

Двадцатая международная конференция  
"СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА"

Мониторинг постпожарных территорий в зоне вечной мерзлоты с использованием  
оптических спутниковых данных

*Черепанова Е.В., Феоктистова Н.В.*

Научно-исследовательский институт аэрокосмического мониторинга «АЭРОКОСМОС»  
Москва, 2022

## Введение

В условиях потепления климата, вызванного, в том числе, увеличением антропогенных выбросов парниковых газов на фоне экономического развития общества, в последнее десятилетие наблюдается ежегодный рост площадей и интенсивности природных пожаров в зоне постоянной вечной мерзлоты Российской Федерации, преимущественно на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока [Бондур, 2020, Пономарев, 2019]. Установлено, что пожары могут привести к необратимой деградации вечной мерзлоты, регрессионной сукцессии бореальных лесов, быстрой потере запасов почвенного углерода и увеличению опасных перигляциальных форм рельефа, что может также вызвать негативные социальные и экономические последствия [Чевычелов, 2019, Li, 2021].

Исследования взаимосвязей и механизмов обратных связей между природными пожарами, растительностью и почвенным покровом, круговоротом углерода, деградацией вечной мерзлоты для понимания функционирования экосистем бореально-арктической зоны в условиях меняющегося климата требуют дополнительного изучения с привлечением комплекса данных, включая результаты долгосрочных и краткосрочных полевых исследований, модельных прогнозов, геофизических и дистанционных измерений [Li, 2021, Пономарев, 2018,].

В целом, из-за роста числа пожаров в зоне постоянной вечной мерзлоты на территории Российской Федерации, актуальными становятся подходы, которые позволят количественно определить влияние различных параметров окружающей среды на характеристики мерзлых толщ и криогенных процессов в арктико-бореальной зоне.

Спутниковый мониторинг постпожарных территорий в зоне вечной мерзлоты, предназначен для ежегодного отслеживания и получения количественной оценки изменений различных параметров состояния окружающей среды на основе анализа мультиспектральных индексов, характеризующих состояние почвенно-растительного покрова, рассчитываемых с использованием оптических космических изображений.

Анализ временных рядов спутниковых данных включает в себя допожарные, пожарные и постпожарные периоды наблюдений и реализуется в несколько этапов:

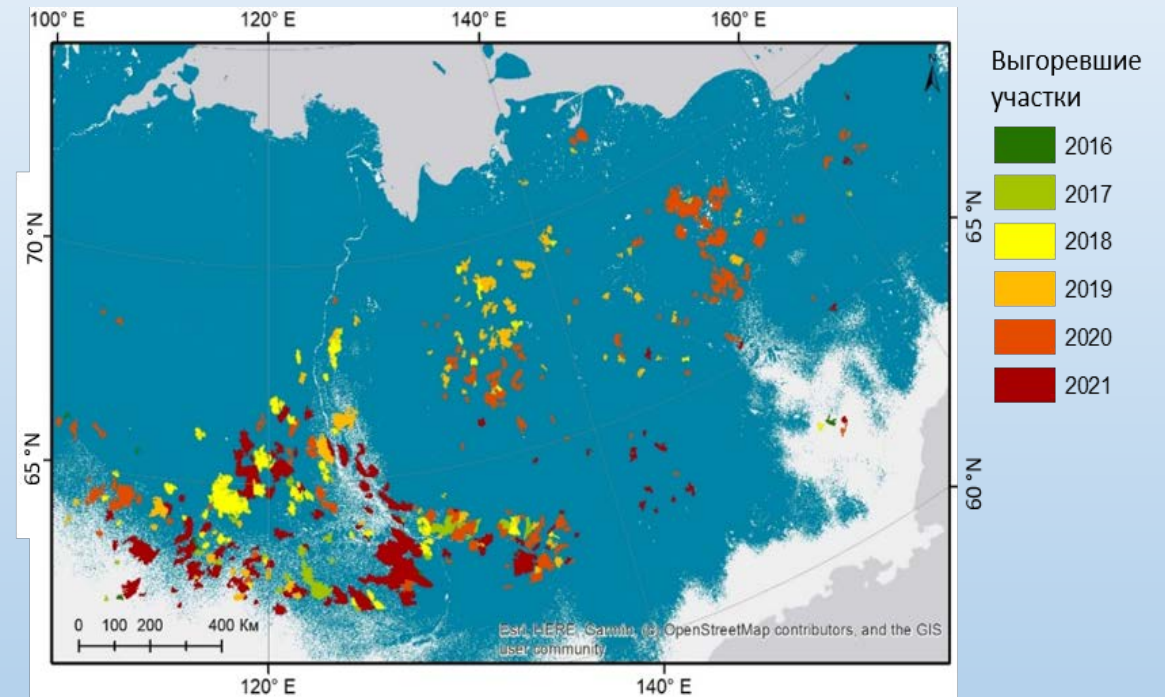
- На первом этапе проводится выявление постпожарных территорий с использованием методов обработки и анализа спутниковых данных о тепловых аномалиях, включающих в том числе информацию об очагах пожаров.
- На втором этапе производится расчет почвенно-растительных индексов, характеризующих состояние параметров окружающей среды в пределах выбранных территорий по долговременным сериям данных спутникового мониторинга.
- Пространственно-временной анализ динамики состояния постпожарных территорий в зоне вечной мерзлоты проводится на третьем этапе.

## Выявление постпожарных территорий по спутниковым данным (Этап 1)

Для выявления постпожарных территорий использовалась информация продукта VIIRS Active Fire (спутники NOAA-20, Suomi NPP) о ежедневных дневных и ночных тепловых аномалиях с пространственным разрешением в 375 м. Для определения местоположения активных пожаров (горячих точек) в продукте VIIRS Active Fire применен алгоритм идентификации активных пожаров и дифференциации их от фона по данным яркостной температуры в каналах 4 (3,55–3,93 мкм) и 5 (10,5–12,4 мкм). [Schroeder et al., 2014].

