

УДК 911

ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПОЖАРОВ ПО ВИДОВЫМ ГРУППАМ ЛАНДШАФТОВ ЛЕСНОЙ ЗОНЫ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

© 2015 Е.В. Коньшина

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

Поступила в редакцию 18.05.2015

Данные о площадях выгоревших территорий представляют собой качественный материал для ретроспективной оценки роли пирогенного фактора. Одним из источников такой информации являются данные сенсора MODIS. На основе таких данных в работе был проведен пространственно-временной анализ очагов возникновения и распространения пожаров на территории лесной зоны Европейской части России. Выявлены тенденции пирогенного фактора по видовым группам ландшафтов.

Ключевые слова: *тайга, лесные пожары, MODIS MCD 45*

Анализ зарубежной и отечественной литературы указывает на то, что лесные пожары на протяжении многих лет были и остаются важнейшим фактором (как экологическим, так и лесоводственным), который определяет условия возникновения, формирования, развития, гибели и состояния бореальных лесов. В настоящее время в связи с увеличением плотности населения, степени хозяйственного освоения территорий вопрос лесных пожаров принял совершенно другой оборот: количество лесных пожаров увеличилось и пожары оказывают отрицательное влияние на состояние и формирование лесов. Конкретные типы хвойных лесов для сохранения своих позиций нуждаются в циклическом воздействии лесных пожаров определенной интенсивности. Многие древесные породы имеют достаточно хорошо выраженные морфологические и физиологические черты адаптации к огню, обеспечивающие их послепожарное выживание и даже расширение ареала. Знание закономерностей взаимоотношений лесных сообществ и пожаров позволяет использовать последнее в качестве средства поддержания их стабильности. [2]. Однако при нарушении естественных циклов пожарного режима, лесные сообщества находятся под угрозой сильных нарушений и разрушений. В связи с этим изучение особенностей распространения пожаров приобретает все большую актуальность.

Существует два основных источника данных о пожарной активности, характеризующиеся своими специфическими подходами: активные очаги горения и сгоревшие площади. При этом первый подход к детектированию очагов обладает рядом ограничений и не может быть использован для оценки пространственного охвата пройденных огнем территорий, в том числе и из-за того, что в момент активного горения спутник часто в точке, необходимой для детектирования, или она

скрыта от него облачностью. Таким образом, возникает потребность в площадных данных о сгоревших территориях. До недавнего времени подобная информация отсутствовала в глобальном масштабе. В последнее десятилетие ситуация стала меняться: было выполнено множество работ по разработке алгоритмов обнаружения сгоревших площадей и их картированию на базе данных дистанционного зондирования низкого (около 1000 м) и среднего (250-500 м) пространственного разрешений. Сенсор MODIS подходит для задач мониторинга сгоревших площадей, поскольку он обладает отличными показателями временного разрешения [4].

Данные MODIS MCD 45 представляют собой грид 500 метрового разрешения, содержащий пописельную информацию о сгоревших площадях, начиная с 2000 г. [3]. Подготовкой GeoTIFF версии занимается Мэрилендский университет. Наиболее важная информация, которая хранится в файлах – дата пожара и оценка его точности. Файлы MODIS MCD 45 покрывают несколько субконтинентальных фрагментов (рис. 1). Территория бореального подпооя Европейской части России частично покрывается субконтинентальными фрагментами 8 и 15. Данные из этих фрагментов являются картографической основой данной работы. Также второй ее составляющей является векторизованная версия «Ландшафтной карты СССР», составленная Исаченко [1].

Для поставленной задачи в данной работе были использованы данные MODIS MCD 45 в формате в векторном формате. Предварительно данные были перепроектированы в подходящую проекцию. Далее была построена модель для удобства и продуктивности обработки данных. Модель включала в себя такие шаги как объединение данных, их пересечение, добавление новых полей, суммирование данных в таблице по годам и видовым группам ландшафтов. В результате был получен единый shape-файл, где каждый полигон с днем возгорания имеет поле год, видовую группу ландшафтов, в пределах которой произошел пожар и площадь данного очага возгорания.

