

Оценка последствий лесных пожаров 2010 г. в Пермском крае

[Обсудить в форуме](#) Комментариев — 9

Эта страница опубликована в основном списке статей сайта по адресу <http://gis-lab.info/qa/fires-perm.html>

Авторы: Андрей Шихов, Ян Маракулин

Содержание

- [1 Введение и исходные данные](#)
- [2 Методы](#)
- [3 Результаты: дешифрирования гарей](#)
- [4 Результаты: оценка степени повреждения лесной растительности по вегетационным индексам](#)
- [5 Библиографический список](#)
- [6 Описание слоя гарей 2010 года](#)

Введение и исходные данные

Летом 2010 года на Европейской территории России и в Пермском крае наблюдались катастрофические лесные пожары. По территории Пермского края были получены оценки пройденных пожарами площадей от Агентства по Природопользованию Пермского края, МЧС, ИКИ РАН и Гринпис России, значительно различающиеся между собой. Этим была обусловлена постановка первой задачи работы – создание векторного слоя гарей 2010 года на территорию Пермского края, на основе космических снимков среднего (LANDSAT 5/TM) и высокого (SPOT-4) разрешения.

Вторая задача – оценка степени повреждения лесной растительности на участках, пройденных пожарами летом 2010 года. Оценка проведена по вегетационным индексам, данные полевых наблюдений не использовались. Поэтому методика оценки степени повреждения растительности будет дорабатываться.

В качестве исходных данных использовались:

- Снимки LANDSAT 5/TM за период до и после июля-августа 2010 года (два покрытия всей территории Пермского края). Снимки LANDSAT 5/TM распространяются бесплатно через сервис <http://glovis.usgs.gov>.
- Снимки SPOT-4 DIMAP (LEVEL 1A), принятые на станцию Унискан-24 в Пермском Государственном университете, за период с 9 мая по 5 сентября 2011 года. Исходные снимки уровня обработки LEVEL 1A имеют низкую точность привязки (300-350 м). Геометрическая коррекция снимков проведена на основе мозаики LANDSAT.
- Архив тепловых аномалий (hotspots), детектированных со спутников TERRA и AQUA в течение 2010 года. Архив в формате шейп-файла был получен с сервиса FIRMS (Fire Information for Resource Management System), предоставляемого NASA.
- Архивные открытые данные о лесных пожарах в Пермском крае, доступные через сайт Агентства по природопользованию Пермского края (далее – АПП ПК)¹. Данные АПП ПК о зарегистрированных лесных пожарах на территории Пермского края формируются на основе информации, поступающей из лесничеств, от местного населения, а также от Авиалесоохраны. Их использование осложняется отсутствием координатной привязки. Данные за последний год доступны на сайте www.les.permkrai.ru. Всего, по данным АПП ПК, в 2010 году в Пермском крае был зафиксирован 421 лесной пожар на общей площади 25407 га¹.
- Данные по пройденным огнем площадям на территорию Пермского края, полученные Институтом Космических исследований РАН на основе спутниковых данных Terra/Aqua-MODIS за 2010 год². Они имеют актуальность лето 2011 года.

Методы

Участки лесной растительности, пройденные пожарами, характеризуются пониженной спектральной яркостью в ближней инфракрасной зоне (далее по тексту - NIR). Это объясняется уменьшением содержания хлорофилла в вегетативных органах усыхающих деревьев. Также для гарей характерно повышение спектральной яркости в средней инфракрасной зоне (далее по тексту - SWIR). Оно, в свою очередь, объясняется уменьшением содержания влаги в листьях или хвое. В видимой зоне спектра для гарей характерна более высокая, чем у здоровой растительности, спектральная яркость. Это также объясняется уменьшением содержания хлорофилла, которое внешне проявляется в дефолиации и дехромации листьев при усыхании деревьев³.

На перечисленных выше закономерностях основаны различные вегетационные индексы, а также комбинации каналов, позволяющие дешифровать гари. Разработаны также автоматизированные алгоритмы оконтуривания гарей. Однако для их эффективного применения необходимо, чтобы гарь была полностью свободна от облачности и теней⁴.

Методика дешифрирования гарей включала следующие этапы:

- Отбор снимков LANDSAT 5-TM за период до и после зафиксированных пожаров.
- Расчет вегетационных индексов:

Индекс NDVI = $(NIR - RED) / (NIR + RED)$

Индекс SWVI = $(NIR - SWIR) / (NIR + SWIR)$, где SWIR - 5-й канал снимка LANDSAT 5-TM. Индекс DNDVI = NDVIpre – NDVI_{post}, где NDVIpre – индекс за период до пожара, NDVI_{post} – индекс за период после пожара.

Индекс DSWVI = SWVIpre – SWVI_{post}

Также для всех пар снимков рассчитана степень изменения яркости в ближнем инфракрасном канале с помощью инструмента Change Detection (метод PCA).

Дешифрирование гарей проводилось по следующим признакам:

1. Гарь следует искать там, где зафиксированы скопления тепловых аномалий (горячих точек) по данным FIRMS.
2. При визуализации снимка LANDSAT 5-TM в RGB-синтезе каналов 7-4-2 гарь выделяется как красно-коричневая область на фоне сохранившейся растительности. Причем на снимке за период до пожаров она отсутствует.
3. Гарь выделяется как участок с положительными значениями индексов DNDVI и DSWVI, лежащими в диапазоне от 0,1 до 0,5, редко больше. Наиболее эффективно выделение гари по индексу DSWVI. Использование разностных индексов позволяет избежать включения в площади гарей участков местности, имеющих похожие спектральные характеристики (свежие рубки, горная тундра, каменистые россыпи).
4. На изображении, комбинированном из NIR каналов двух разновременных снимков, в RGB-синтезе 1-2-2, гарь выделяется ярко-красным цветом, поскольку спектральная яркость участка в NIR канале после пожара значительно ниже, чем до пожара.

