

УДК 630.432+629.78

## **Классификация территории Сибири по фактической горимости с использованием спутниковых данных**

**А.В. Рубцов<sup>а, б\*</sup>,**

**А.И. Сухинин<sup>а, б</sup>, Е.А. Ваганов<sup>а</sup>**

<sup>а</sup> *Сибирский федеральный университет,*

*институт космических и информационных технологий,*

*Россия 660074, Красноярск, ул. Киренского, 26*

<sup>б</sup> *Институт леса им. В.Н. Сукачёва СО РАН,*

*Россия 660036, Красноярск, Академгородок <sup>1</sup>*

Received 4.03.2010, received in revised form 11.03.2010, accepted 18.03.2010

*Анализируется информация о пожарах на территории Сибири, детектированных по снимкам со спутников NOAA-AVHRR за 13 лет (1996-2008 гг.). Суммарные количество и площадь пожаров за разные внутригодовые промежутки времени спроецированы на градусную сетку 0.3°x0.3° как за каждый отдельный год, так и для всего периода имеющихся наблюдений. Описан территориальный характер возникновения пожаров по их сезонности. Расположение областей с высоким суммарным количеством пожаров не пропорционально областям высоких суммарных площадей пожаров, в связи с чем рассматривается задача классификации территории по фактической горимости (ФГ) на основе этих признаков, а также признаков долготы, широты и высоты над уровнем моря. Для разделения объектов на классы были использованы методы кластерного анализа. Признак суммарной площади пожаров более информативен в выделении классов ФГ, катастрофические пожары с низкой повторяемостью и большими площадями вносят соизмеримый вклад в данную характеристику по сравнению с мелко- и среднеразмерными пожарами высокой повторяемости. Отмечается частичное территориальное перераспределение высоких классов ФГ в Центральной, Восточной и Дальневосточной Сибири при сопоставлении с картой ФГ на основе статистики пожаров прошлых лет (1965-1978 гг.).*

*Ключевые слова: NOAA AVHRR, пожары, классификация, фактическая горимость, сезонность.*

### **Введение**

Классификация территорий по пожарной опасности учитывает многие факторы: типы горючих материалов (Волокитина, Софронов, 2002), особенности климата и рельефа (Со-

фронов, Волокитина, 1990; Валендик, Иванова, 1996), текущие условия погоды (Вонский и др., 1981), частоту возникновения источников зажигания (Иванов и др., 2004; Швецов и др., 2007), наличие противопожарных средств

\* Corresponding author E-mail address: alexeyruss@gmail.com

<sup>1</sup> © Siberian Federal University. All rights reserved

и другие. Так как подобные характеристики создаются из территориально разрозненных данных, то зачастую этим объясняется неполнота таких оценок. Классификации потенциальной горимости единицы площади дают вероятностную оценку возгорания горючих материалов, расположенных на данной площади. Характеристика реальной пожарной ситуации должна основываться на анализе многолетних данных о количестве обнаруженных пожаров и их размерах. Совокупно частоту возникновения и пространственные размеры возникших пожаров на территории можно характеризовать термином «фактическая горимость» (ФГ). Она может различаться от прогнозных или экспертных оценок ввиду существования неучтённых условий. Оценка показателя ФГ является важной информацией для организации мер по предотвращению возникновения лесных пожаров (Loupian et al., 2006), их локализации, для оценки экономических, экологических и социальных рисков (Efremov et al., 2000; Shvidenko, Nilsson, 2000). Развитие технологий дистанционного зондирования сделало возможным построение более детальных и пространственно полных характеристик территорий по пожарной опасности в различных аспектах (Goldammer et al., 2004; Soja et al., 2004). Цель данной работы – составление карты классификации территории Сибири по ФГ по имеющимся спутниковым данным NOAA AVHRR за 1996-2008 гг.