Коньшина Екатерина Владимировна, аспирантка. E-mail: ekaterina-msu@mail.ru

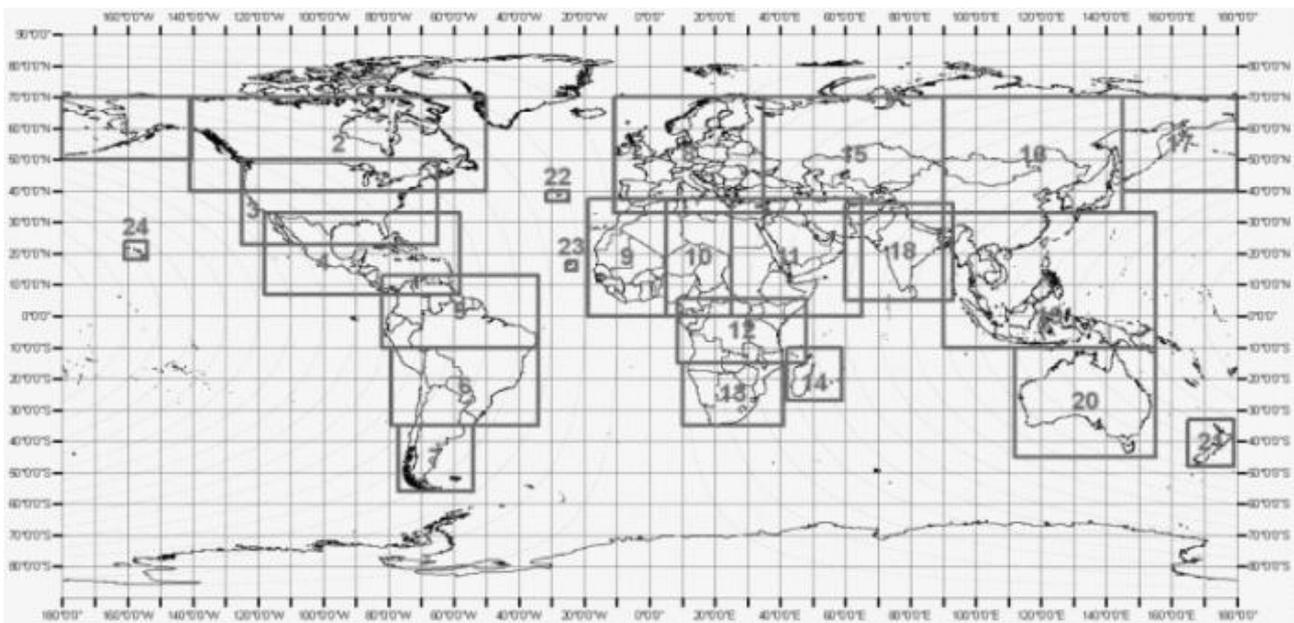


Рис. 1. Схема покрытия MCD45 в формате GeoTIFF [3] .

По проведенному пространственному анализу лесных пожаров по видовым группам ландшафтов наиболее уязвимыми являются низменные и возвышенные зандровые равнины и низменные древнеаллювиальные песчаные равнины, где за 14-летний период наблюдений среднегодовая площадь, пройденная пожарами, составила $93,42 \text{ км}^2$ и $75,46 \text{ км}^2$ соответственно (рис. 2). Также сильно страдают от пожаров возвышенные моренные и моренно-эрозионные равнины в области среднечетвертичного оледенения и низменные озерно-ледниковые глинистые и суглинистые равнины, где в среднем в год пожарами было затронуто $51,85 \text{ км}^2$ и $47,69 \text{ км}^2$ соответственно. Наименьшие значения среднегодовых площадей выгоревших территорий наблюдаются на возвышенных кряжах на дислоцированных палеозойских и протерозойских породах и низменных аккумулятивных морских равнинах. В этих видовых группах ландшафтов в среднем пожарами было пройдено менее $0,3 \text{ км}^2$ в год.

