

Метод детектирования долгосрочных усыханий темнохвойных лесов России на основе спутниковых данных

Сайгин И.А. (1,2), Барталев С.А. (1,2), Стыценко Ф.В. (1)

(1) Институт космических исследований РАН, Москва, Россия

(2) Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, Москва, Россия

Введение

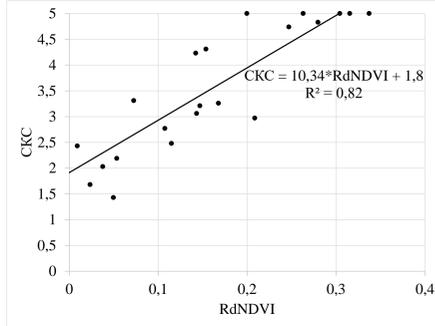
В настоящее время проблема деградации и гибели лесов представляет большой практический и научный интерес. Кроме антропогенных факторов, вызывающих гибель лесов, существуют и естественные, наибольшее влияние на леса из которых, оказывают пожары, а также неперогенные факторы усыхания. Менее изученными остаются процессы усыхания темнохвойных лесов, широко наблюдаемые в России от западной границы до дальневосточных регионов. Выполненные ранее исследования позволяют сделать вывод о принципиальной возможности использования "зимних" спутниковых изображений, для оценки долгосрочной гибели вечнозелёных хвойных лесных насаждений.

В рамках работы был предложен и применен метод детектирования усыханий. Данный метод основан на использовании зимних композитных изображений, полученных со спутникового радиометра MODIS (преимуществом данных снимков является возможность покрыть одномоментными снимками всю территорию России) и полученного уравнения связи между степенью повреждения лесных насаждений и нормализованного разностного вегетационного индекса RdNDVI.

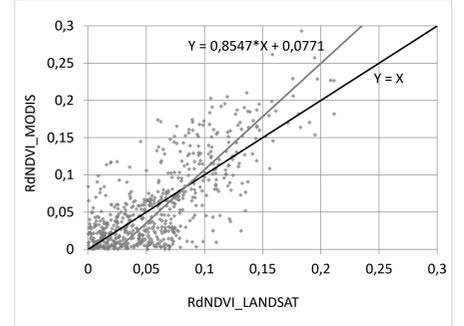
$$NDVI = \frac{R_{nir} - R_{red}}{R_{nir} + R_{red}} \quad RdNDVI = \frac{NDVI_{pre} - NDVI_{post}}{\sqrt{NDVI_{pre} + 1}}$$

где R_{nir} и R_{red} - значения коэффициента отражения поверхности в ближнем ИК и в красном диапазонах длин волн соответственно. $NDVI_{pre}$ и $NDVI_{post}$ - значения вегетационного индекса, соответственно, до и после неперогенных изменений.

Выполненные ранее наземные обследования поврежденных лесов позволили получить уравнение связи между средневзвешенной категорией состояния (СКК) и вегетационным индексом, рассчитанным на основе данных Landsat ($СКК = 10,34 * RdNDVI + 1$). Для данных MODIS уравнение было скорректировано на основе сопоставления индекса RdNDVI, полученного на одну и ту же территорию по спутниковым данным MODIS и Landsat: $СКК = 11,2 * RdNDVI + 1,8$



Уравнение связи СКК и RdNDVI, полученное на основе совместного анализа наземных и спутниковых данных



Двумерная диаграмма значений индекса RdNDVI, полученных по данным спутников MODIS и Landsat

Описание метода

1. Предварительная обработка спутниковых данных

В работе были использованы композитные изображения MODIS за период с 2002 по 2017 гг. Была выполнена взаимная нормализация изображений с использованием зимнего композита 2002 года в качестве эталона. Композиты содержали отражательные характеристики в ближнем инфракрасном и красном диапазонах, на основе которых были рассчитаны. были рассчитаны многолетние индексы NDVI и серия ежегодных значений индекса RdNDVI с использованием данных 2002 года в качестве опорных.

2. Получение тематических изображений со значениями СКК для всей территории России за каждый год

Используя полученное уравнение связи между степенью повреждения лесов и вегетационными индексами ($СКК = 11,2 * RdNDVI + 1,8$) были рассчитаны ежегодные значения СКК за период с 2002 по 2017 года.

