения mean_LAI и delta_LAI для гранулы h19v02



Концептуально для гранулы h19v02....



- Как весна так и осень наступают раньше.
- Крупные области к северу имеют тенденцию уменьшения пикового значения LAI.
- Небольшие разрозненные области имеют тенденцию увеличения пикового значения LAI.

Работа на ближайшее будущее:

- Завершить переобработку продукта MODIS LAI для рядов v02 and v01 и выполнить сезонную регрессию.
- Выполнить регрессию с использованием MODIS NDVI и путем сравнения выявить преимущества продукта MODIS LAI.
- Вычислить тренды на половину всего интервала (2000-2009 and 2009-2018) и сравнить результаты.
- Разработать методологию для сжатия результатов сезонной регрессии в компактные метрики, характеризующие изменение сезонной кривой.
- Вычислить корреляцию между профилями LAI и температуры для тестирования гипотезы что раннее появление зелени связано с более ранним наступлением тепла.
- Провести анализ зависимости трендов от типа растительного покрова.