Примеры использования дешифровочных признаков приведены ниже на рис. 1 - 6

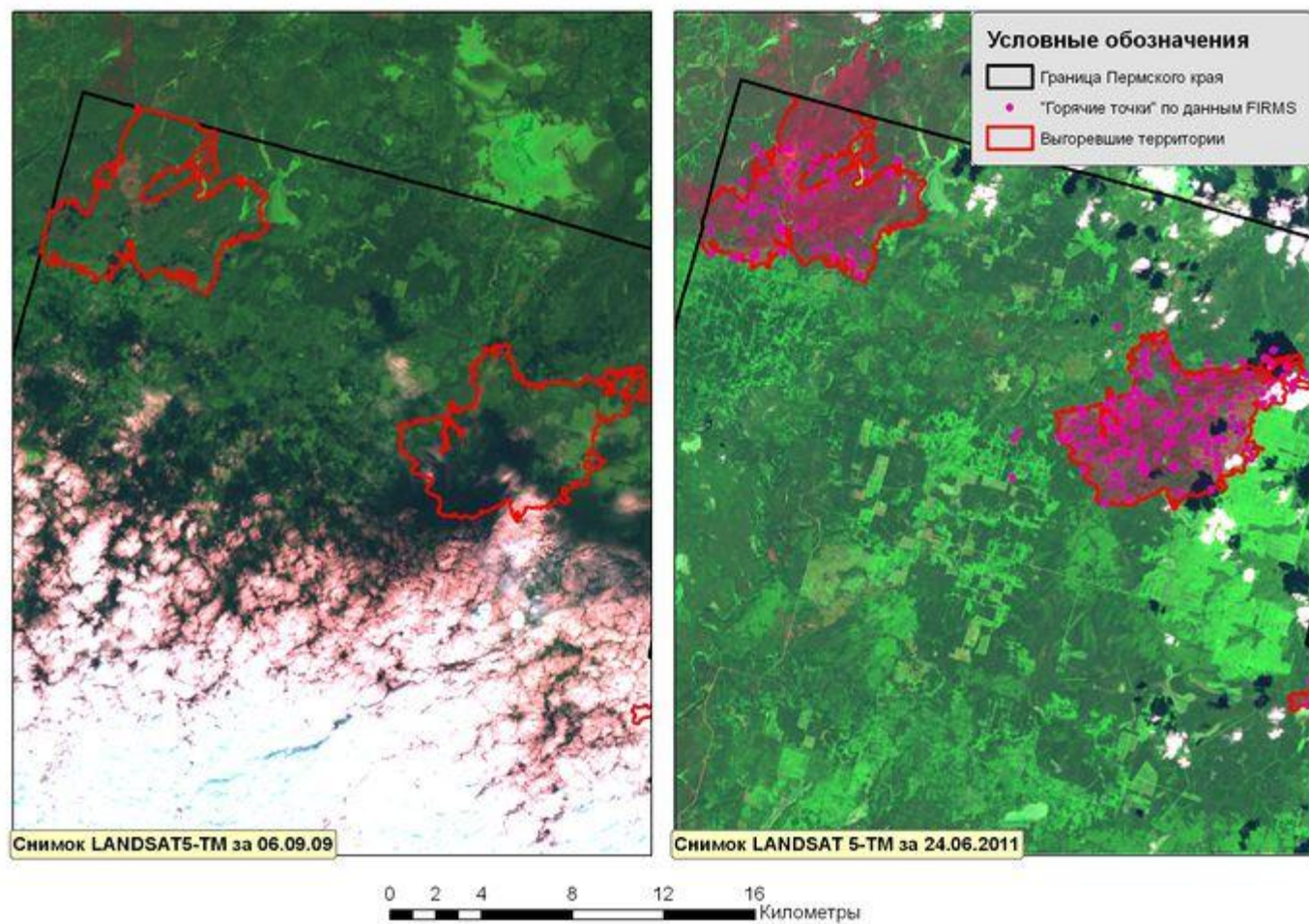


Рис. 1. Визуализация разновременных снимков LANDSAT 5-TM в синтезе каналов SWIR, NIR, GREEN (7-4-2). Пермский край, Гайнский район, Веслянское лесничество. Выделены две гари площадью более 8000 га.