Для расчета границ площадей используется доступный набор точек за 1 год или сезон горения с нормальным и высоким уровнем качества данных. В арктико-бореальных областях сезон горения длится, как правило, с конца июня по начало сентября, однако, в последние годы наблюдается увеличение продолжительности сезона пожаров. Для преобразования горячих точек VIIRS Active Fire в полигональные площади постпожарных территорий предложен алгоритм геопространственной обработки данных, который включает в себя операции агрегирования, генерализации, упрощения и сглаживания границ объекта. Пространственно-смежные точки агрегируются в один полигон, для площадей более 100 кв. км оптимальный радиус сглаживания на рассматриваемой территории составляет 5 км.

Из анализа рисунка видно, что каждый последующий год выгорают соседние площади с выгоревшими ранее участками.



Карта плотности размещения точечных тепловых аномалий на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока севернее 62 с.ш., обнаруженных по данным VIIRS Active Fire за период с 2015 по 2021 года с использованием алгоритма KDE

## Выявление постпожарных территорий на основе анализа плотности тепловых аномалий и позволяющий выделить зоны активного горения территории за многолетний период.

Анализ плотности тепловых аномалий позволяет выделить зоны активного горения территории за многолетний период. Интенсивность пожара связана с плотностью регистрируемых точек тепловых аномалий, и чем больше плотность, тем выше интенсивность и соответственно, мощность воздействия на мерзлотную толщу. Также краевые участки гарей могут гореть повторно в следующем году, тем самым усиливая воздействие на мерзлотные слои.

Для выявления зон активного горения по точкам тепловых аномалий используется непараметрический способ оценки плотности случайной величины (KDE) с функцией квадратичного ядра, описанный в работе [Silverman, 1986] и вычисляемый согласно формуле:

$$f(x) = \frac{1}{nh^r\pi} \sum_{i=1}^n \left(1 - \frac{d^2}{h^2}\right)^2 \quad \text{где}$$

$h$  – ширина полосы (радиус поиска),

$n$  – число точек,

$r$  – размерность данных,

$d$  – расстояние между центральной точкой и точкой внутри радиуса поиска.

Для определения ширины полосы  $h$  используется формула:

$$h = 0,9 \min \left( SD, \sqrt{\frac{1}{\ln(2)} D_m} \right) n^{-0,2} \quad \text{где}$$

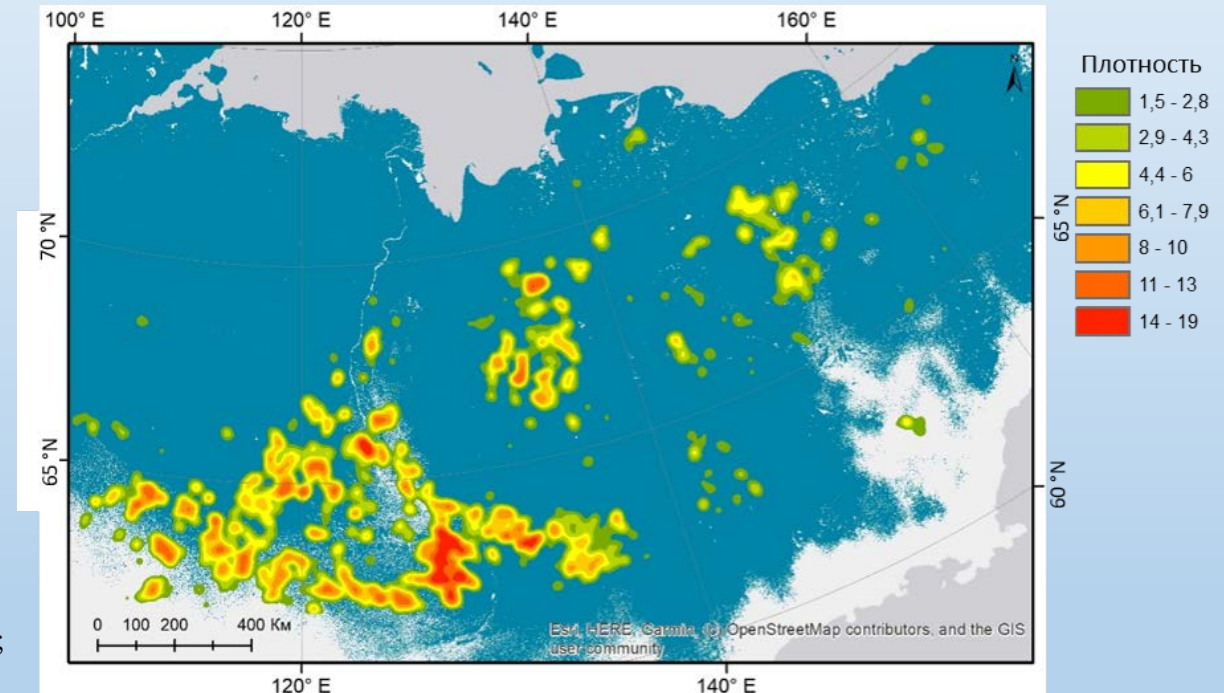
$h$  – ширина полосы (радиус области, участвующей в расчетах);

$n$  – количество событий, если используется поле счетчика, то  $n$  – это сумма счетчиков;

$D$  – медианное расстояние;

$SD$  – стандартное расстояние;