## **Материалы и методы**

### *Спутниковые и топографические данные*

В выборе источника данных о пожарах мы ориентировались на покрытие большого временного интервала и достаточно высокое пространственное разрешение. Таким требованиям соответствует база данных активных пожаров со спутников NOAA (инструмент

AVHRR). Оперативный приём информации с NOAA ведется с 1996 г. техническим комплексом в Институте леса им. В.Н. Сукачева СО РАН (Sukhinin et al., 2004) совместно с Всероссийским научно-исследовательским институтом по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России (ФГУ ВНИИ ГОЧС МЧС РФ). В базе зарегистрированы площади и полигоны контуров активных пожаров как за каждый отдельный день, так и итоговые значения параметров пожаров за всё время их протекания. Данные о пожарах в Сибири рассмотрены в пределах 60°-140° в.д. и 72°-48° с.ш., куда частично относятся территории Дальнего Востока, Казахстана, Монголии и Китая. Накопленные данные позволяют судить о достаточно репрезентативном территориальном распределении пожаров для выявления особо горимых территорий.

Дополнительной информацией в работе послужили топографические данные о высоте над уровнем моря с пространственным разрешением ~1 км, созданные с использованием глобальной цифровой модели высот GTOPO30. Модель разработана совместными усилиями восьми международных организаций под руководством U.S. Geological Survey for Earth Resources Observation and Science (EROS) Data Center (USGS, 1993). Вертикальное разрешение варьируется от 30 до 250 м, в зависимости от типа источника данных для конкретной территории.

### *Построение карт количества и площадей пожаров*

Выделение зон различной фактической горимости (ФГ) мы производили в два этапа. Первый этап – это построение карт суммарных площадей пожаров (СПП) и карт суммарного количества пожаров (СКП) для каждого отдельного года, за все годы (1996-2008 гг.) в

совокупности (за все месяца), а также с выборкой по отдельному месяцу (с марта по ноябрь). Такие карты были построены на градусной сетке с разрешением  $0.3^\circ \times 0.3^\circ$  методом суммирования площадей пожаров ( $S_{fires}$ ) и количества индивидуальных пожаров ( $N_{fires}$ ), обнаруженных в пределах одного элемента карты  $0.3^\circ \times 0.3^\circ$  за соответствующий период. Разрешение в  $0.3^\circ$  – эмпирически найденный критерий и описывает тесноту пожаров на уровне мелкой ландшафтной единицы. Среди возможных вариантов проецирования площадей пожаров на градусную сетку ( $1^\circ$ ,  $0.5^\circ$ ,  $0.25^\circ$ ,  $0.1^\circ$  и др.) шкала в  $0.3^\circ$  являлась оптимальной, при которой совокупность локальных пожаров образовывала единые кластеры и также сохранялась хорошая детализация этих кластеров.

Годичные карты СПП показывают местоположения наибольших пожарных событий текущего года. Сезонность пожаров для различных территорий мы определяли по месячным выборкам. Совокупная площадь пожаров ( $S_{fire}^{all}$ , рис. 1) за 13 лет учитывает повторяемость пожаров в каждой ячейке карты, однако при сопоставлении ее с картой совокупного количества пожаров ( $N_{fire}^{all}$ , рис. 2) обнаруживается, что распределение  $S_{fire}^{all}$  не пропорционально  $N_{fire}^{all}$ . Высокие значения  $S_{fire}^{all}$  могут происходить от неоднократно повторяющихся пожаров с относительно небольшими площадями либо из единичных экстремальных по площади пожарных событий с редкой повторяемостью. Пожары в Якутии (2001, 2002, 2005 гг.) – характерные примеры, где кластеры с большой  $S_{fire}^{all}$  образованы низкой величиной  $N_{fire}^{all}$ . С другой стороны, катастрофические по площади пожары в 2003 г. в Забайкальском крае и Республике Бурятия, возникшие в зоне с высокой повторяемостью пожаров, сосредоточили в этом регионе высокий экстремум распределения  $S_{fire}^{all}$ .