В 2000 г. больше всего от пожаров пострадали территории низменных и возвышенных зандровых равнин ($317,61 \text{ км}^2$). Немного меньше – около 293 км^2 – пожарами было пройдено на возвышенных моренных и моренно-эрозионных равнинах среднечетвертичного оледенения. На третьем и четвертом местах по площади выгоревших территорий находятся пологохолмистые моренные возвышенности в области среднечетвертичного оледенения ($166,61 \text{ км}^2$) и низменные озерно-ледниковые глинистые и суглинистые равнины ($123,18 \text{ км}^2$). Не было зафиксировано пожаров на возвышенных и низменных цокольных равнинах докембрийских щитов, возвышенных кряжах на дислоцированных палеозойских и протерозойских породах, низменных аккумулятивных морских

равнинах, возвышенных карстовых плато на палеозойских карбонатных и сульфатных породах.

2001 г. не был пожароопасным и наибольшие сгоревшие площади были зафиксированы на возвышенных эрозионных пластовых равнинах на пермских красноцветных и терригенно-карбонатных отложениях ($8,16 \text{ км}^2$). На возвышенных увалистых равнинах на палеозойских слабодислоцированных терригенных, карбонатных и местами гипсоносных отложениях площадь выгоревших территорий составила $2,01 \text{ км}^2$. На остальных видовых группах ландшафтов пожары не были зафиксированы, или их площадь составила менее 1 км^2 .

В 2002 г. наибольшая площадь выгоревших территорий составила $341,78 \text{ км}^2$ на низменных и возвышенных зандровых равнинах. На территории возвышенных моренных и моренно-эрозионных равнин в области среднечетвертичного оледенения пожарами было пройдено $264,35 \text{ км}^2$. На пологохолмистых моренных возвышенностях в области среднечетвертичного оледенения и низменных озерно-ледниковых песчаных равнинах от пожаров пострадало $163,53$ и $152,41 \text{ км}^2$ соответственно. На низменных цокольных равнинах докембрийских щитов и возвышенных кряжах на дислоцированных палеозойских и протерозойских породах пожаров зафиксировано не было.

В 2003 г. примерно в одинаковой степени пострадали от пожаров 3 видовых группы ландшафтов: низменные озерно-ледниковые песчаные равнины ($29,95 \text{ км}^2$); низменные моренные равнины в области верхнечетвертичного (валдайского) оледенения ($26,4 \text{ км}^2$); низменные озерно-ледниковые глинистые и суглинистые равнины ($25,93 \text{ км}^2$); возвышенные увалистые равнины на палеозойских слабодислоцированных терригенных, карбонатных и местами гипсоносных

отложениях (23,47 км²). Не было зарегистрировано возгораний на возвышенных кряжах на дислоцированных палеозойских и протерозойских поро-

дах; низменных аккумулятивных морских равнинах; низменных древнеаллювиальных песчаных равнинах.

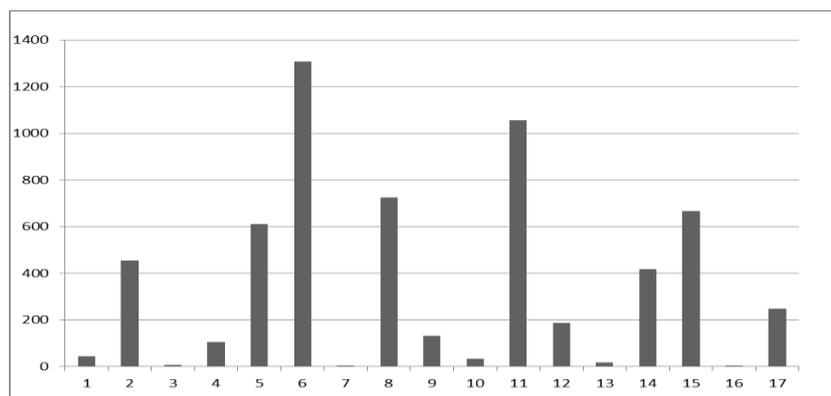


Рис. 2. Суммарные абсолютные площади выгоревших территорий по видовым группам ландшафтов:

