

Исследование возможностей оценки состояния поврежденных лесов в течении несколько лет после воздействия пожара на основе спутниковых данных

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

(1) Институт космических исследований РАН

(2) МГУ имени М.В. Ломоносова, факультет космических исследований

Подготовка исследования

Выполненные ранее исследования показали возможность использования спутниковых данных для оценки последствий пожаров, в частности была обнаружена связь между степенью повреждения лесов и разновременным вегетационным индексом RdSWVI, измеренным на основе спутниковых данных, полученных непосредственно в год пожара. Данный вегетационный индекс рассчитывается следующим образом:

$$RdSWVI = \frac{SWVI_{pre} - SWVI_{post}}{\sqrt{SWVI_{pre} + 1}} \quad SWVI = \frac{R_{nir} - R_{swir}}{R_{nir} + R_{swir}}$$

где R_{nir} и R_{swir} - значения коэффициента отражения поверхности в ближнем и среднем ИК диапазонах длин волн соответственно.

Вопрос использования спутниковых данных для оценки состояния лесов и её динамики в последующие за пожаром годы исследован в меньшей степени. Настоящее исследование направлено на исследование зависимостей между отражательными характеристиками лесов, измеренными спутниковыми приборами через несколько лет после воздействия огня и количественными индикаторами их состояния, полученными по результатам детальных наземных обследований насаждений.

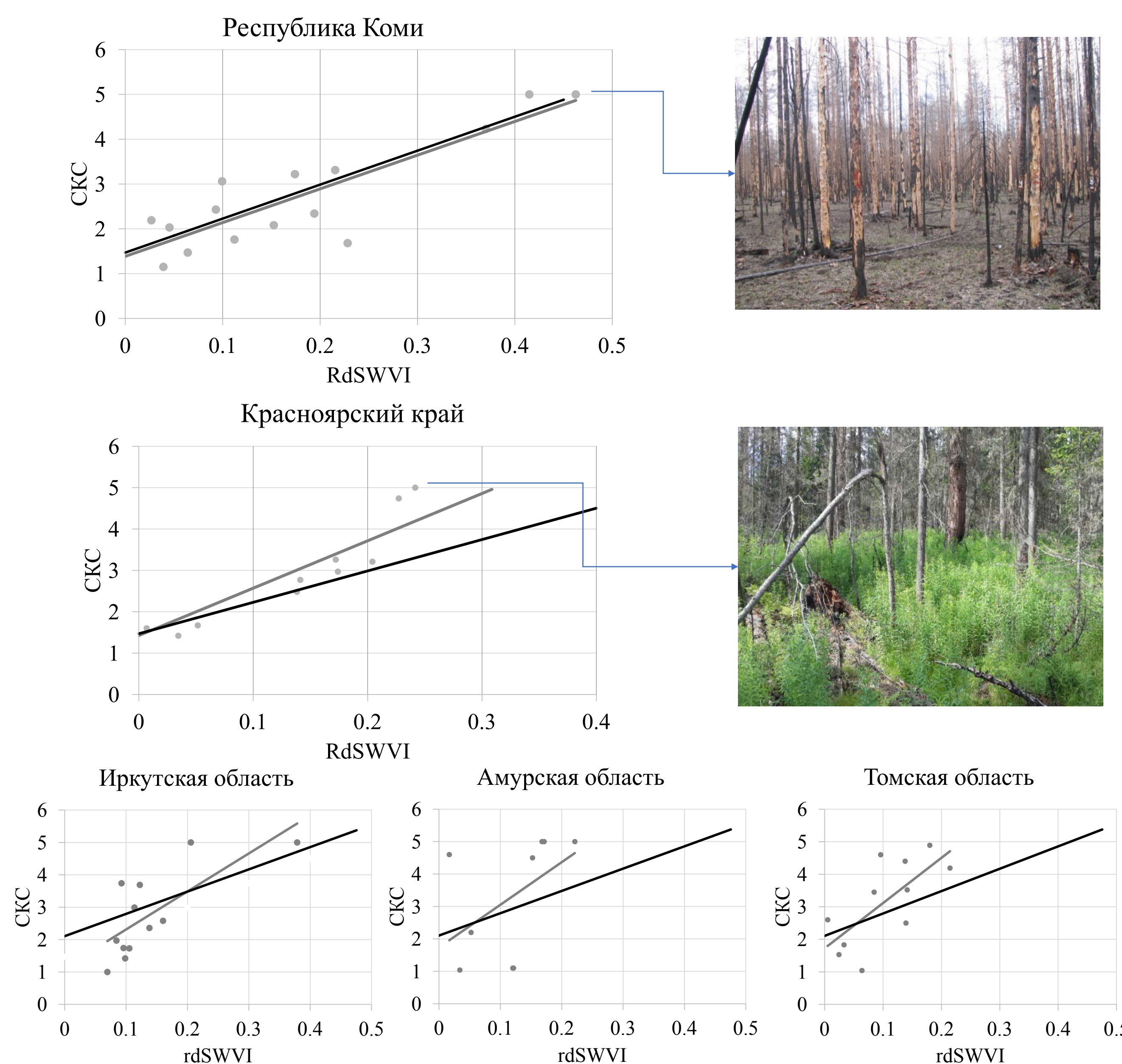
В ходе исследования были подготовлены и проведены наземные обследования поврежденных пожарами лесов в Амурской, Иркутской, Томской областях, в республике Коми и в Красноярском крае. Лесопатологические обследования были проведены в июле и в сентябре 2015 года и охватывали насаждения, поврежденные пожарами 2010 - 2013 годов. На данные участки были подобраны спутниковые изображения Landsat- ETM+ и Landsat-OLI-TIRS, полученные до и после воздействия огня. Более подробная информация о тестовых участках и полученных данных представлена в таблице.