### *Кластерный анализ количества и площадей пожаров*

В связи с многофакторностью образования зон различной ФГ на втором этапе работы выполнена задача классификации совокупных карт СПП и СКП по степени фактической пожарной опасности. Объектами классификации являлись пиксели этих карт с наличием пожаров ( $S_{fire}^{all} > 0$ ,  $N_{fire}^{all} > 0$ ), общее количество которых составляет 12371. Каждый объект обладал 5-мерным набором признаков: координаты центров ячеек карт (широта и долгота), высота над уровнем моря, значения  $S_{fire}^{all}$  и  $N_{fire}^{all}$ . Для разделения объектов на классы мы использовали кластерный анализ (Халафян, 2007). Данный подход наиболее применим к задаче классификации, так как не требует нормальности распределения данных и обладает простотой интерпретации.

Объекты классифицировали (группировали) при помощи двух методов кластерного анализа: метода построения деревьев кластеризации, который применяется для нахождения количества классов и примерной структуры классов, и метода К-средних для непосредственного выделения классов (Халафян, 2007; Шишов и др., 2002; Шишов, Рубцов, 2006)

Проверку качества разбиения выборки на классы проводили при помощи линейной модификации псевдостатистического метода Байеса – дискриминантного анализа (Фор, 1989). Суть этого метода сводится к построению по имеющимся объектам (в нашем случае – 12371) и их принадлежности к разным классам (пяти классам) алгоритма, который с наименьшей ошибкой относил бы вновь предъявляемый объект к нужному классу. Более того, пошаговая модификация этого алгоритма позволяет выделить наиболее информативные признаки, тем самым

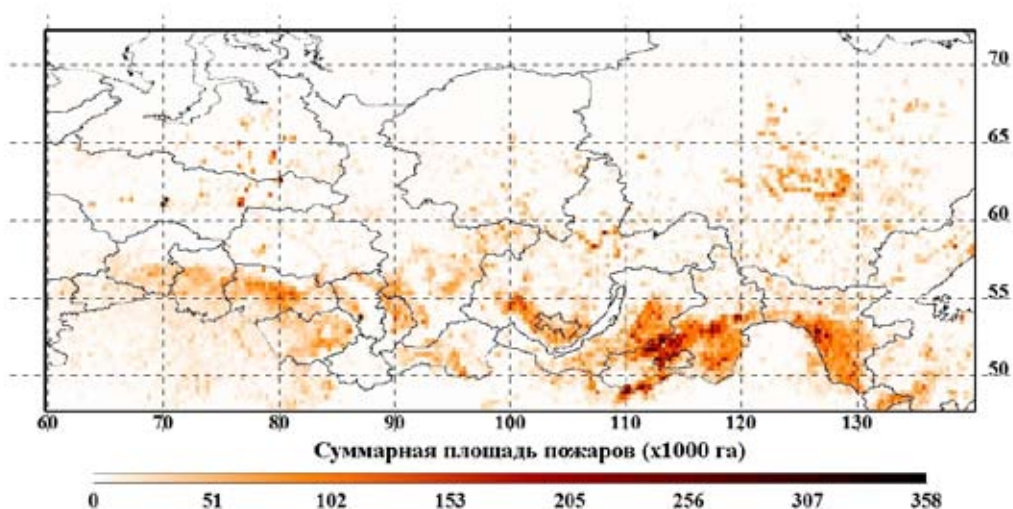


Рис. 1. Карта суммарной площади пожаров (в тысячах гектаров), по данным спутников NOAA за период с 1996 по 2008 гг.