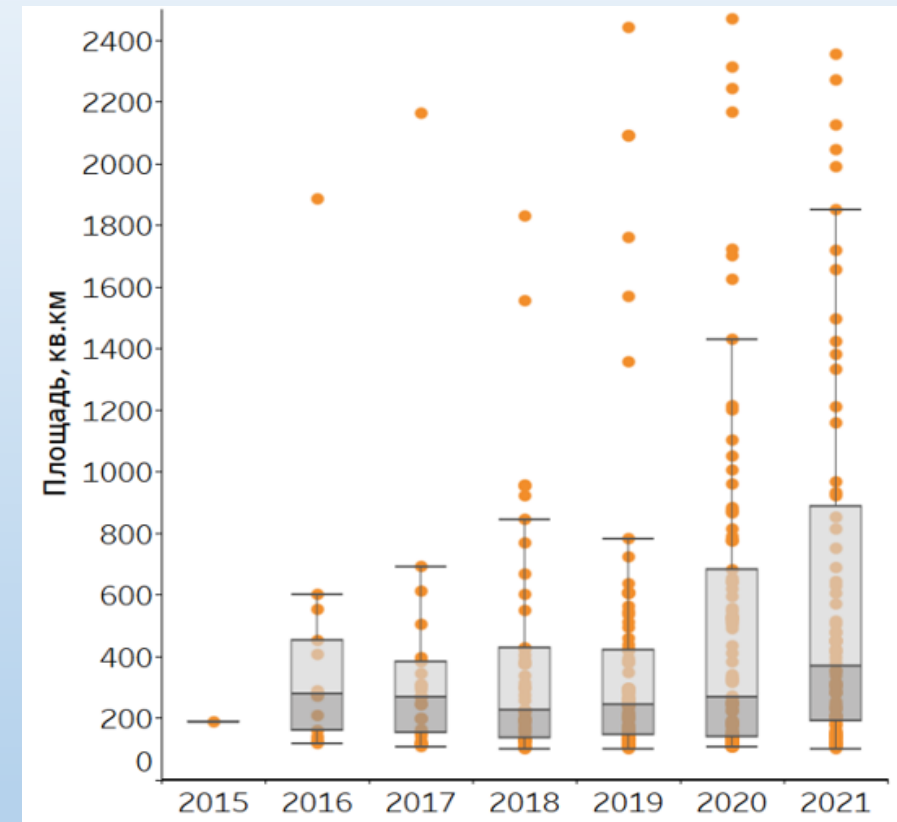
$\min$  – функция выбора минимального значения между  $SD$  и  $\sqrt{\frac{1}{\ln(2)} D_m}$ .



Карта плотности размещения точечных тепловых аномалий на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока севернее 62 с.ш., обнаруженных по данным VIIRS Active Fire за период с 2015 по 2021 года с использованием алгоритма KDE

Таким образом, в результате выполнения **первого этапа мониторинга** получаются векторные карты ежегодных крупных площадей выгоревших территорий и многолетние ареалы горимых площадей.

Анализ динамики роста крупных постпожарных площадей в период с 2015 по 2021 год показывает, что несмотря на близкие ежегодные медианные значения площадей 250 – 350 кв. км, после 2019 года наблюдалось смещение в выборке в сторону увеличения площадей, и по верхней границе третьего квартиля отмечается рост площадей с 800 до 1800 кв. км (см. рисунок). Также с каждым годом нарастала плотность аномальных значений, характеризующих выгоревшие площади с значениями более 1500 кв.км. На рисунке не показаны 9 выбросов со значениями площадей более 2500 кв. км, 7 из которых приходятся на 2020 и 2021 гг.



Межгодовая динамика постпожарных площадей (более 100 кв. км), расположенных в зоне вечной мерзлоты Восточной Сибири и Дальнего Востока севернее 62 с.ш. в период времени с 2015 по 2021 гг. и рассчитанных методом агрегирования точек тепловых аномалий VIIRS Active Fire.



## **Расчет мультиспектральных индексов по временным сериям спутниковых данных, характеризующих состояние различных параметров окружающей среды на постпожарных территориях (Этап 2)**

При анализе современной динамики криолитозоны в связи с изменениями (потеплением) климата, а также при разработке прогнозных сценариев необходимо оценивать всю совокупность свойств ландшафта и его отдельных компонентов, меняющихся вслед за изменениями климата. Изменение условий на поверхности земли, сопровождающее потепление или похолодание, может сильно трансформировать направленность мерзлотного процесса, развитие или деградацию мерзлых толщ. В одних ландшафтных условиях оно будет действовать в том же направлении, что и климатический тренд, усиливая его действие, в других – в противоположном, ослабляя его [Конищев, 2011].