1 – возвышенные цокольные равнины докембрийских щитов; 2 – пологохолмистые моренные возвышенности в области среднечетвертичного (московского) оледенения; 3 – пологохолмистые моренные возвышенности в области среднечетвертичного (московского) оледенения; 4 – холмисто-моренные возвышенности в области верхнечетвертичного (валдайского) оледенения; 5 – низменные озерно-ледниковые песчаные равнины; 6 – низменные и возвышенные зандровые равнины; 7 – возвышенные кряжи на дислоцированных палеозойских и протерозойских породах; 8 – возвышенные моренные и моренно-эрозионные равнины в области среднечетвертичного (московского) оледенения; 9 – низменные моренные равнины в области среднечетвертичного (московского) оледенения; 10 – возвышенные карстовые плато на палеозойских карбонатных и сульфатных породах; 11 – низменные древнеаллювиальные песчаные равнины; 12 – возвышенные эрозионные пластовые равнины на пермских красноцветных и терригенно-карбонатных отложениях; 13 – возвышенные моренные равнины в области верхнечетвертичного (валдайского) оледенения на известняковом пластовом основании; 14 – низменные моренные равнины в области верхнечетвертичного (валдайского) оледенения; 15 – низменные озерно-ледниковые глинистые и суглинистые равнины; 16 – низменные аккумулятивные морские равнины; 17 – возвышенные увалистые равнины на палеозойских слабодислоцированных терригенных, карбонатных и местами гипсоносных отложениях

В 2004 г. наиболее уязвимыми для пожаров оказались низменные озерно-ледниковые равнины, где площадь выгоревших территорий составила 162,38 км², что составляет около 48% суммарной площади выгоревших территорий. Также значительные сгоревшие площади наблюдаются на низменных моренных равнинах в области верхнечетвертичного (валдайского) оледенения (57,94 км²). Примерно одинаковые площади (около 17 км²) были пройдены пожарами на территориях возвышенных эрозионных пластовых равнин на пермских красноцветных и терригенно-карбонатных отложениях; возвышенных моренных и моренно-эрозионных равнинах в области среднечетвертичного (московского) оледенения; пологохолмистых моренных возвышенностей в области среднечетвертичного (московского) оледенения. От пожаров не пострадали возвышенные кряжи на дислоцированных палеозойских и протерозойских породах; низменные аккумулятивные морские равнины; низменные цокольные равнины докембрийских щитов.

В 2005 г. наибольшие площади выгоревших территорий наблюдались на возвышенных увалистых равнинах на палеозойских слабодислоцированных терригенных, карбонатных и местами гипсоносных отложениях (47,43 км²). На втором месте

по этому показателю возвышенные эрозионные пластовые равнины на пермских красноцветных и терригенно-карбонатных отложениях, где пожарами было пройдено 13,61 км². На долю этих двух групп ландшафтов приходится более 63% суммарной сгоревшей площади. Не пострадали от пожаров возвышенные кряжи на дислоцированных палеозойских и протерозойских породах; возвышенные моренные равнины в области верхнечетвертичного (валдайского) оледенения на известняковом пластовом основании; низменные озерно-ледниковые глинистые и суглинистые равнины.