Характеристика тестовых участков и использованных изображений высокого пространственного разрешения

Тестовый участок	Число заложённых пробных площадей	Даты пожаров	Даты наземного наблюдения	Даты спутниковой съемки		Преобладающий тип насаждений
				До пожара	После пожара	
Амурская обл.	17	(май) 2012г.	07.07.2015	27.06.2011	22.06.2015	Береза
Иркутская обл.	17	(май) 2011г.	08.09.2015	23.07.2009	23.07.2015	Сосна, липа, береза, пихта, ольха, ель и лиственница
Красноярский край	17	(июнь) 2012 г.	01.07.2015	01.08.2011	12.08.2015	Кедр и пихта
Республика Коми	17	(июль) 2013 г.	25.07.2015	29.06.2013	06.08.2015	Сосна и ель
Томская обл.	17	(июнь) 2012 г.	02.09.2015	06.07.2012	20.08.2015	Береза и осина

Исследование отражательной способности лесов через несколько лет после воздействия пожара

В ходе исследования были получены зависимости показателя СКК (средневзвешенной категории состояния) от разновременного вегетационного индекса RdSWVI, рассчитанного на основе данных спутниковых систем Landsat- ETM+ и Landsat-OLI-TIRS. Полученные уравнения связи также сравнивались с полученным нами ранее уравнением, основанном на данных об отражательной способности лесов, измеренной в течение непродолжительного времени после воздействия огня: $СКК = 7.58 * RdSWVI + 1.47$.

