

УДК 504.064.37.

## ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МОНИТОРИНГЕ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

Е.И. ГОЛУБЕВА, С.Н. ЖАРИНОВ

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА

В статье рассматривается применение дистанционных методов в мониторинге лесных пожаров.

**Ключевые слова:** мониторинг лесных пожаров, дистанционные методы.

Негативным явлением, оказывающим воздействие на окружающую среду и хозяйственную деятельность человека, являются лесные пожары. Лесной пожар – неконтролируемое горение, приводящее к жертвам и материальным потерям, распространяющееся по лесной площади [4].

На территории лесного фонда России ежегодно регистрируется от 20 до 40 тыс. лесных пожаров, охватывающих площади от 0,5 до 2,5 млн га (рис. 1).

Без учета погибших лесов в недоступных и неосвоенных участках за период с 1992 по 2012 год всего в лесах России погибло около 8 млн га лесных насаждений (рис. 2). Из этой площади 70% погибло от пожаров, 14% – от воздействия неблагоприятных погодных условий, 13% – от повреждения вредными насекомыми и лишь 3% пришлось на весь комплекс прочих факторов (болезни, повреждения дикими животными, антропогенные факторы). Следовательно, доминирующим фактором, который обуславливает гибель лесных насаждений на территории России, являются пожары.

Примечательным остается тот факт, что средняя площадь лесного пожара, зарегистрированного на территории России, в период с 2007 по 2012 год составила 79 га, что почти вдвое больше за аналогичный период с 2001 по 2006 год (42 га). Вероятно, причиной такого развития ситуации послужило реформирование российского лесного хозяйства 2007 года, в результате которого наземная охрана, которая осуществляла функции мониторинга пожарной опасности в лесах, отсутствует, а авиационный мониторинг децентрализован.

## INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN FOREST FIRE MONITORING

E.I. GOLUBEVA, S.N. ZHARINOV

The summary The article discusses the use of remote sensing methods for monitoring forest fires.

**KEYWORDS:** monitoring forest fires, remote sensing methods.

Охрана лесов от пожаров включает выполнение мер пожарной безопасности, в которую входит мониторинг [3]. При этом согласно п. 2 ст. 53.2. Лесного Кодекса Российской Федерации мониторинг пожарной опасности в лесах и лесных пожаров включает организацию системы обнаружения и учета лесных пожаров, системы наблюдения за их развитием с использованием наземных, авиационных или космических средств. Мониторинг лесных пожаров на территории Российской Федерации является трудно решаемой задачей. Основные сложности в ее решении связаны с большими масштабами контролируемых территорий. Очевидно, чтобы получить полную оперативную, а главное однородную и объективную информацию о лесных пожарах и их последствиях в таких условиях сегодня можно только с помощью дистанционных методов. В России с конца восьмидесятых годов прошлого столетия велись работы по разработке методов и систем дистанционного мониторинга лесных пожаров. В девяностые годы XX века были созданы несколько региональных систем дистанционного мониторинга пожаров. Однако только в начале этого столетия были созданы системы, позволяющие централизованно получать информацию о лесных пожарах при помощи дистанционных методов.

В связи с этим важным представляется использование дистанционных методов для мониторинга лесных пожаров, поскольку процесс не требует привлечения большого количества персонала и характеризуется развитием инновационных технологий, что соответствует концепции развития лесного хозяйства.