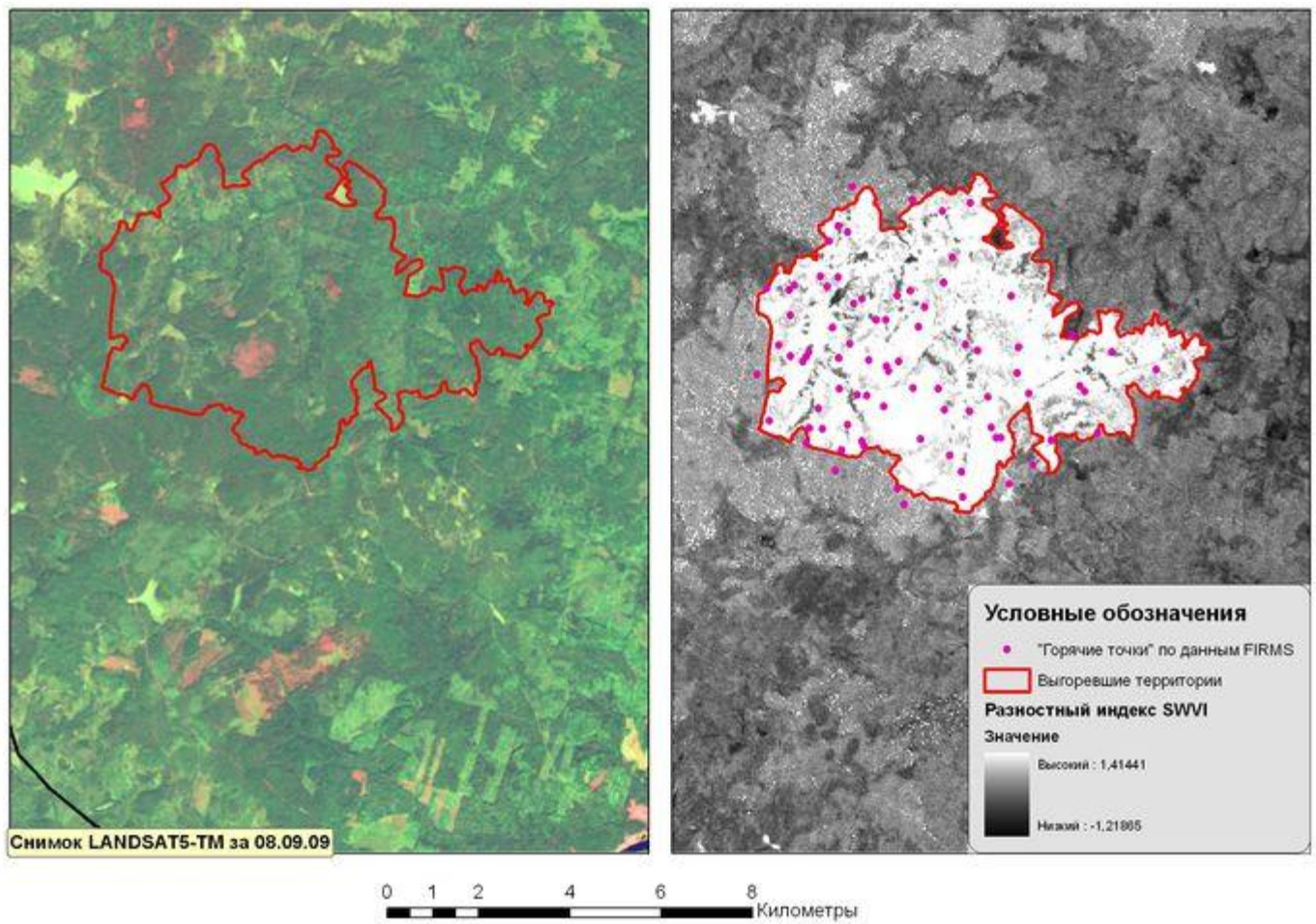


Рис. 2. Использование разностного индекса DSWVI для дешифрирования гарей. Гайнский район Пермского края, площадь гари около 4000 га.