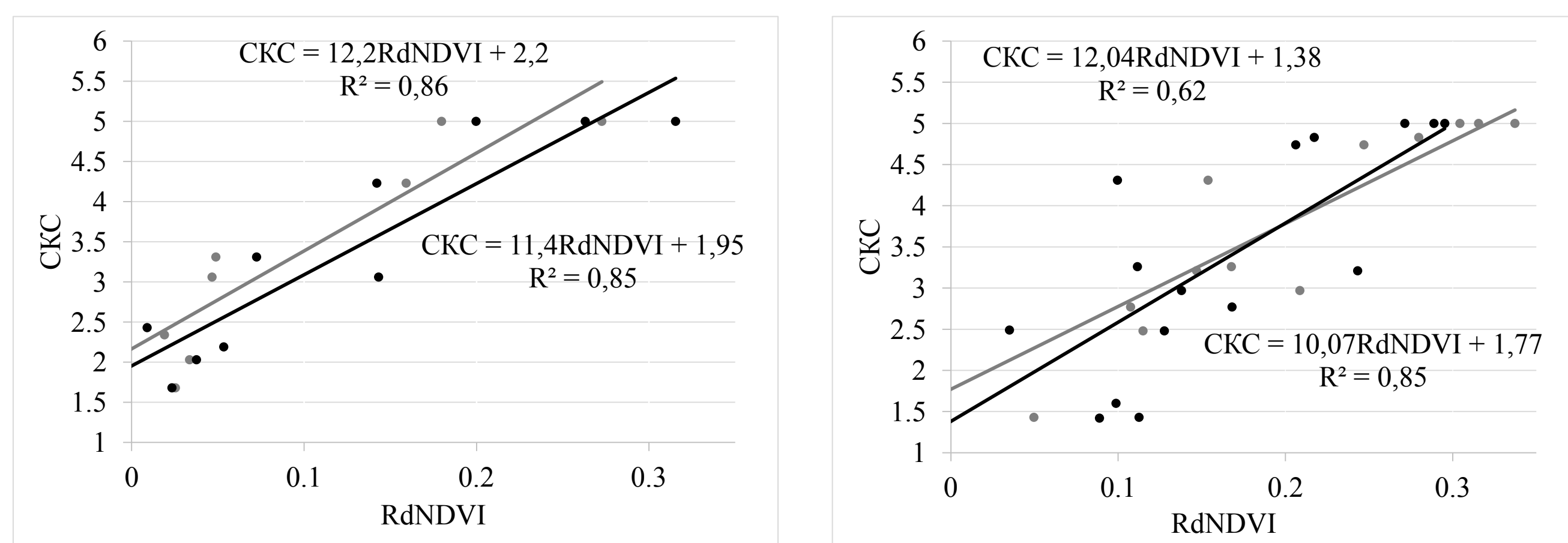


Графики зависимостей СКК от RdSWVI в Амурской, Иркутской, Томской областях, в республике Коми и в Красноярском крае (показано серым), ранее полученная зависимость СКК от RdSWVI, измеренного непосредственно в год пожара (показано черным), справа приведены фотографии с пробных площадей (СКК=5)

Результаты показали, что коэффициенты уравнения связи СКК и индекса RdSWVI для различных регионов и типов леса могут значительно отличаться. Выше показаны фотографии погибших лесов (СКК=5), иллюстрирующие вероятную причину данных различий, а именно изменения, вызванные зарастанием подстиляющей поверхности. Выполненные исследования говорят о необходимости учета данного фактора при исследовании долгосрочных последствий пожаров.