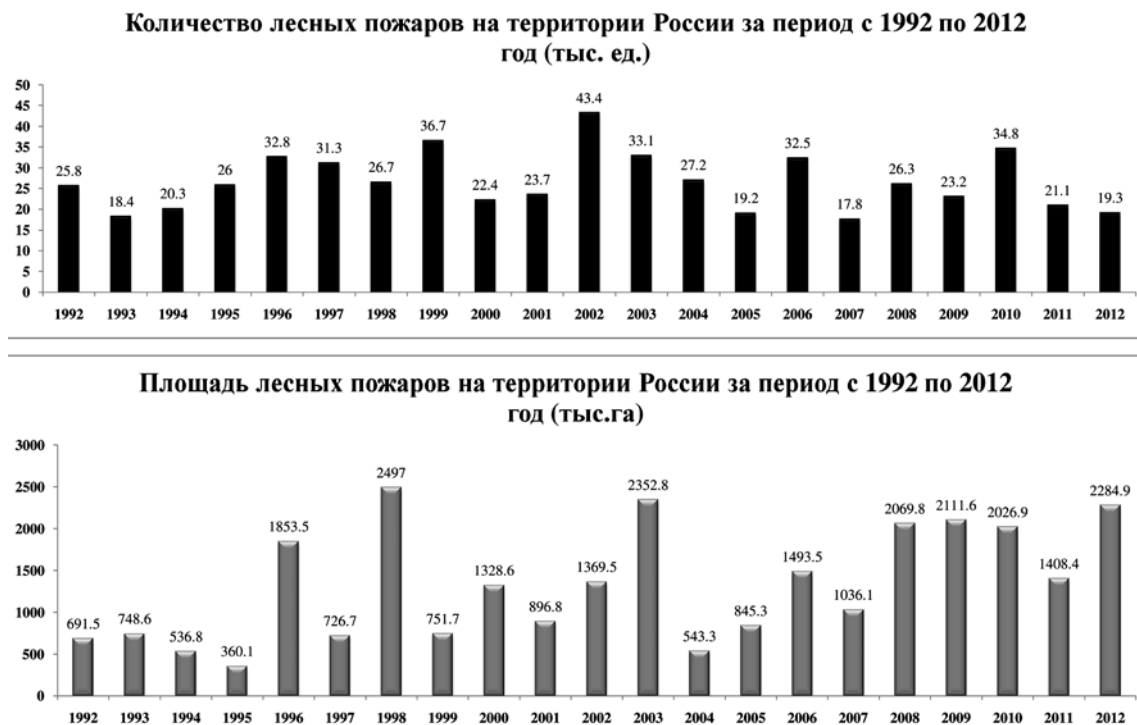


Рис. 1.

Динамика количества и площади лесных пожаров на территории России (составлено авторами по материалам [6])

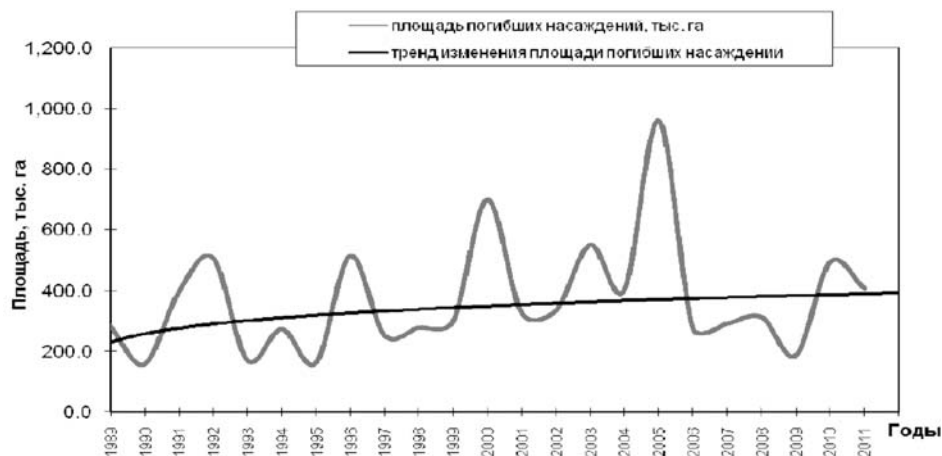


Рис. 2.

Динамика гибели лесных насаждений на территории России [1]

В соответствии с приказом Рослесхоза от 09.07.2009 № 290 «О распределении земель лесного фонда по способам мониторинга пожарной опасности и зонам осуществления авиационных работ по охране лесов» наземный мониторинг выполняется на 8% территории земель лесного фонда, авиационный – на 44%, комический – на 48% (рис. 3).

Эффективное проведение мониторинга пожарной опасности в лесах позволяет выявлять очаги пожаров

на ранней стадии. Своевременное, то есть в кратчайший срок после возникновения, обнаружение лесного пожара дает возможность приступить к его тушению в начале развития, что упрощает задачу и значительно снижает затраты и убытки [8].