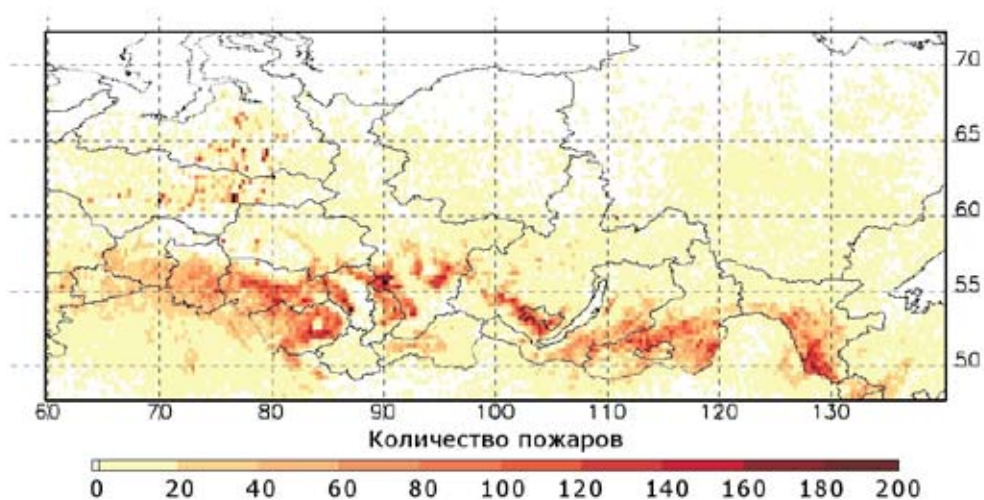


Рис. 2. Карта суммарного количества пожаров, по данным спутников NOAA с 1996 по 2008 гг.

существенно уменьшить размерность решаемой классификационной задачи (Фор, 1989; Халафян, 2007; Шишов, Рубцов, 2006). Кластерный анализ повторялся с изменением количества признаков на входе и длины выборок в разных комбинациях с исключением менее информативных переменных. Для оценки качества идентификации были использованы многофакторный критерий Фишера, матрицы ошибок и статистика Уилкса (Халафян, 2007).

### Результаты и их обсуждение

В рамках исследуемого периода времени по признаку СПП на  $0.3^\circ$  сетке были выделены следующие годы с крупными пожарными событиями в Сибири: 1996, 1999, 2002, 2003, 2006, 2007, 2008. По признаку пространственного охвата (размеру кластеров) сверхвысокая активность пожаров отмечается практически во все годы XXI в.

Весенние пожары (март-май) действуют преимущественно во всей южной полосе

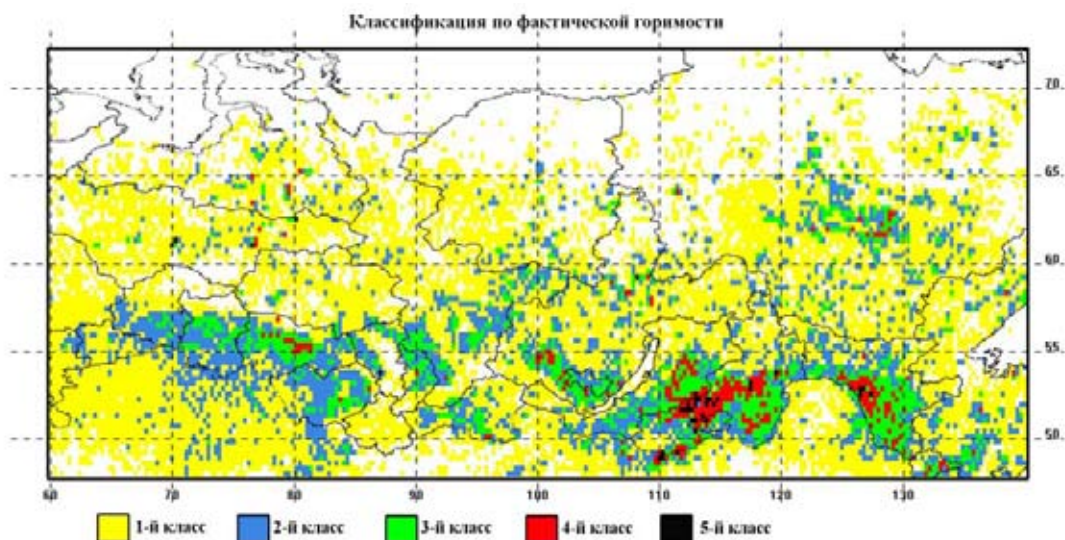


Рис. 3. Карта классов фактической горимости Сибири по результатам кластерного анализа