Исследование отражательной способности хвойных лесов по зимним снимкам

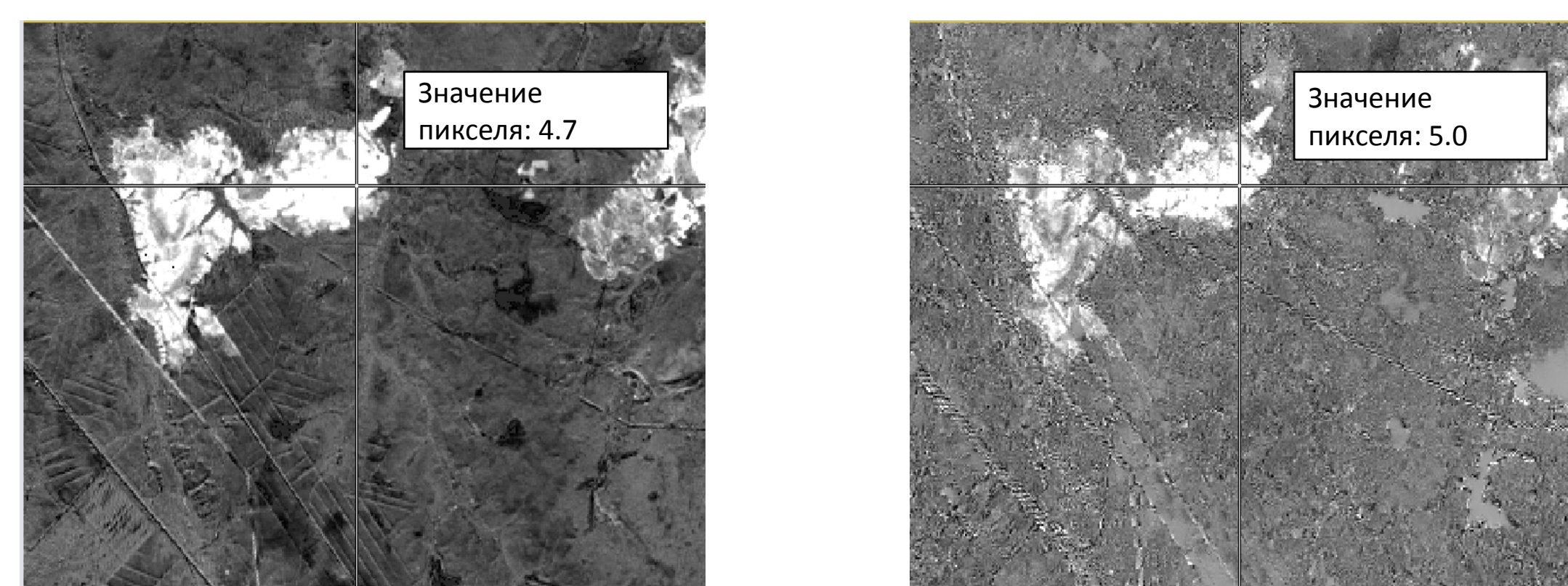
Для вечнозеленых хвойных насаждений факторы дефолиации и дехромации, которые применяются в качестве основных признаков при оценке состояния деревьев, являются наиболее устойчивыми при сравнении с листопадными деревьями, для которых характерно ежегодное обновление листьев. В рамках работы была исследована возможность использования зимних спутниковых изображений для оценки повреждения и гибели хвойных лесов через несколько лет после воздействия пожара на основе данных, полученных в Красноярском крае и республике Коми. Устойчивой зависимости параметра СКК от вегетационных индексов, основанных на отражательной способности в ближней и средней ИК областях обнаружено не было. Это связано с тем, что коэффициент отражения в данных областях спектра демонстрирует значительные колебания в зависимости от насыщения снега водой.



Графики зависимости СКК от индекса RdNDVI, полученного по зимним данным сразу после пожара (черный график) и через несколько лет после пожара (серый график) в республике Коми (слева), в Красноярском крае (справа)