Развитие спутниковых технологий дистанционного зондирования Земли, в первую очередь хорошо калиброванных и устойчиво работающих приборов наблюдения, позволило начать создание методов об-

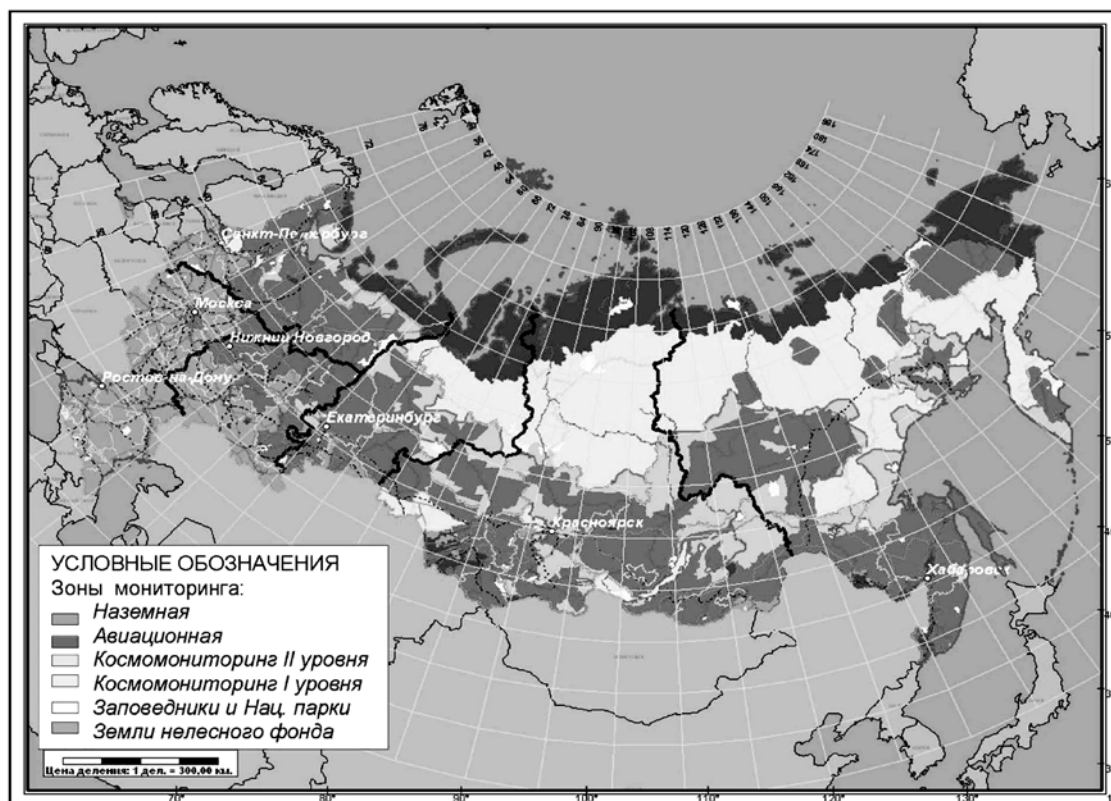


Рис. 3.

Зоны мониторинга пожарной опасности в лесах Российской Федерации [5]

работки данных, позволяющих проводить постоянные наблюдения различных явлений на больших территориях. Так, например, запуски спутников TERRA и AQUA с прибором MODIS позволили создать достаточно устойчивый автоматизированный алгоритм детектирования тепловых аномалий MOD14 [10], большинство из которых связано с активно действующими природными пожарами. Данный алгоритм, дополненный процедурами фильтрации «устойчивых огней» и максимально автоматизированной интерактивной коррекции данных (добавление пропущенных тепловых аномалий), лег в основу ряда крупных российских систем дистанционного мониторинга природных пожаров. В настоящее время он используется в информационной системе дистанционного мониторинга лесных пожаров Федерального агентства лесного хозяйства (ИСДМ-Рослесхоз), системе спутникового мониторинга Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу и спутниковом сервисе Вега.

На сегодняшний день существуют две государственные параллельные системы космического мониторинга лесных пожаров, базирующиеся на приеме информации с зарубежных спутников, – «Каскад» и «ИСДМ-Рослесхоз». Так же в сети Интернет в свободном доступе находятся следующие системы

для оперативного наблюдения действующих «горячих точек» от природных пожаров: русскоязычные «Космоснимки 01» (<http://fires.kosmosnimki.ru/>), «ООПТ-Космоснимки» (<http://oopt.kosmosnimki.ru/>); англоязычные – FIRMS, Fire Information for Resource Management System – Пожарная информационная система для целей управления природными ресурсами (<http://firefly.geog.umd.edu/firms>), MODIS-RRS, MODIS Rapid Response System – Система быстрого реагирования по данным MODIS (<http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/realtime>). Все эти системы позволяют оперативно получать информацию о температурных аномалиях («горячих точках») по всей территории России.