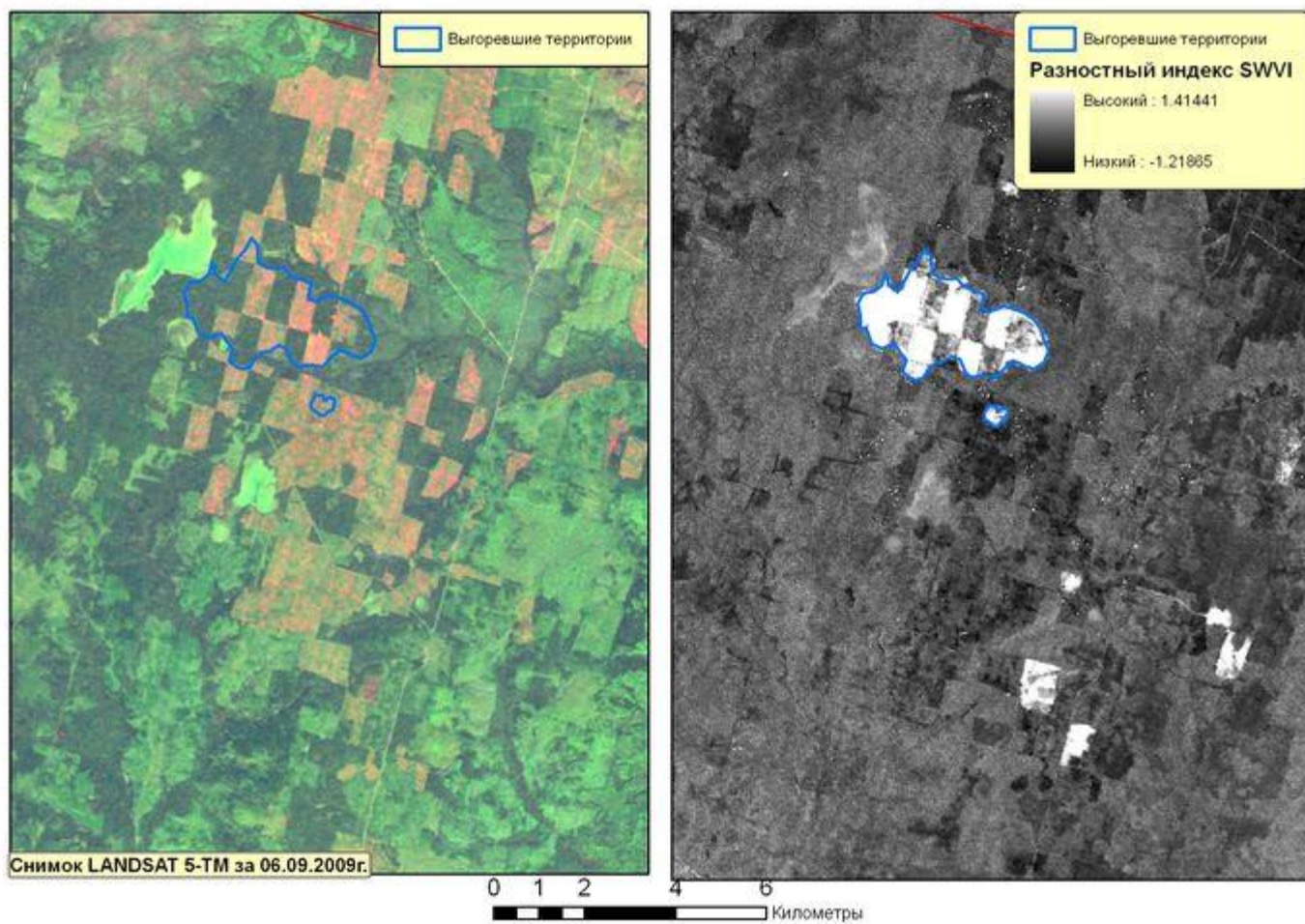


Рис. 3. Использование разностного вегетационного индекса DSWVI для разделения контуров гарей и свежих рубок. Индекс рассчитан по снимкам LANDSAT 5-TM за 2009 и 2011 гг.

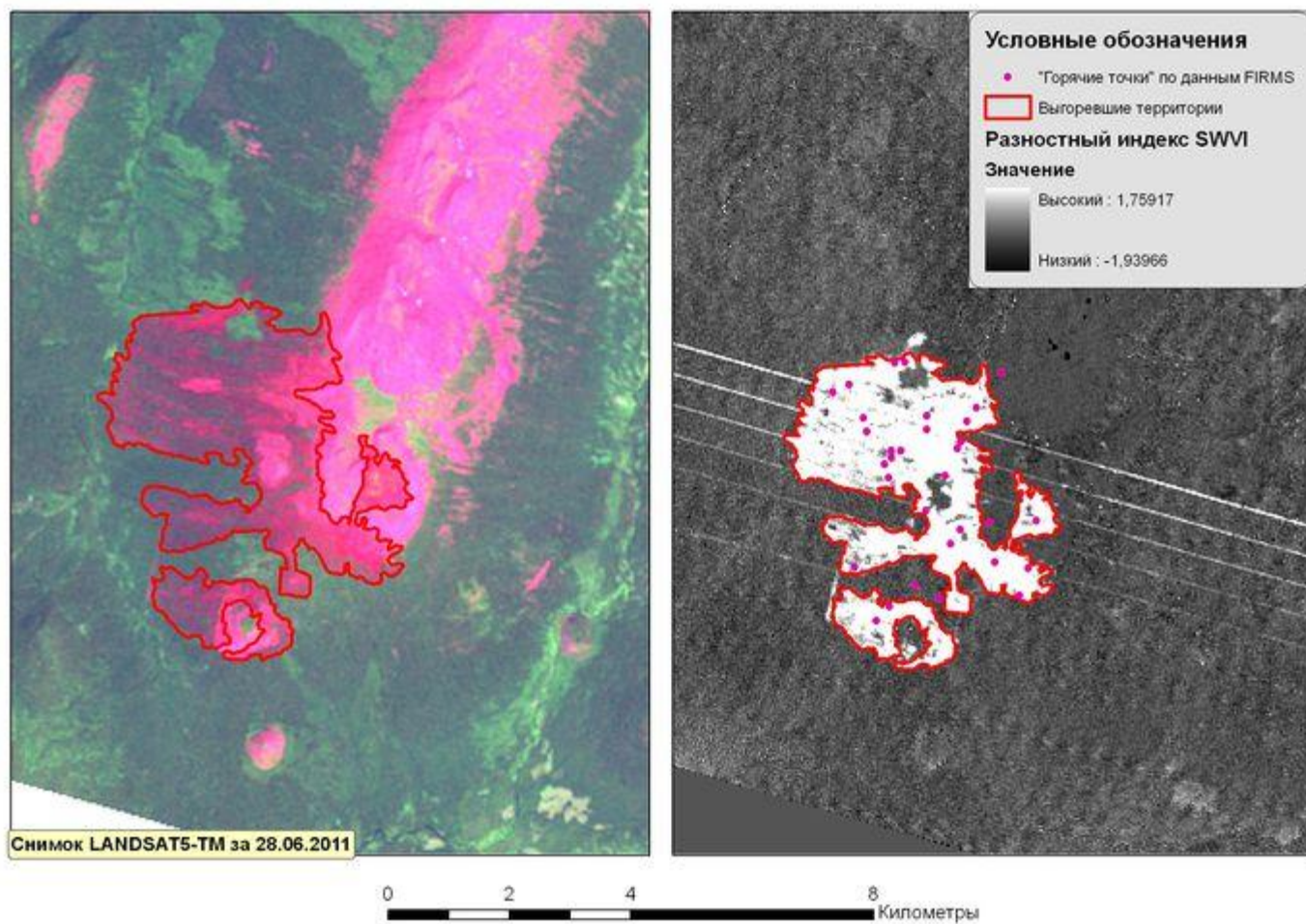


Рис. 4. Использование разностного вегетационного индекса DSWVI для оконтуривания гарей в горных районах