В 2006 г., который явился довольно пожароопасным, наибольшие площади выгоревших территорий наблюдались на низменных озерно-ледниковых равнинах (суглинистых и песчаных, где пожарами было пройдено 256,75 км² и 164,5 км² соответственно). Также пострадали от пожаров значительные площади низменных моренных равнин в области верхнечетвертичного (валдайского) оледенения (133,26 км²) и низменных и возвышенных зандровых равнин (95,58 км²). Возвышенные кряжи на дислоцированных палеозойских и протерозойских породах; возвышенные моренные равнины в области верхнечетвертичного (валдайского) оледенения на известняковом пластовом основании; низменные цокольные

равнины докембрийских щитов и низменные аккумулятивные морские равнины от пожаров не пострадали в 2006 году.

В 2007 г. примерно одинаковые площади выгоревших территорий были зафиксированы на низменных и возвышенных зандровых равнинах и низменных озерно-ледниковых равнинах (51,01 км² и 47,17 км² соответственно). На третьем месте по этому показателю низменные древнеаллювиальные песчаные равнины (38,3 км²). На долю этих трех видовых групп ландшафтов приходится более половины суммарной площади выгоревших территорий. Не пострадали от пожаров возвышенные кряжи на дислоцированных палеозойских и протерозойских породах; возвышенные моренные равнины в области верхнечетвертичного (валдайского) оледенения на известняковом пластовом основании и низменные цокольные равнины докембрийских щитов.

2008 г. оказался наиболее пожароопасным для возвышенных увалистых равнин на палеозойских слабодислоцированных терригенных, карбонатных и местами гипсоносных отложениях, где пожарами было пройдено 51,5 км². На низменных озерно-ледниковых равнинах (суглинистых, глинистых и песчаных) площадь выгоревших территорий составила 57,44 км². На долю этих трех видовых групп ландшафтов приходится более 73% суммарной площади. На возвышенных кряжах на дислоцированных палеозойских и протерозойских породах; возвышенных моренных равнинах в области верхнечетвертичного (валдайского) оледенения на известняковом пластовом основании; низменных и возвышенных цокольных равнинах докембрийских щитов пожаров зафиксировано не было.

2009 г. не был пожароопасным. Максимальная площадь выгоревших территорий составила 26,1 км² на пологохолмистых моренных возвышенностях в области среднечетвертичного (московского) оледенения. На долю этой группы ландшафтов приходится почти $\frac{3}{4}$ суммарной площади. На низменных озерно-ледниковых песчаных равнинах от пожаров пострадало почти 5 км². На остальных территориях площади возгораний были менее 3 км² или пожары не были зафиксированы.

В 2010 г. наибольшие площади выгоревших территорий зафиксированы на низменных древнеаллювиальных песчаных равнинах (870 км²). На низменных и возвышенных зандровых равнинах от пожаров пострадало в 2 раза меньшая площадь (445,72 км²). Причем на долю этих двух видовых групп ландшафтов приходится около 90% суммарной сгоревшей площади. Также, в значительной степени от пожаров пострадали возвышенные эрозионные пластовые равнины на пермских красных и терригенно-карбонатных отложениях. На возвышенных увалистых равнинах на палеозойских слабодислоцированных терригенных,

карбонатных и местами гипсоносных отложениях и низменных озерно-ледниковых песчаных равнинах пожарами было пройдено 16,75 км² и 15,72 км² соответственно. Не зафиксировано пожаров на возвышенных моренных равнинах области верхнечетвертичного оледенения на известняковом пластовом основании; низменных аккумулятивных морских равнинах и холмисто-моренных возвышенностях в области валдайского оледенения.



Рис. 3. Отклонение сгоревших площадей в 2010 г. от среднего значения (2000-2013 гг.)

В целом на пожары 2010 г. приходится почти четверть суммарной площади выгоревших территорий за 14-летний период наблюдений. На рис. 3 показано соотношение средних сгоревших площадей за 14-летний период наблюдений и площадей, пройденных пожарами в 2010 г.

Положительная аномалия выделяется явно в древнеаллювиальных и зандровых равнинах. Наибольшие отрицательные аномалии (значения сильно ниже среднего) были зафиксированы на моренных возвышенностях (2), моренных и моренно-эрозионных равнин (8) и низменных озерно-ледниковых равнин (15). По остальным видовым группам ландшафтов пожароопасность в 2010 году сопоставима с общими средними показателями.