3. Выявления усыхающих и погибших лесов

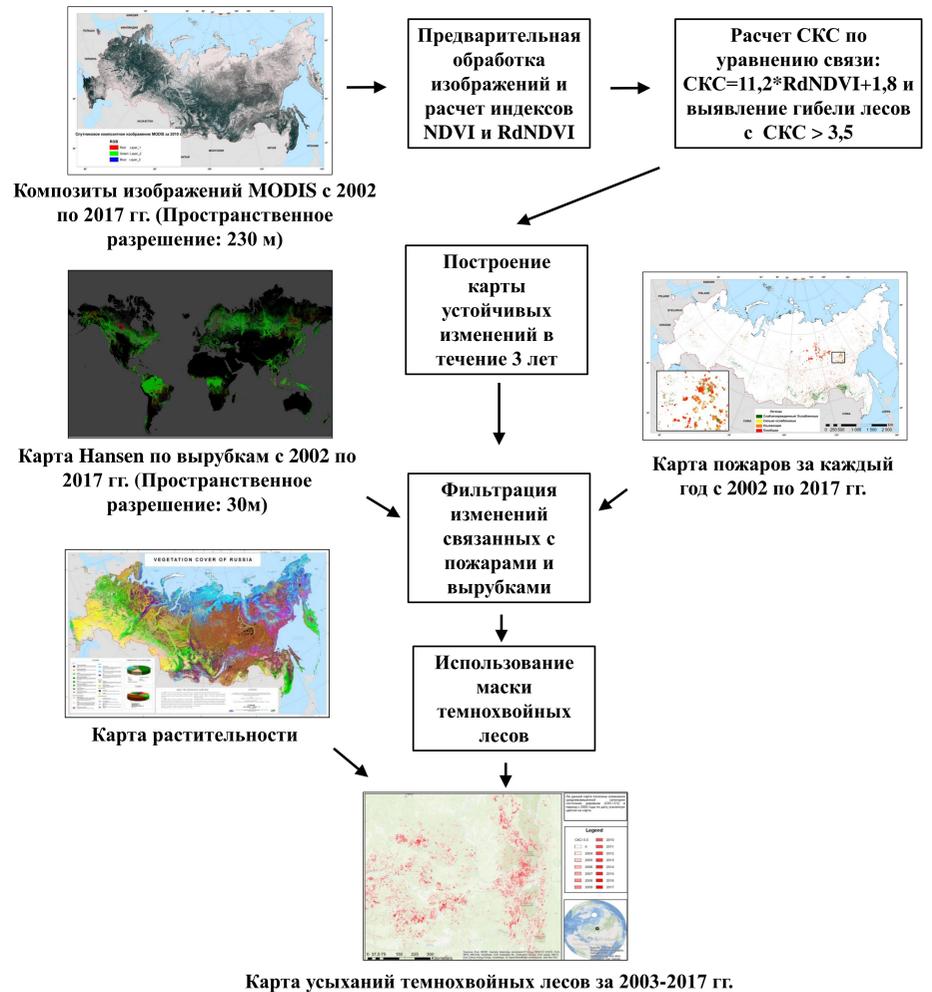
В ежегодные маски изменений были добавлены все пиксели со значениями СКК, превышающими 3,5.

4. Проверка устойчивости выявленных изменений

Во избежание ошибочного детектирования изменений в рассмотрении оставались только участки леса, демонстрирующие устойчивое по времени (более 2 лет подряд) превышение оцененного показателя СКК значения 3,5. В качестве датировки усыхания использовался первый год, в который показатель СКК превысил заданный порог.

5. Фильтрация изменений, связанных с пожарами и вырубками

Поскольку гибель леса может быть вызвана не только неперогенными усыханиями, была проведена фильтрация полученной карты с вычетом данных о вырубках и пожарах. Для фильтрации были использованы спутниковые продукты, содержащие результаты детектирования пожаров и вырубок. На последнем этапе использовалась маска хвойных вечнозеленых насаждений, полученная на основе карты растительности.



Результаты работы метода

В результате применения метода получена карта неперогенных изменений вечнозелёных лесов за период с 2003 по 2017 гг. Интегральная площадь усыхания темнохвойного леса за данный период составила 3,05 млн.га. Основные очаги усыхания располагаются в Красноярском крае в республике Коми и в Приморском крае.

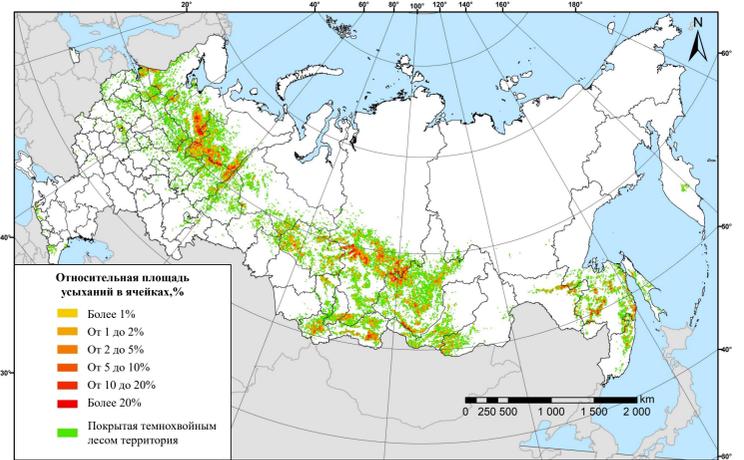
Результаты исследования могут быть использованы для дальнейшей оценки экономических и экологических последствий усыхания темнохвойных лесов на территории России. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №19-77-30015) с использованием инфраструктуры хранения и обработки спутниковых данных Центра коллективного пользования "ИКИ-Мониторинг" [Лупан и др., 2015]. Анализ наземных данных об усыханиях лесов проведен в рамках темы государственного задания ЦЭПЛ РАН № АААА-А18-118052400130-7.



Темнохвойный лес до неперогенных изменений
Изображение Landsat 7
2010года

Темнохвойный лес после неперогенных изменений
Изображение Sentinel 2a 2018
года

Карта неперогенных изменений; Подложка - изображение Sentinel 2a 2018 года



Карта усыхания темнохвойных лесов России



Институт космических исследований Российской академии наук
117997, Москва, Профсоюзная ул., д. 84/32
тел.(495) 333-1077, факс (495) 913-3040
e-mail: smis@smis.iki.rssi.ru
Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов Российской академии наук
117997, Москва, Профсоюзная ул., д. 84/32
тел. (499) 743-0016, факс (499) 743-0016
e-mail: gisfores@ifi.rssi.ru