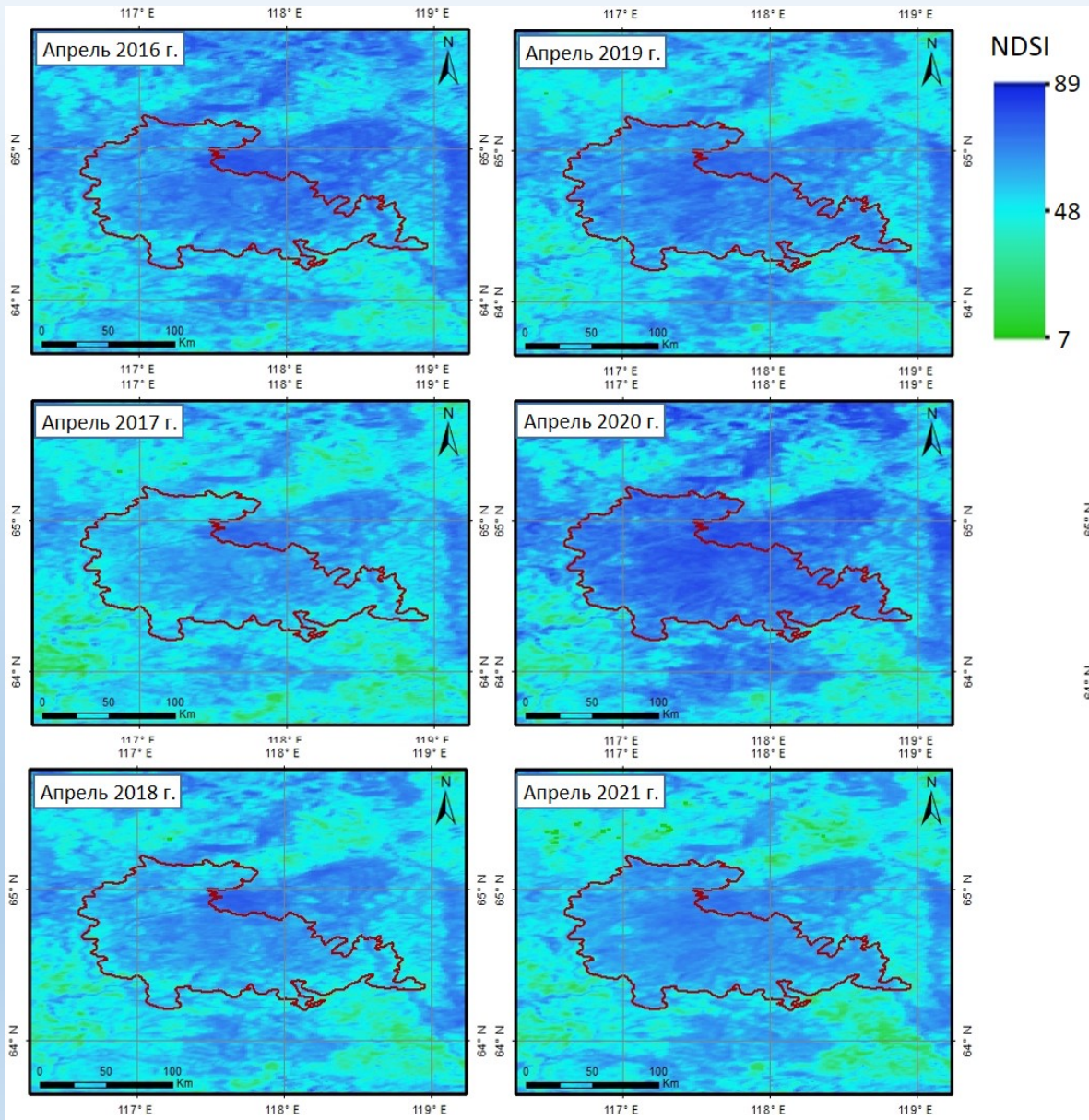
Для проведения мониторинга выбран ряд универсальных мультиспектральных индексов, получаемых по оптическим спутниковым данным, и характеризующих состояние почвенно-растительного покрова [Бондур, Воробьев, 2015, Бондур и др., 2016]. Универсальность индексов определяется тем, что они могут быть рассчитаны по различным спутниковым данным на региональном и локальном масштабе исследований. Основными источниками долговременных данных, по которым могут рассчитываться ежедневные, недельные, месячные и сезонные индексы, на сегодняшний день являются данные Terra (MODIS), Sentinel 2-3, Landsat 5-8, Метеор-М и др. В дальнейшем метод мониторинга может адаптирован для серий данных, получаемых с новых российских и китайских спутников.

# Мультиспектральные индексы, применяемые при мониторинге постпожарных территорий для оценки их состояния

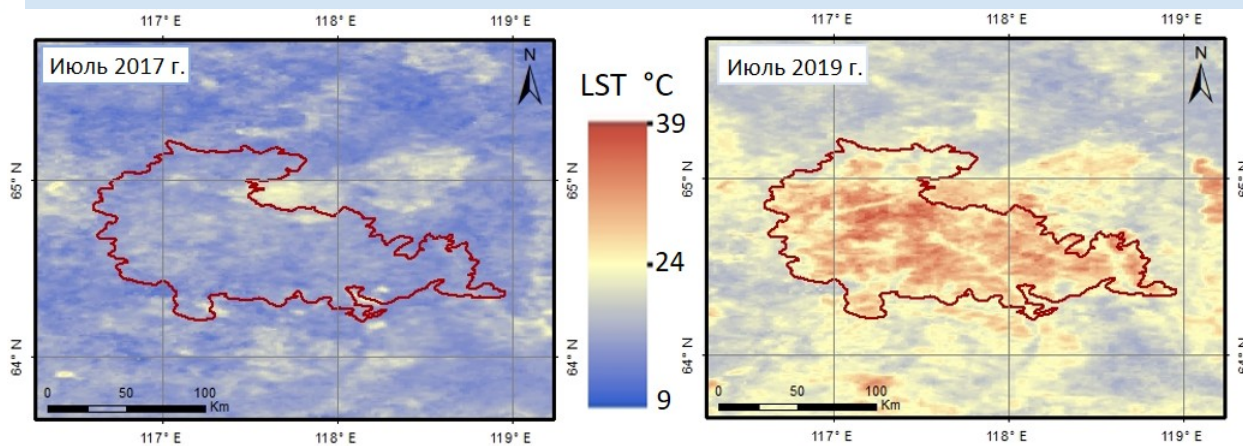
Название индекса	Формула	Применимость
<b>NDVI</b> Нормализованный разностной вегетационный индекс	$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$ [Weier, 2000]	Определяются аномалии значений индекса в постпожарный период по сравнению с допожарным или фоновыми значениями. Аномалии NDVI характеризуют смену растительного покрова в результате пожара, скорость и тренды изменений значений указывают на направленность процессов сукцессии в постпожарный период.
<b>NDWI</b> Нормализованный разностный водный индекс	$NDWI = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR}$ [Gao, 1996] NIR - ближний инфракрасный диапазон SWIR – коротковолновое ближнее инфракрасное излучение	Позволяет отследить динамику содержания влаги в растительности в постпожарный период.
<b>NDSI</b> Нормализованный разностный индекс снежного покрова	$NDSI = \frac{GREEN - SWIR}{GREEN + SWIR}$ GREEN – видимый зеленый диапазон спектра SWIR – коротковолновое ближнее инфракрасное излучение [Riggs, 1994]	NDSI играет значительную роль в тепловом режиме, локальном и глобальном радиационном балансе. Изменение после пожара продолжительности периода залегания снежного покрова может косвенно указывать на активизацию процессов деградации мерзлоты.
<b>LST</b> Температура поверхности суши	Рассчитывается на основе яркостной температуры, измеренной в тепловом инфракрасном диапазоне. [Liu, 2009]	Аномалии теплового фона регистрируются после пожара и могут оставаться значимыми более 10 лет. Избыточный прогрев территории может обуславливать увеличение глубины протаивания сезонного-мерзлого слоя на 10-20% [Пономарев Е. И., 2018]. Замена типа растительного покрова на горях и увеличение увлажнения в долгосрочной перспективе может увеличивать скорость эвапотранспирации и понижать LST.
<b>dNBR</b> нормализованный разностный коэффициент выгорания	$NBR = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR}$ NIR – Ближний инфракрасный диапазон SWIR – Коротковолновый инфракрасный диапазон $dNBR = NBR_{pre\_fire} - NBR_{post\_fire}$ [Key, 2005]	dNBR рассчитывается путем вычитания значений нормализованного индекса гарей NBR после пожара из значений NBR до пожара. В исследовании [Delcourt, 2021] dNBR показал некоторый потенциал в качестве предиктора глубины выгорания, особенно в густых лиственных лесах. Также dNBR позволяет дифференцировать площадь гари в зависимости от степени нарушения почвенно-растительного покрова и провести более точный корреляционный анализ между различными индексами.