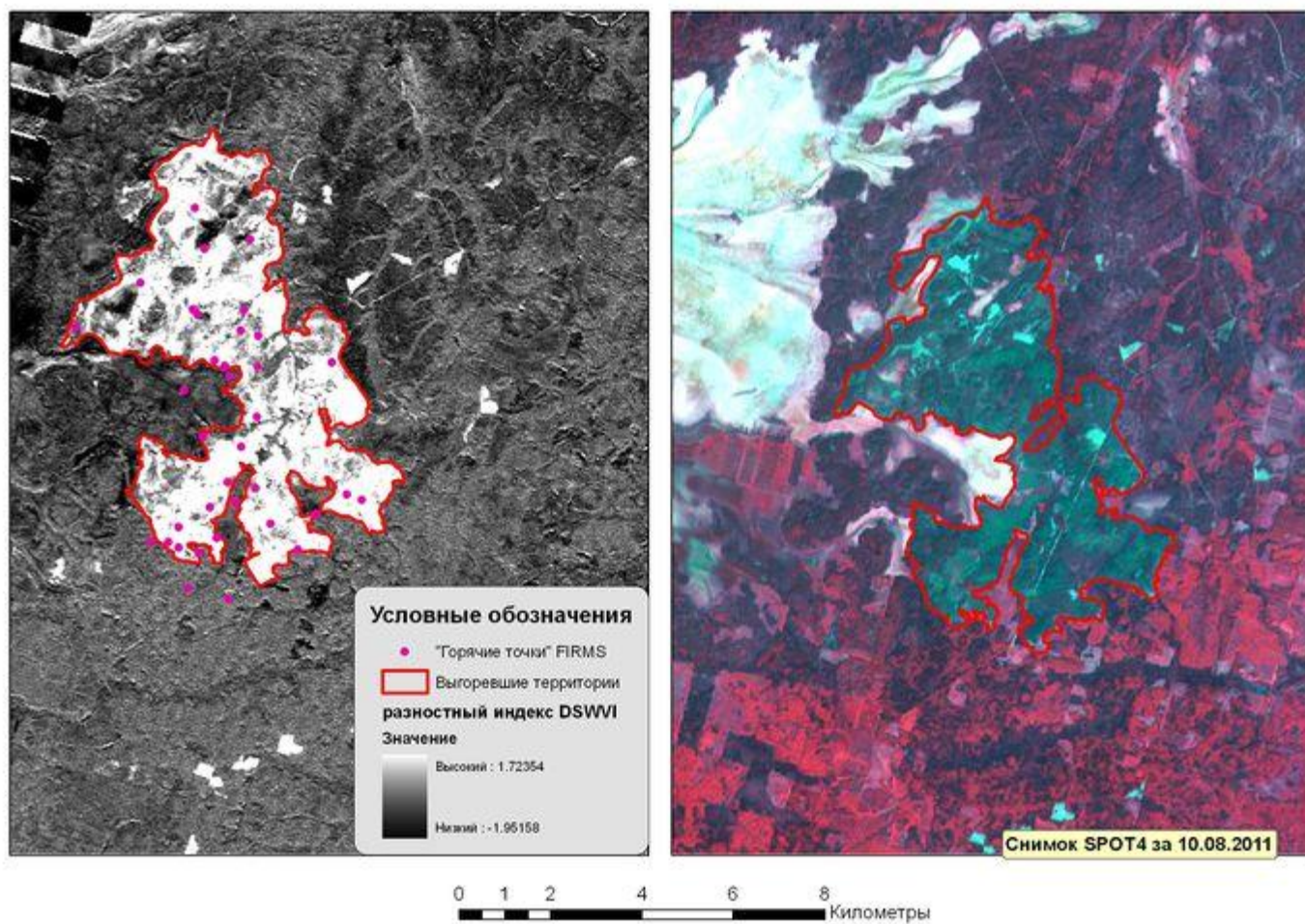


Рис. 5. Валидация контуров гари по снимку SPOT4. Оценка площади гари изменена незначительно, контуры существенно уточнены