анализируемой территории. В июне пожары сохраняются в Иркутской, Амурской областях, Забайкальском крае, республиках Бурятия и Тува и южной части Якутии. В июле и августе активность пожаров смещается на северные территории (Якутия, центральная часть Красноярского края, север Иркутского края и Хабаровский край). В сентябре и октябре второй пик пожаров отмечается на юге Забайкальского края, в Амурской области и в Хабаровском крае, также частично Тюменской, Омской, Новосибирской областях и Казахстане. Мелкоразмерные пожары в Ханты-Мансийском и Ямало-Ненецком АО обнаруживаются в большинстве месяцев, так как они предположительно связаны со сжиганием попутного газа в нефтегазовой отрасли. Лесные пожары в этих округах проявляются на картах с выборками для июля и августа.

В результате применения кластерного анализа все объекты (пиксели карт с наличием пожаров) разделились на пять классов, которые мы ассоциировали с пятью уровнями ФГ от низкой до экстремальной. Характеристики классов ФГ приведены в таблице. С повышением класса ФГ пропорционально увеличива-

ется количество и сумма площадей пожаров. К классу сверхвысокой и экстремальной ФГ относятся 2 % территорий, пройденных пожарами, к высокой ФГ – 9 %, к средней – 19 %, и основное большинство пожаров (70 %) с низкой ФГ. Вне анализа была также задана отдельная категория «сверхнизкой фактической горимости» для территории отсутствия пожаров. Эта категория не является «нулевой» ФГ в силу ограниченности периода наблюдений или отсутствия условий обнаружения пожаров методами дистанционного зондирования.

Пространственное распределение классов выделяет географически связанные группы территорий, пройденных пожарами, с разной ФГ (рис. 3). Следует отметить две большие зоны сверхвысокой и экстремальной ФГ: 1) 110°-120° в.д., 50°-55° с.ш., к которой относятся Забайкальский край и прилегающая часть Республики Бурятия; 2) 125°-132° в.д., 50°-55° с.ш. (Амурская область). К категории ФГ от высокой до сверхвысокой относятся пожарища в центре Новосибирской области, на юге Иркутской области и в центральной части Якутии. Средней ФГ характеризуются юго-западные области Сибири (Тюменская,

Таблица. Характеристики классов фактической горимости на основе кластерного анализа

Класс ФГ	Фактическая горимость	Количество пожаров, шт (min-max)	Сумма площадей пожаров, га (min-max)	Высота, м (min-max)	Количество пикселей, шт (0.3°x0.3°)
5	Экстремальная	62 – 1153	185634 – 358040	35 – 1663	36
4	Сверхвысокая	11 – 547	93548 – 179211	27 – 2156	296
3	Высокая	7 – 405	42467 – 93152	23 – 2137	1149
2	Средняя	2 – 212	13182 – 42710	н.д. – 2881	2479
1	Низкая	1 – 81	63 – 13431	н.д. – 3153	9004
0	Сверхнизкая	0	0	-	-

н.д. – нет данных по высоте над уровнем моря

Омская области и Алтайский край), а также Республика Хакасия, юг Республики Бурятия, частично Красноярский край и юг Хабаровского края. Низкую ФГ стоит отметить в Свердловской области, Ханты-Мансийском АО, Ямало-Ненецком АО, на севере Красноярского края, в Республике Алтай, Томской области, и на севере Тюменской области (рис. 3).

Выявлено, что наиболее информативный признак образования областей ФГ – суммарная площадь пожаров. Метод Байеса обнаружил меньшую значимость влияния признаков высоты над уровнем моря и количества пожаров. Сочетание этих двух признаков без СПП дало чёткую дифференциацию кластеров пожаров по высотному признаку. Распространение площади пожара в горных массивах лимитируется сложностью рельефа, так как территории на высотах до 2500 – 3000 м характеризуются низкой и средней ФГ (таблица). Площади пожаров на таких высотах не превышают среднего значения по Сибири за рассматриваемый период (1996–2008 гг.).