## Пример пространственного расположения среднемесячных значений индекса NDSI и LST в районе крупного участка выгоревшего в июле 2018 года.



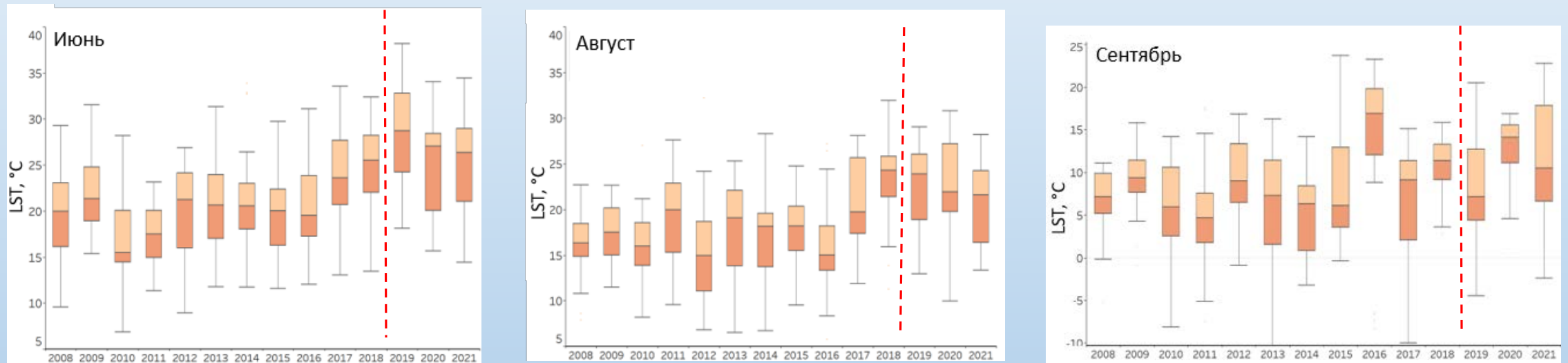
В послепожарный период в апреле снежный покров на территории всего участка оставался более плотным (сплошным), по сравнению с допожарными годами, когда в апреле уже наблюдалось нарушение непрерывности снежного покрова на отдельных частях участка. Следует заметить, что фоновые значения индекса за пределами границ участка оставались близкими для всего наблюдаемого периода (с 2016 по 2021 г.).



В условиях более горячего фона индекса LST, наблюдаемого в 2019 году, в границах выгоревшего участка большая часть территории характеризуется повышенными по сравнению с фоном значениями температуры. Медианные превышения средне июльских значений температуры поверхности в 2019 году над значениями 2017 года составляют порядка 10 градусов.

## Пространственно-временной анализ динамики состояния постпожарных территорий в зоне вечной мерзлоты (Этап 3)

Для получения количественных оценок изменения состояния компонентов среды постпожарных территорий проводится пространственно-временной анализ долговременных серий мультиспектральных индексов с получением дополнительных показателей. Рассчитываются статистические метрики медианного и среднего значения для каждого индекса в пределах выбранных территорий за месяц и сезон. Ежегодно определяются даты начала и окончания вегетационного сезона и залегания снежного покрова, а также определяется их продолжительность.