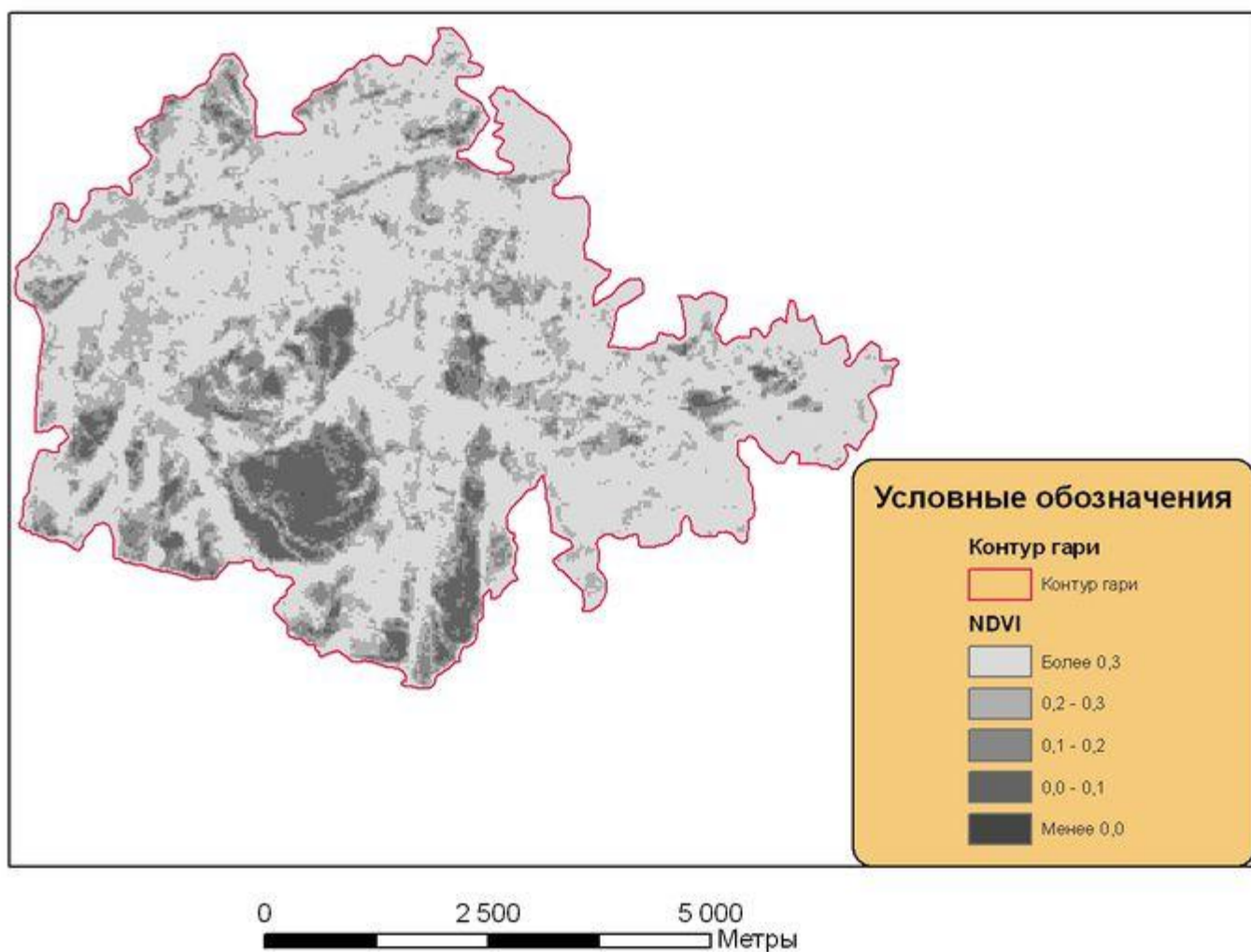
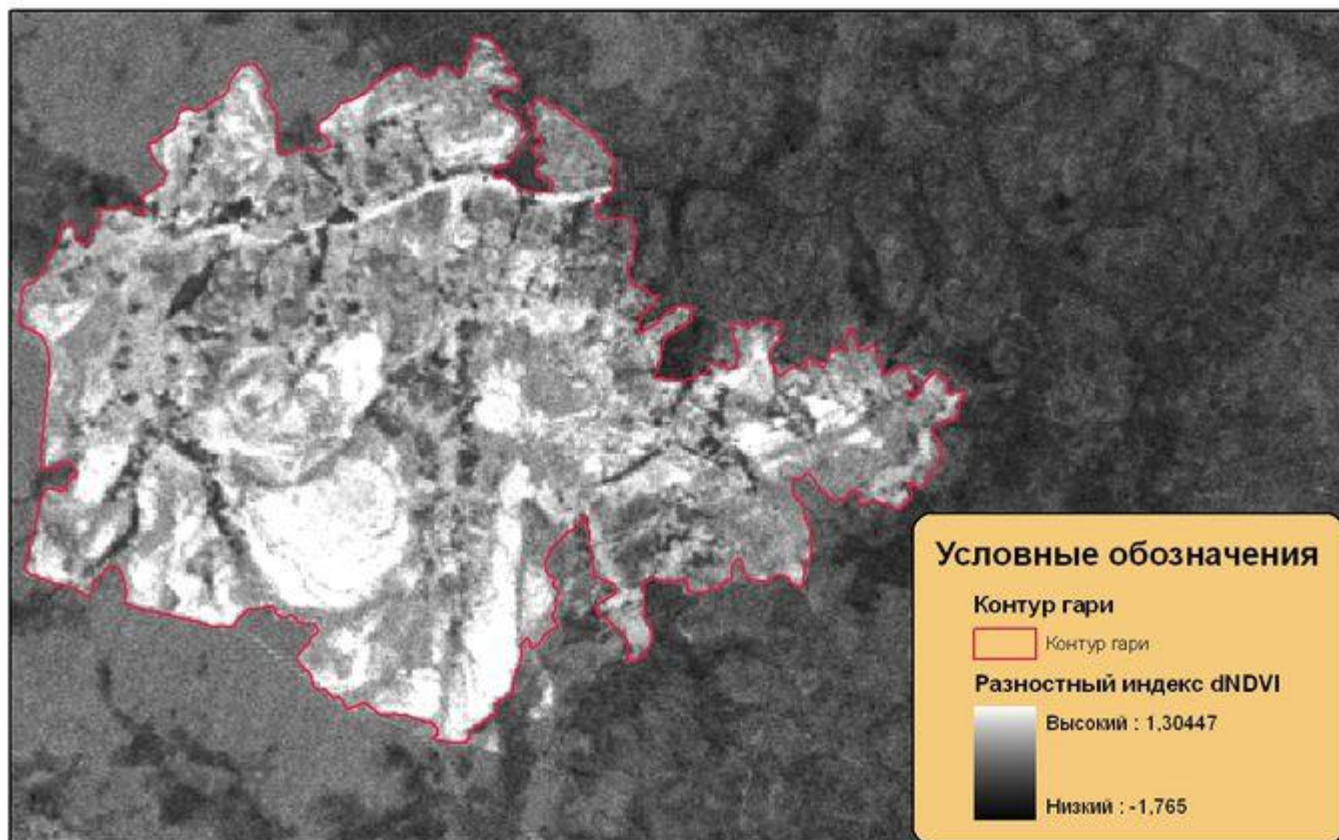


Рис. 6. Оценка степени повреждения растительности на гари от пожара № 247

Результаты: дешифрирования гарей

С использованием всех вышеперечисленных признаков проведено ручное оконтуривание гарей. Всего нам удалось выделить 46 гарей 2010 года на общей площади 31959 га, что существенно больше, чем по данным АПП ПК. При этом площадь отдельных выделенных нами гарей составляет от 6 га до 4245 га. Выделено 20 крупных гарей площадью свыше 200 га, причем на них приходится более 90% всех выгоревших площадей, из них 7 гарей площадью более 1000 га.