Огромные площади поражения растительности при сверхкрупных пожарах в разы увеличивают  $S_{fire}^{all}$  на территории их распространения. Тем не менее, сверхвысокий и экстремальный классы ФГ преобладают на

тех территориях, где пожарные события катастрофического масштаба накладываются на частоту пожаров выше среднего (рис. 2, 3). В Амурской области в зоне экстремальной ФГ в 2002 г. произошел пожар из разряда катастрофических (с пиковой  $S_{fire} > 205$  тыс. га в пикселе 0.3°), наряду с тем менее существенные пожары были в 1999, 2000, 2001, 2003, 2005, 2006, 2007, 2008 гг. Похожая ситуация возникла в Забайкальском крае и граничащей с ним части Республики Бурятия (рис. 3): пожары были обнаружены практически во все годы, из них в 2003 и 2007 гг. наблюдались катастрофические площади пожаров ( $S_{fire} > 100$  тыс. га в 0.3°). Иная ситуация сложилась в хронологии пожаров в Якутии, где события большого масштаба (2001, 2002, 2005 гг.) разнесены по региону, и с пожарами меньшего размера в другие годы данная территория описывается преимущественно вторым и третьим классом ФГ.

Последнее десятилетие сопровождается частым возникновением крупных пожаров (Рубцов и др., 2010), что даёт нам основание проводить данную классификацию и с уверенностью ожидать повторных очагов пожаров на больших площадях в районах высокой и сверхвысокой ФГ. Это подтверждается данными 2009 г., который не вошел в анализ, однако крупные пожары обнаружены на юге

Амурской области, юге Хабаровского края и в Новосибирской области.

Во множестве методов классификации и оценок пожарных рисков на различных территориях (Stocks, Kauffman, 1997; Kasischke, Stocks, 2000; Loupian et al., 2006) набор входных данных в качестве критериев определялся в соответствии с поставленной задачей. В данной работе для Сибири в анализе дополнительно можно использовать типы растительности (Софронов и др., 2005), параметры климата (температура, осадки) (Stocks et al., 1998), длину пожароопасного сезона и другие. Во всех случаях укрупнение масштаба исследований приводит к ограничению количества анализируемых переменных. Данное исследование показало, что высоту над уровнем моря не целесообразно рассматривать в качестве параметра рельефа с разрешением  $0.3^\circ$  по причине локальности влияния этой переменной. Более точные результаты возможны при учете углов экспозиции склонов на масштабах, сравнимых со средним размером площади пожара за день (200-500 га).

Распределение классов фактической горимости в России, основанное на эмпирическом подходе в анализе статистики пожаров за 13-летний период – с 1965 по 1978 гг. (Sofronov, 1996), отличается от представленного результата (рис. 3). В указанные годы обширная зона экстремального класса находилась преимущественно в Якутии, сверхвысокий класс затрагивал юго-западные области Сибири, Иркутскую область, южные

районы Красноярского края, Хабаровский край. Частичное территориальное перераспределение зон повышенной ФГ может быть вызвано изменениями климата в масштабах десятилетий, отражающими функциональную взаимосвязь пожаров с климатом и с динамикой растительности, которая в свою очередь также определяется климатическими факторами. Наиболее часто пожары возникают в тех местностях, где климатические факторы обуславливают как многопиковую пожарную активность на протяжении одного пожароопасного сезона, так и быстрое послепожарное возобновление растительности. Целесообразно провести подобный анализ с добавлением комплексных параметров климата сопоставимого разрешения или анализировать ежегодное распределение пиковых значений индексов пожарной опасности по условиям погоды (Рубцов и др., 2010).

### **Заключение**

Таким образом, были выделены территории Сибири с повышенной ФГ, характерные для рассмотренного периода времени (1996-2008 гг.). Образование сверхвысокой и экстремальной ФГ является совокупным фактором как частоты возникновения пожаров, так и размеров площадей, пройденных огнем. В то же время фактическая горимость обладает пространственно-временной динамикой, следовательно, прогнозирование дальнейшего изменения ФГ возможно посредством детального анализа механизмов взаимосвязи климата с возникновением пожаров.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (код проекта 09-05-00900-а).*

## Список литературы

Валендик Э.Н., Иванова Г.А. (1996) Экстремальные пожароопасные сезоны в бореальных лесах Сибири // Лесоведение. 4: 12-19.