В 2011 г. наибольшие площади выгоревших территорий были зафиксированы на возвышенных моренных и моренно-эрозионных равнинах в области московского оледенения (33,94 км²). Также значительным образом от пожаров пострадали низменные озерно-ледниковые песчаные равнины (20,94 км²) и зандровые равнины (18,83 км²). На 50% видовых групп ландшафтов пожары не были зафиксированы или их площадь составила менее 5 км².

2012 г. был неопасен с точки зрения пожаров. На 12 из 17 видовых групп ландшафтов не было зафиксировано пожаров, или площадь возгораний составила менее 1 км². Наибольшие площади выгоревших территорий составили 17,19 км² и 12,1 км² на возвышенных увалистых равнинах на палеозойских слабодислоцированных терригенных, карбонатных и местами гипсоносных отложениях и на возвышенных эрозионных пластовых равнинах

на пермских красноцветных и терригенно-карбонатных отложениях соответственно.

В 2013 г. наибольшая площадь выгоревших территорий была выявлена на возвышенных цокольных равнина докембрийских щитов и составила 31,57 км². Далее по этому показателю следуют возвышенные увалистые равнины на палеозойских слабодислоцированных терригенных, карбонатных и местами гипсоносных отложениях и пологохолмистые моренные возвышенности в области среднечетвертичного (московского) оледенения, где пожарами было пройдено 8,61 км² и 6,64 км² соответственно. На низменных аккумулятивных морских равнинах и возвышенных кряжах на дислоцированных палеозойских и протерозойских породах возгораний не было.

Лесные пожары являются важным фактором функционирования и динамики бореальных экосистем. В последнее время пожары приобретают большую актуальность. Так, летом 2010 года пожары нанесли большой экологический и экономический урон многим территориям Европейской части России. Пространственно-временной анализ очагов возгорания и распространения пожаров позволяет понять особенности пирологических

режимов территории, что помогает в процессе мониторинга, предсказания и раннего обнаружения пожаров. По данным о сгоревших площадях MODIS MCD 45 наиболее уязвимыми для пожаров являются зандровые равнины, древнеаллювиальные озерно-аллювиальные и озерные глинистые и суглинистые равнины. На долю этих видовых групп ландшафтов приходится почти половина суммарной площади выгоревших территорий. Меньше всего затронутыми пожарами по итогам пространственно-временного анализа являются цокольные равнины докембрийских щитов и кряжи на дислоцированных породах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Исаченко, А.Г. Ландшафты СССР. – Л., ЛГУ, 1985, 320 с.
2. Фуряев, В.В. Роль пожаров в процессе лесообразования. – Новосибирск: Наука, 1996, 252 с.
3. Boschetti, L. MODIS Collection 5 Burned Area Product / L. Boschetti, D. Roy, A.A. Hoffmann. – MCD45, User Guide 2.0. 2009, 30 p.
4. Rücker, G. Eleven Years of MODIS Burned Area: A GIS Analysis for the Territory of the United Republic of Tanzania, Project report / G. Rücker, J. Tiemann // Zebris GIS and Consulting, 2012. 54 p.

FEATURES OF DISTRIBUTION THE FOREST FIRES ON RELIEF GROUPS OF FOREST LANDSCAPES IN EUROPEAN PART OF RUSSIA

© 2015 E.V. Konshina

Moscow State University named after M.V. Lomonosov

Information on burned areas is very useful data for retrospective estimation of the role of forest fires. One of the sources for this information is data obtained from the sensor MODIS. Based on the MODIS MCD 45 data the spatial and temporal analysis of forest fires and burned areas was conducted. The tendency of distribution of forest fires across the boreal zone of European part of Russia was analyzed. The calculation of burned areas across groups of landscapes by relief type was performed.

Key words: *taiga, forest fires, MODIS MCD 45*