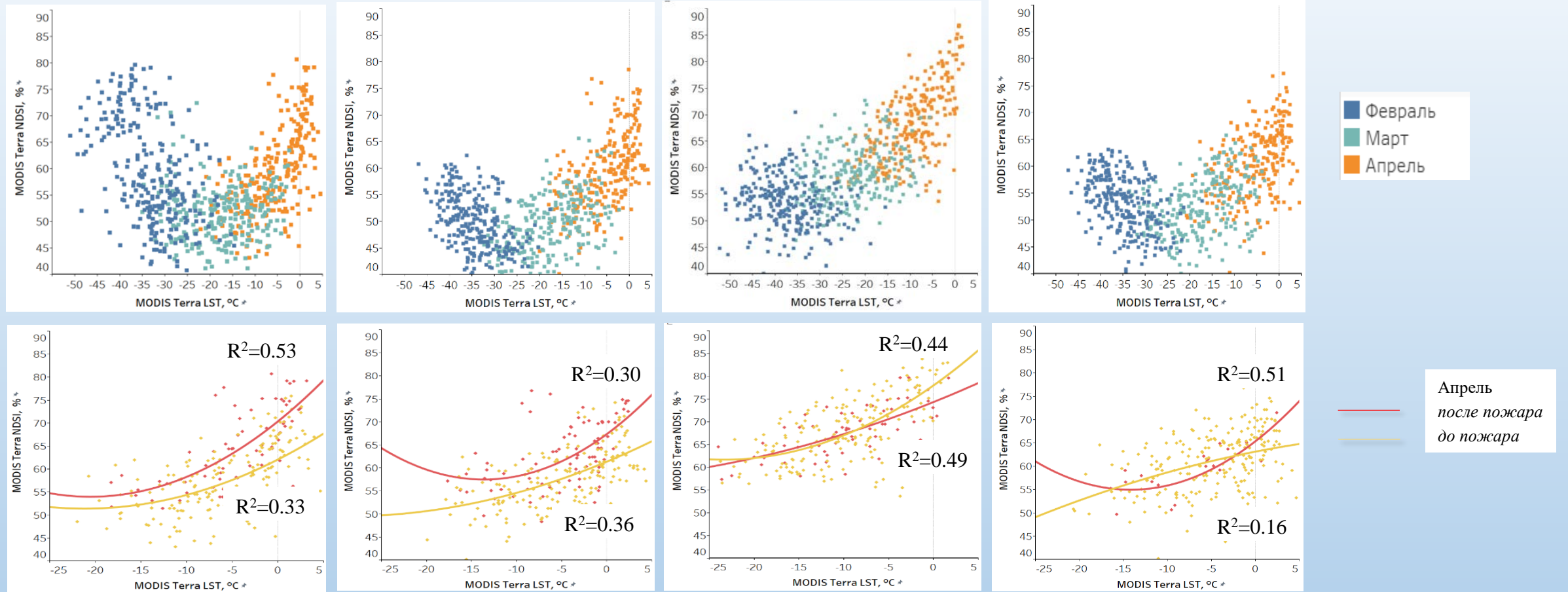


Графики межгодовой динамики ежедневных значений индекса LST MOD11(дневные), осредненных в границах тестового выгоревшего участка. Пунктирной линией разделены допожарный и послепожарный периоды

Медианные значения температур поверхности, наблюдаемые в постпожарный период для летних месяцев выше, как значительнее и разброс значений (начиная, с 2019 г), чем в допожарный период. Однако, в сентябре в постпожарный период колебания значений температуры поверхности, обнаруженные по спутниковым данным MODIS, сильнее отражают зависимость от температуры воздуха, а не влияние подстилающей поверхности.



На диаграммах рассеяния на основе анализа ежедневных спутниковых данных MODIS с 2009 по 2021 гг. показана корреляционная связь между индексами NDSI и LST для каждого исследуемого участка для сезона (февраль - апрель) (верхний ряд) и для апреля в допожарный и послепожарный периоды (нижний ряд).



Участок №1

Участок №2

Участок №3

Участок №4

Для каждого участка было проанализировано 750 наблюдений с значениями индекса  $NDSI > 40$ , пороговым значением для достоверного отображения снежного покрова. Очевидно, что связь между температурой поверхности и наличием снежного покрова имеет нелинейный характер, что и подтверждается на представленном рисунке далее, так как при формировании и сохранении снежного покрова на территории немаловажную роль играет рельеф, типы подстилающих пород и растительный покров.

Как видно из анализа рисунка в период с февраля по март на относительно невысоком участке № 3, расположенном севернее остальных, зависимость между значениями индексов LST и NDSI носит линейный характер ( $NDSI_{\text{участок}} = 0,46 * LST_{\text{участок}} + 70,8$ ,  $p\text{-value} < 0,0001$ ) с достаточно высокой корреляцией (коэффициент Пирсона  $r = 0,72$ ).

В апреле индекс LST принимает положительные значения и начинается снеготаяние, при этом дискретность снежного покрова на обеслесенных выгоревших и лесных территориях растёт с разной скоростью.

Из анализа рисунка выше видно, что положительные и близкие к 0 отрицательные значения LST на 1 и 2 участке, наблюдаемые 3-4 года после пожара, соответствуют более высоким значениям NDSI по сравнению с допожарным периодом.

Полиномиальная модель второго порядка описывает точнее соотношение индексов LST и NDSI на исследуемой территории с более высокими значениями коэффициента детерминации ( $R^2$ ) и более низкими среднеквадратичными ошибками (RMSE) по сравнению с параметрами линейной модели регрессии.