Волокитина А.В., Софронов М.А. (2002) Классификация и картографирование растительных горючих материалов. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 314 с.

Вонский С.М., Жданко В.А. и др. (1981). Определение природной пожарной опасности в лесу. Методические рекомендации. Л.: ЛНИИЛХ, 52 с.

Иванов В.А., Коршунов Н.А., Матвеев П.М. (2004) Пожары от молний в лесах Красноярского Приангарья. Красноярск: СибГТУ, 132 с.

Рубцов А.В., Сухинин А.И., Ваганов Е.А. (2010) Системный анализ погодной пожарной опасности при прогнозировании крупных пожаров в лесах Сибири // Исследование земли из космоса, 3: 62-70.

Софронов М.А., Волокитина А.В. (1990) Пирологическое районирование в таежной зоне. Новосибирск: Наука, 204 с.

Софронов М.А., Волокитина А.В., Софронова Т.М. (2003) Анализ фактической горимости при лесоустройстве как реализованной пожарной опасности. Лесная таксация и лесоустройство. Международный научно-практический журнал, 32, №1: 97-102.

Софронов М.А., Гольдаммер И.Г., Волокитина А.В., Софронова Т.М. (2005) Пожарная опасность в природных условиях. Красноярск: Институт леса им. В.Н.Сукачёва СО РАН, 330 с.

Фор А. (1989) Восприятие и распознавание образов. М.: Машиностроение, 276 с.

Халафян А.А. (2007) Statistica 6. Статистический анализ данных. М.: Бином, 512 с.

Швецов Е.Г., Пономарев Е.И., Сухинин А.И. (2007) Исследование пространственных и временных соотношений между молниевыми разрядами и лесными пожарами на территории Восточной Сибири // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени акад. М.Ф. Решетнева. 15, №2: 13 – 18.

Шишов В.В., Ваганов Е.А., Хьюз М.К., Корец М.А. (2002) Пространственная изменчивость прироста древесных растений на территории Сибири в последнем столетии // ДАН. 387, № 5: 690-693.

Шишов В.В., Рубцов А.В. (2006) Пространственные модели отклика характеристик продуктивности лесной растительности на региональные и глобальные изменения климата. Биоразнообразие и динамика экосистем: информационные технологии и моделирование / Под ред. Шумного В.К. и др., Интеграционные проекты СО РАН. Новосибирск: Из-во СО РАН, с. 547-557.

Efremov D.F., Sheshukov M.A. (2000) Ecological and economic evaluation of the consequences of catastrophic fires in the Russian Far East: The Khabarovsk territory example of 1998. Int. Forest Fire News, 22: 53-62.

Goldammer J.A., Sukhinin A.I., Chiszar I.D. (2004) The Present Wildfire Situation in Russian Federation, Chapter 2 // Monograph "Fire Management on the Ecoregional Level", World Bank, Moscow, "Alex", p.26-66.

Kasischke E.S., Stocks B.J. (eds.). (2000) Fire, climate change, and carbon cycling in the boreal forest. Ecological Studies vol. 138. Berlin-Heidelberg-New York, Springer-Verlag, 461 p.

Loupian E.A., Mazurov A.A., Flitman E.V., Ershov D.V., Korovin G.N., Novik V.P., Abushenko N.A., Altyntsev D.A., Kjshelev V.V., Tashchilin S.A., Tatarnikov A.V., Csiszar I., Sukhinin A.I.,



Ponomarev E.I., Afonin S.V., Belov V.V., Matvienko G.G., Loboda T. (2006) Satellite monitoring of forest fires in Russia at federal and regional levels. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 11: 113–145.

Shvidenko A.Z., Nilsson S. (2000). Extent, distribution, and ecological role of fire in Russian forests. In: E.S. Kasischke, B.J. Stocks (eds.) *Fire, climate change, and carbon cycling in the boreal forest*, Ecological Studies vol. 138. Berlin-Heidelberg-New York: Springer-Verlag, p. 132-150.