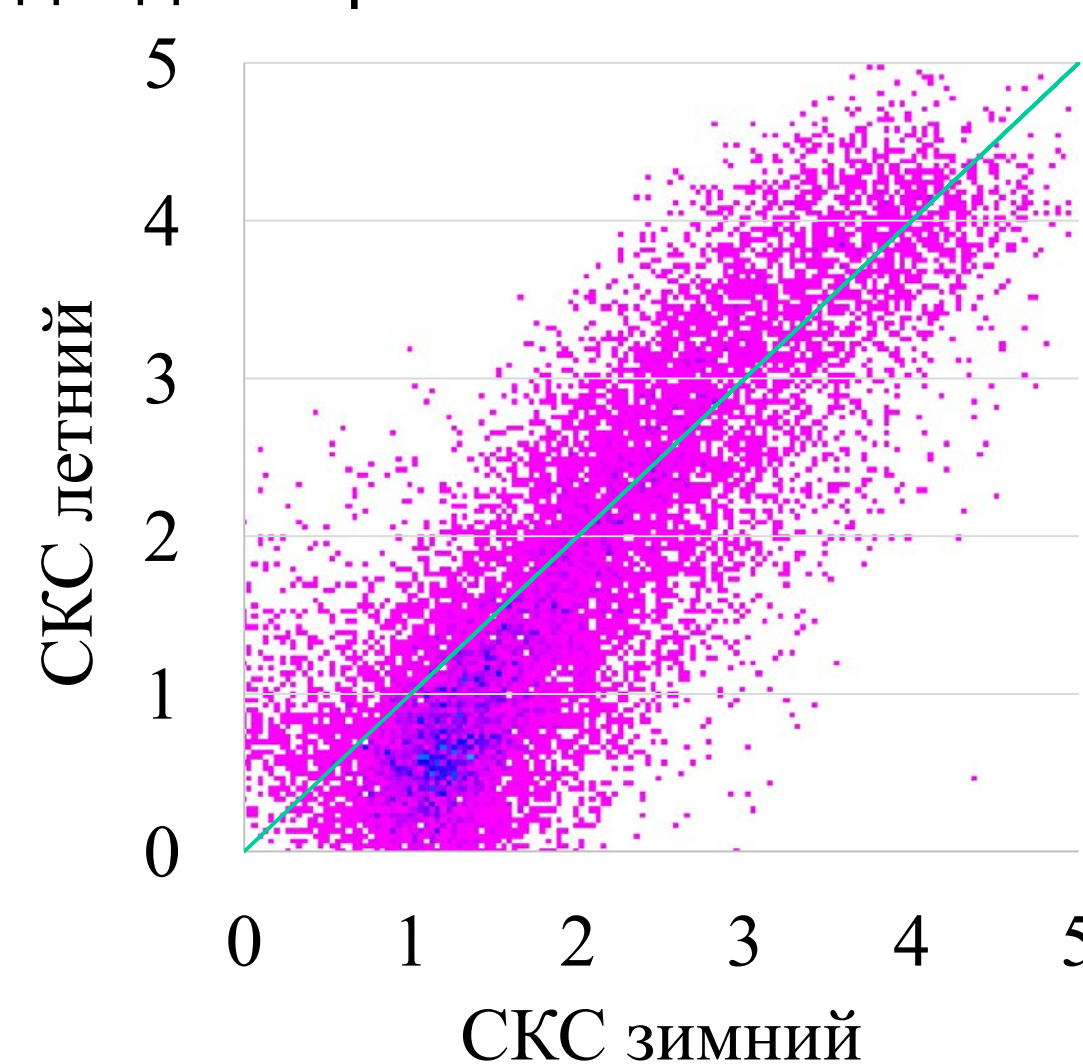
В то же время была обнаружена устойчивая зависимость СКК от индекса RdNDVI, рассчитываемого на основе значений NDVI до и после пожара, аналогично индексу RdSWVI. Данная зависимость показала хорошую согласованность для двух тестовых участков.

Была построена общая зависимость СКК от индекса RdNDVI, полученная путем объединения всех наблюдений в республике Коми и Красноярском крае: $СКК = 10.34 * RdNDVI + 1.8$. На основе данной зависимости был рассчитан показатель СКК для одного из пожаров в республике Коми.



Рассчитанные значения СКК : слева по летним данным, справа по зимним данным

Сравнение с показателем СКК, рассчитанным на основе летних данных показывает довольно хорошую согласованность, при этом результаты расчета по зимним данным визуально немного более шумные, особенно на участках не занятых хвойными породами, где такого рода подход не применим.



Сравнение значений СКК, рассчитанных на основе летних и зимних данных

В целом гистограмма показывает отсутствие значительных систематических сдвигов, показывая принципиальную возможность использования зимних спутниковых данных для оценки степени повреждения пожарами лесов.

Дальнейшие работы могут быть направлены на более широкое исследование применимости «зимних» изображений для оценки последствий пожаров, а также возможность их применения для выявления усыхания хвойных лесов, не связанных с воздействием огня.