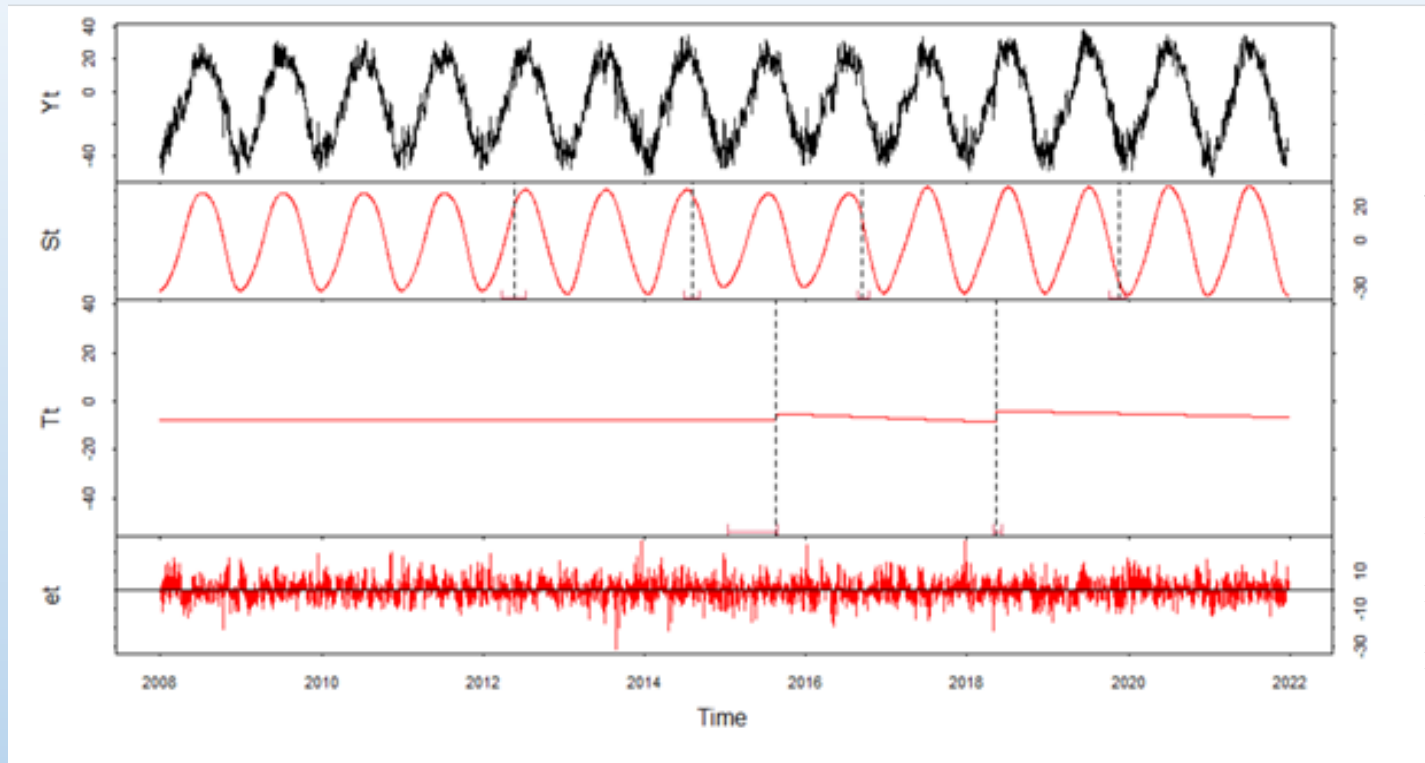
№ участка	До пожара (лиственничный лес)	После пожара (выгоревшая территория)
Участок 1	$NDSI = 0.02 * LST^2 + 1.01 * LST + 62.0$	$NDSI = 0.04 * LST^2 + 1.59 * LST + \mathbf{70.3}$
Участок 2	$NDSI = 0.01 * LST^2 + 0.81 * LST + 61.2$	$NDSI = 0.05 * LST^2 + 1.44 * LST + \mathbf{67.2}$
Участок 3	$NDSI = 0.03 * LST^2 + 1.39 * LST + 77.8$	$NDSI = 0.01 * LST^2 + 0.79 * LST + 74,2$
Участок 4	$NDSI = -0,01 * LST^2 + 0,37 * LST + 63.1$	$NDSI = 0,05 * LST^2 + 1,46 * LST + \mathbf{65.3}$

Для каждого участка были рассчитаны уравнения регрессии (см. таблицу) и построены линии тренда для моделирования корреляции индекса LST и NDSI в апреле месяце в допожарный и послепожарный периоды. Более высокие значения коэффициента детерминации  $R^2$  в послепожарный период для всех участков, кроме участка № 3, указывают на более сильную связь между температурой поверхности и

наличием непрерывного снежного покрова на постпожарных обеслесенных участках, в отличие от лесных территорий, где эта связь выражена слабее.

Согласно расчетам с использованием регрессионной модели, для участков №1, №2 и №4 наблюдается рост значений индекса NDSI (по сравнению с периодами до пожара) при переходе температуры через значение в 0 градусов Цельсия. В таблице эти значения отмечены красным цветом.

## Декомпозиция временного ряда ежедневных значений индекса LST на тестовый участок с использованием алгоритма BFAST



Пример декомпозиции временного ряда значений индекса LST, осредненных в границах тестового участка №1, с использованием алгоритма поиска разрывов в сезонности и трендах аддитивной модели временных серий (Breaks For Additive Seasonal and Trend - BFAST) [Versbesselt et al., 2010]

На графике данных (см. рисунок  $Y_t$  и  $S_t$ ) ярко выражена сезонность с максимумами летних и минимумами зимних температур поверхности, суммарные колебания за год достигают 80 градусов.

Несмотря на то, что осредненные по пространству значения LST при сильно выраженной сезонности могут не отражать внутрисезонных колебаний (как например, рост значений индекса LST вследствие увеличения среднемесячных температур воздуха в летний период) использование алгоритма BFAST, позволило выделить две точки перелома в тренде динамики температур с 2008 года (в 2016 и в 2018). Более выраженный разрыв в 4.6 градуса Цельсия в тренде индекса LST обнаружен в летний сезон 2018 года, когда на тестовом участке произошла резкая смена типа подстилающей поверхности в результате выгорания лиственного леса.