Суммарная площадь выделенных нами гарей более чем на 7 тыс. га превышает площадь гарей, выделенных Гринпис России в 2010 году⁵. Такое расхождение объясняется тем, что в Гринпис России использовали снимки за период до завершения пожароопасного сезона.

Было также выполнено сопоставление полученного нами слоя гарей с результатами детектирования выгоревших площадей по снимкам низкого разрешения MODIS, проведенного ИКИ РАН². Площадь гарей, выделенных ИКИ РАН на территории Пермского края, составляет 27969 га. Однако значительная часть объектов в данном слое не совпадает по расположению с тепловыми аномалиями MODIS, то есть ошибочно классифицирована как гари. На юге Пермского края обнаружена «ложная» гарь площадью более 7300 га. Площадь гарей, выделенных ИКИ РАН и совпадающих с нашими данными, составляет менее 16 тыс. га.

По полученным данным рассчитана площадь выгоревших территорий по участковым лесничествам. Установлены даты действия пожаров, с которыми связаны выделенные гари. Также были сопоставлены площади гарей от крупных пожаров по нашим данным и по данным АПП ПК, примеры приведены в Табл. 1.

Таблица 1. Сопоставление данных о крупных пожарах, полученных по ДДЗЗ и предоставленных АПП ПК

Номер пожара (АПП ПК)	Участковое лесничество	Площадь ликвидации пожара (АПП ПК), га	Площадь оцифрованной по снимку гари, га	Период действия (FIRMS)	Период между обнаружением и ликвидацией пожара (АПП ПК)	Максимальная зарегистрированная температура в 21 канале, К (FIRMS)
256	Вайское	976	977+140	04.08.2011 – 15.08.2011	05.08.2011 – 22.08.2011	320,9
342	Велсовское	100	336	10.08.2011 – 11.08.2011	13.08.2011 – 14.08.2011	342
347	Вишерское	1120	3212	07.08.2011 – 15.08.2011	14.08.2011 – 19.08.2011	356
339	Кутимское	380	805+360	10.08.2011 – 16.08.2011	12.08.2011 – 25.08.2011	371,4
314, 320	Ульвинское, Камское	1207+428	3168	25.07.2011 – 08.08.2011	10.08.2011 – 23.08.2011	346,7
247	Верхнекамское, Дозовское	2100	3998	02.08.2011 – 15.08.2011	04.08.2011 – 24.08.2011	391,4

Таким образом, наши оценки площадей некоторых крупных пожаров значительно (в три раза и более)

превышают оценки АПП ПК. В то же время по данным АПП ПК зафиксировано 23 крупных пожара (более 200 га), нами же выделено только 20 крупных гарей.

Для выборочной валидации контуров гарей использованы панхроматические и мультиспектральные снимки SPOT4, за вегетационный период 2011 года. Более высокое разрешение этих снимков позволяет определить контур гари с большей точностью. В то же время снимки SPOT4 за период до пожароопасного сезона у нас отсутствуют, что не позволяет использовать разностные вегетационные индексы. Валидация контуров гарей проведена методом визуального дешифрирования с использованием синтезов каналов nir-red-green и swir-nir-green, а также панхроматического канала высокого разрешения (10 м).

За вегетационный период 2011 года территории, в наибольшей степени пострадавшие от пожаров (западная часть Гайнского района) ни разу не были покрыты качественными малооблачными снимками SPOT4. Поэтому валидацию контуров удалось провести только для 9 гарей, которые закрыты безоблачными фрагментами снимков.

Выборочная валидация позволяет оценить точность оконтуривания гарей. Полученные расхождения в оценке площади гарей по данным LANDSAT5-TM и SPOT4 составляют от 11 до 66 га. Относительная ошибка оценки площади минимальна для наиболее крупных гарей (ошибка не более 5%). Для гарей площадью менее 100 га ошибка оценки площади может достигать 25% и более.

Пример валидации контуров гари по данным SPOT4 приведен на рис. 5

Результаты: оценка степени повреждения лесной растительности по вегетационным индексам

Выделенные крупные гари являются сложными объектами, включающими в себя различные типы местности – лесные и нелесные (криволесье, горная тундра) земли, относительно свежие рубки, фрагменты болот, долины рек. В пределах контуров гарей значительную площадь занимают участки растительности, относительно слабо пострадавшие от огня (сохранившие достаточно высокую спектральную яркость в NIR канале). К ним относятся, прежде всего, фрагменты болот, долины малых рек и участки, поврежденные низовым пожаром малой интенсивности. Для их выделения необходима оценка степени повреждения растительности в пределах выделенных гарей. Она может быть реализована с применением вегетационных индексов и методов классификации изображений.

Оценка степени повреждения растительности на всех крупных гарях (площадью более 200 га) была проведена по методике, предложенной в работе ⁶. Авторы данной работы предложили ориентировочную переклассификацию значений NDVI (после пожара) в степень повреждения растительности (Табл. 2). Для более корректной переклассификации необходимо проведение полевых обследований выгоревших участков с целью получения калибровочной зависимости NDVI и других вегетационных индексов (SWVI, dSWVI) от степени повреждения древостоя пожаром.

После переклассификации были рассчитаны площади выделенных классов для каждой крупной гари. Результаты, суммированные по всем крупным гарям площадью более 200 га, приведены в таблице 2. Пример результата переклассификации для гари от пожара № 247 (нумерация АПП ПК) приведен на рис. 6.