Sofronov M.A. (1996) Pyrological zoning: principles, methods, and significance of the role of the geographical factor in the problem of wildland fires. In: Goldammer J.G., Furyaev V.V. (eds.) *Fire in ecosystems of boreal Eurasia*. Dordrecht, Kluwer Academic Publ., 528 pp.

Soja A.J., Sukhinin A.I., Cahoon D.R., Shugart H.H., Stackhouse P.W. (2004) AVHRR-derived fire frequency, distribution, and area burned in Siberia. *International Journal of Remote Sensing*. 25(10): 1939-1960.

Stocks, B.J., Kauffman J.B. (1997) Biomass consumption and behavior of wildland fires in boreal, temperate, and tropical ecosystems: Parameters necessary to interpret historic fire regimes and future fire scenarios. In: Clark J.S., Cachier H., Goldammer J.G., Stocks B.J.(eds.) *Sediment records of biomass burning and global change*. Berlin-Heidelberg-New York, Springer-Verlag, p.169-189.

Stocks B.J., Fosberg M.A., Lynham T.J., Mearns L., Wotton B.M., Yang Q., Jin J.-Z., Lawrence K., Hartley G.R., Mason J.A., McKenney D.W. (1998) Climate change and forest fire potential in Russian and Canadian boreal forests. *Climatic Change*. 38: 1-13.

Sukhinin A.I., French N.H.F., Kasischke E.S., Hewson J.H., Soja A.J., Csiszar I.A., Hyer E.J., Loboda T., Conrad S.G., Romasko V.I., Pavlichenko E.A., Miskiv S.I., Slinkina O.A. (2004) AVHRR-based mapping of fires in Russia: New products for fire management and carbon cycle studies. *Remote Sensing of Environment*. 93: 546–564.

U.S. Geological Survey (1993) *Digital elevation models, data user guide 5*. Reston, Virginia, 50 p. <ftp://mapping.usgs.gov/pub/ti/DEM/demguide/>

## **Actual Fire Danger Classification of the Siberian Territories Using Satellite Data**

**Alexey V. Rubtsov<sup>a, b</sup>,  
Anatoliy I. Sukhinin<sup>a, b</sup> and Evgeny A. Vaganov<sup>a</sup>**

<sup>a</sup> *Siberian Federal University,*

*Institute of Space and Information Technologies,  
79. Svobodny, Krasnoyarsk, 660041 Russia*

<sup>b</sup> *V.N. Sukhachev Institute of forest,*

*Siberian Branch of Russian Academy of Science,  
50/28 Akademgorodok, Krasnoyarsk, 660036 Russia*

---

*Spatial distribution of hot spot fires in Siberia derived by processing of NOAA-AVHRR satellite images for the period from 1996 to 2008 was analyzed. Total fire counts and total areas burned were downscaled up to 0.3° within different intra-annual periods (from March to October) for each*

*single year and for the entire period of available observations. Seasonal patterns of fire occurrence were recognized. High values of total fire counts are not proportional to the distribution of total areas burned. Hence the studied area was classified in terms of an actual fire danger (AFD) with the following factors: longitude, latitude and altitude of each map cell, total burned area (Ha) and quantity of single fires (fire counts). Two methods of the cluster analysis dividing the objects (0.3° cells) into AFD classes were applied. Final classification contains 5 classes describing the study area from low to extremely high AFD. The most significant factor in the analysis is the total area burned, it means that catastrophic fires with low fire return intervals and high areas burned play similar role compared to small and medium size fires with high occurrence frequency. The result was also compared to an AFD map empirically derived from fire occurrence survey information (statistical) for the period from 1965 to 1978 (Sofronov, 1996). There is a particular redistribution of high AFD classes which moved southward from Eastern Siberia comparing to the state of past years. It can be caused by an influence of climate variations on time scale of decades.*

*Keywords: NOAA/AVHRR, fires, area burned, classification, fire danger, seasonality.*

---