## Литература

1. Бондур В.Г. Космический мониторинг природных пожаров в России в условиях аномальной жары 2010 г. // Исследование Земли из космоса. 2011. № 3. С. 3-13
2. Бондур В.Г., Мохов И.И., Воронова О.С., Ситнов С.А. Космический мониторинг сибирских пожаров и их последствий: особенности аномалий 2019 года и тенденции 20-летних изменений // Доклады академии наук. 2020 (а). Т. 492, № 1, с. 99–106. DOI: 10.31857/S2686739720050047.
3. Бондур В.Г., Воробьев В.Е. Космический мониторинг импактных районов Арктики // Исследование Земли из космоса. 2015. №4. С. 4-24. DOI: 10.7868/S0205961415040028
4. Бондур В.Г., Воробьев В.Е., Лукин А.А. Космический мониторинг состояния северных территорий, нарушенных нефтедобычей // Исследование Земли из космоса. 2016. №6. С. 35-44. DOI: 10.7868/S0205961416060014
5. Бондур В.Г., Воронова О.С., Черепанова Е.В., Цидилина М.Н., Зима А.Л. Пространственно-временной анализ многолетних природных пожаров и эмиссий вредных газов и аэрозолей в России по космическим данным // Исследование Земли из космоса. 2020 (б). № 4. С. 3-17. DOI: 10.31857/S0205961420040028.
6. Li, X.Y., Jin, H.J., Jin, X., et al., 2021. Influences of wildfires on the permafrost environment: a review. Adv. Clim. Change Res. 12 (1), 29e47. <https://doi.org/10.1016/j.accre.2020.07.002>.
7. Zhang, Y., Wolfe, S.A., Morse, P.D., et al., 2015. Spatiotemporal impacts of wildfire and climate warming on permafrost across a subarctic region. Canada. J. Geophys. Res.-Earth. 120, 2338e2356.
8. Пономарев Е. И. , Пономарева Т.В. Дистанционный мониторинг послепожарных эффектов в криолитозоне Средней Сибири Современные проблемы ДЗЗ из космоса, 15(5), 2018.
9. Пономарев, Е. И. Мониторинг природных пожаров в Сибири: динамика горимости в современном климате, пространственно-временные закономерности, характеристики и прогнозы : монография / Е. И. Пономарев, В. И. Харук, Е. Г. Швецов ; Сибирский федеральный университет, Институт леса им. В. Н. Сукачева Сибирского отделения Российской академии наук – обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН. – Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2019. – 220 с. – ISBN 978-5-7638-4111-4.
10. Ponomarev, E.; Masyagina, O.; Litvintsev, K.; Ponomareva, T.; Shvetsov, E.; Finnikov, K. The Effect of Post-Fire Disturbances on a Seasonally Thawed Layer in the Permafrost Larch Forests of Central Siberia. Forests 2020, 11, 790. <https://doi.org/10.3390/f11080790>



11. Nitze, I., Grosse, G., Jones, B.M. et al. Remote sensing quantifies widespread abundance of permafrost region disturbances across the Arctic and Subarctic. *Nat Commun* 9, 5423 (2018). <https://doi.org/10.1038/s41467-018-07663-3>
12. Silverman, B. W. *Density Estimation for Statistics and Data Analysis*. Нью Йорк, Chapman and Hall, 1986.
13. Конищев В.Н., Реакция вечной мерзлоты на потепление климата. *Криосфера Земли*, 2011, т. XV, № 4, с. 15–18 <http://www.izdatgeo.ru>
14. Чевычелов А.П. Лесные пожары в Якутии и их влияние на почвенный покров в аспекте прогнозируемого изменения климата // [Вестник северо-восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. Серия: Науки о Земле](#). 1(13), 2019. Стр 55-67.
15. Hall D. K., Salomonson V. V., Riggs G. A. MODIS/Terra Snow Cover Daily L3 Global 500m Grid. Version 6. 2016. Boulder, Colorado USA: NASA National Snow and Ice Data Center Distributed Active Archive Center. doi: <https://doi.org/10.5067/MODIS/MOD10A1.006>.
16. Delcourt, C.J.F.; Combee, A.; Izbicki, B.; Mack, M.C.; Maximov, T.; Petrov, R.; Rogers, B.M.; Scholten, R.C.; Shestakova, T.A.; van Wees, D.; Veraverbeke, S. Evaluating the Differenced Normalized Burn Ratio for Assessing Fire Severity Using Sentinel-2 Imagery in Northeast Siberian Larch Forests. *Remote Sens.* 2021, 13, 2311. <https://doi.org/10.3390/rs13122311>
17. Key, C., & Benson, N. (2005). Landscape assessment: Ground measure of severity; the Composite Burn Index, and remote sensing of severity, the Normalized Burn Index. In D. Lutes, R. Keane, J. Caratti, C. Key, N. Benson, S. Sutherland, & L. Gangi (Eds.), FIREMON: Fire effects monitoring and inventory system General Technical Report RMRS-GTR-164-CD LA. (pp. 1–51) Rocky Mountains Research Station: USDA Forest Service.
18. Fraser, R.H.; Olthof, I.; Kokelj, S.V.; Lantz, T.C.; Lacelle, D.; Brooker, A.; Wolfe, S.; Schwarz, S. Detecting Landscape Changes in High Latitude Environments Using Landsat Trend Analysis: 1. Visualization. *Remote Sens.* 2014, 6, 11533–11557.
19. Wan Z., Hook S., Hulley G. MOD11A1 MODIS/Terra Land Surface Temperature/Emissivity Daily L3 Global 1km SIN Grid V006. 2015, distributed by NASA EOSDIS Land Processes DAAC, <https://doi.org/10.5067/MODIS/MOD11A1.006>.
20. Соколова, Г. Г. Влияние высоты местности, экспозиции и крутизны склона на особенности пространственного распределения растений / Г. Г. Соколова // *Acta Biologica Sibirica*. – 2016. – Т. 2. – № 3. – С. 34-45.
21. Riggs G., Hall D., Salomonson V. A Snow Index for the Landsat Thematic Mapper and Moderate Resolution Imaging Spectrometer. *Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS '94, 1994, Volume 4: Surface and Atmospheric Remote Sensing: Technologies, Data Analysis, and Interpretation*. pp. 1942-1944.
22. Weier J., Herring D. *Measuring Vegetation (NDVI & EVI)*. NASA Earth Observatory, Washington DC, 2000.
23. Liu H., Xu L., Ding J., Bianba C., Liu Z., Basang Z., Deng X., Zhang S. Land Surface Temperature and Emissivity Estimation from MODIS Observations, The 1st International Conference on Information Science and Engineering (ICISE2009).IEEE, 2009, pp: 4923-4926.