Таблица 2. Перевод NDVI в степень повреждения растительности

Значение NDVI	Класс поражения	Площадь, га
Менее 0,0	4 (отсутствие растительности, открытая почва после пожара)	123
0,0 - 0,1	3	3201
0,1 - 0,2	2	4467
0,2 - 0,3	3	7324
Более 0,3	0 (неповрежденная растительность, или участки восстанавливающейся растительности)	13797

К классу неповрежденной или восстанавливающейся растительности были отнесены 13797 га площади

крупных гарей, то есть почти половина всей площади. Часть этой территории (прежде всего болота) по-видимому, вообще не была пройдена пожарами, но оказалась полностью окружена выгоревшими участками. Другие фрагменты, несомненно, пострадали от огня, на что указывают высокие значения разностного индекса DSWVI (0,15 – 0,2). Но скорее всего это были низовые пожары небольшой интенсивности.

Участки, относящиеся к 2, 3 и 4 классу повреждения, вероятно, были пройдены верховыми пожарами и требуют лесовосстановительных мероприятий. На ряде участков облачность, попадающая в границы гарей, сделала невозможной корректную классификацию. Так как NDVI облаков и из теней незначительно ниже NDVI гари, в отдельных случаях применялось маскирование облаков и теней. Для маскирования облаков мы использовали 1-й канал LANDSAT, для маскирования теней – 5-й канал.

Анализ значений разностных индексов показал, что в пределах площади гарей они имеют, как правило, положительные значения, в диапазоне от 0,1 до 0,5. Максимальные значения DNDVI (0,45...0,55) характерны для участков выгоревших мелколиственных лесов на старых вырубках. В отдельных случаях индекс DNDVI в пределах гари имеет отрицательные значения, что связано с наличием облаков или теней в пределах контура гари на снимке, сделанном до пожара.

Индекс DSWVI лучше выделяет гари, чем DNDVI, поскольку характеризуется большей устойчивостью. На территориях с неповрежденной растительностью его значения обычно близки к нулю, при условии отсутствия сезонных различий в состоянии растительности. Поэтому легко выделить все участки, где произошли значительные изменения растительного покрова (гари, свежие рубки, ветровалы). Участки с максимальными значениями DSWVI (0,4...0,6) в пределах гари визуально дешифрируются как наиболее поврежденные пожаром.

Таким образом, в результате данной работы нами создан векторный слой гарей 2011 года в Пермском крае, выполнено сопоставление площадей крупных пожаров, полученных по ДДЗЗ и по данным АПП ПК. Проведена оценка степени повреждения растительности на крупных гарях.

В перспективе мы планируем использовать более корректные методы оценки состояния растительности на выгоревших площадях, применяя в комплексе различные вегетационные индексы и методы классификации космических снимков.

Библиографический список

1. ↑ [1.0 1.1](#) Сводка Агентства по Природопользованию Пермского края о лесных пожарах, зарегистрированных в 2010 году. Электронный ресурс <http://www.les.permkrai.ru>
2. ↑ [2.0 2.1](#) Детектирование сгоревших территорий РФ в 2010 году: результаты ИКИ РАН. Электронный ресурс <http://gis-lab.info/qa/fires-iki.html>
3. ↑ Барталев С. А., Егоров В. А. и др. Исследование возможности оценки состояния поврежденных пожарами лесов по данным многоспектральных спутниковых измерений//Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2010. Т. 7. № 3. С.
4. ↑ Барталев С. А. и др. Автоматизированное уточнение площадей, пройденных лесными пожарами, по данным приборов HRV, HRVIR. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2009. Т. 6. № 2. С. 335-342.
5. ↑ Детектирование сгоревших территорий РФ в 2010 году: результаты Гринпис России. Электронный ресурс <http://gis-lab.info/qa/fires-greenpeace.html>
6. ↑ Юрикова Е. А. Кокутенко А. А. Сухинин А. И. Исследование возможности применения данных SPOT-4 для дешифрирования поврежденных пожарами участков растительности//Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика М.Ф. Решетнева. 2008. № 4. С. 75-78.

Описание слоя гарей 2010 года

Скачать слой можно [здесь](#).

Формат файла – ESRI SHAPE

Система координат – WGS 1984

Структура атрибутивной таблицы

FID – идентификатор

SHAPE – геометрия

Scene1 – полное название сцены LANDSAT5-TM, использованной для расчета вегетационных индексов до пожара. Название включает дату снимка, например 2011193 – 2011 год, 193-й день года, т.е снимок сделан 12.07.2011г.

Scene2- полное название сцены LANDSAT5-TM, по которой оконтуривалась гарь

Area – площадь гари, оконтуренной по снимку LANDSAT5-TM

- 0 class – площадь в пределах гари со значением NDVI более 0,3, т.е нулевой класс повреждения
- 1 class – площадь в пределах гари со значением NDVI от 0,2 до 0,3, т.е первый класс повреждения
- 2 class – площадь в пределах гари со значением NDVI от 0,1 до 0,2, т.е второй класс повреждения
- 3 class – площадь в пределах гари со значением NDVI от 0,0 до 0,1, т.е третий класс повреждения
- 4 class – площадь в пределах гари со значением NDVI ниже 0, т.е четвертый класс повреждения
- Area_SPOT4 – площадь гари, скорректированная по снимку SPOT4
- DATA_SPOT4 – дата снимка SPOT4, по которому корректировался контур гари.

[Обсудить в форуме](#) Комментариев — 9

Последнее обновление: 2014-05-14 23:49

Дата создания: 13.01.2012

Автор(ы): [Андрей Шихов](#), Ян Маракулин