В целях централизованного обнаружения лесных пожаров Федеральным агентством лесного хозяйства организован космический мониторинг, который осуществляется с применением информационной системы дистанционного мониторинга (ИСДМ-Рослесхоз), в которой для обнаружения лесных пожаров и определения их площади используются оперативные данные метеоспутников серии NOAA (прибор AVHRR) и научных аппаратов TERRA, AQUA (прибор MODIS). Данные с этих спутников, в виде снимков, а также в виде обработанных данных поступают на сервера ИСДМ-Рослесхоз. Данные прибора AVHRR по

одной и той же территории принимаются 4 раза в сутки, прибора MODIS – 2 раза в сутки. Детектирование пожаров осуществляется автоматически. Проводится анализ каждого спутникового изображения в инфракрасных диапазонах по специальным алгоритмам. В результате выделяются пиксели (участки) изображения, в которых определяется высокая температура на поверхности Земли. Эти пиксели называются «горячими точками». Специфика обнаружения «горячих точек» по данным со спутников заключается в том, что пространственное разрешение (размер пиксела) спутникового снимка составляет приблизительно  $1 \times 1$  км. Несмотря на это, спутниковые приборы (MODIS, AVHRR) и алгоритмы обработки данных позволяют обнаружить области горения, значительно меньшие по площади [5].

Для получения информации о площадях, пройденных лесными пожарами, разработана специальная технология, которая обеспечивает: 1) объединение «горячих точек» в пожары; 2) отслеживание их временной динамики; 3) анализ типов площадей, на которых развивались пожары (выделение лесной и нелесной площади); 4) оценку как площадей, пройденных отдельными пожарами, так и суммарных площадей, пройденных огнем, в различных регионах и в целом по России.

Чтобы дать оценку данным о пройденной огнем площади, полученных при помощи ИСДМ-Рослесхоз [2], проведено их сравнение с данными наземных служб (рис. 4). В выборке использованы данные о площадях лесных пожаров на покрытой лесом территориях за период с 2009 по 2012 год.

Статистические данные о площадях лесных пожаров и космического мониторинга, проведенного при помощи ИСДМ-Рослесхоз, различаются в 3 и более раз в 2011 и 2012 годах, существенно меньшие различия в показателях наблюдаются в 2009 и 2010 годах, что вызвано двумя причинами:

- 1) в официальную статистику не включаются данные о пожарах, произошедших в зоне космического мониторинга;
- 2) погрешность измерений проведенных дистанционным методом.

Согласно п.4 ст.53.2. Лесного кодекса Российской Федерации порядок осуществления мониторинга пожарной опасности в лесах и лесных пожаров, состав и форма представления данных о пожарной опасности в лесах и лесных пожарах устанавливаются уполномоченным федеральным органом исполнительной власти. До настоящего времени порядок не установлен, поэтому в официальной статистике используются только сведения о лесных пожарах, предоставленных органами государственной власти субъектов Российской Федерации в области лесных отношений. А это значит, что лесные пожары в зоне космического мониторинга, тушение которых не осуществлялось, в пре-

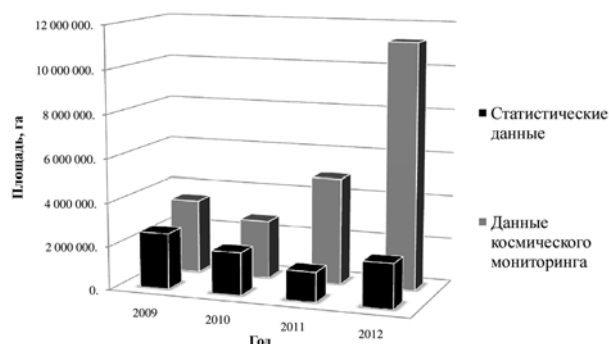


РИС. 4.

Динамика площади пожаров с 2009 по 2012 год (составлено авторами по данным [2], [7])

доставляемой информации отсутствуют. Проведение мониторинга на данных территориях позволяют объективно оценивать масштабы лесных пожаров, экологический и экономический ущерб от них. Здесь важную роль играет точность измерений. Основные недостатки применяемых методов оценки площади пожаров на основе результатов детектирования действующих очагов горения [9] связаны с влиянием комбинации таких факторов, как:

- наличие пропусков в спутниковых наблюдениях действующих пожаров маскирующего влияния облачного покрова и дыма;
- недостаточная высокая периодичность спутниковых наблюдений;
- высокая пространственно-временная неоднородность скорости распространения огня, вызванная, в частности, различиями типов и состояния горючих материалов, метеорологических условий, суточной динамики температуры очагов горения;
- относительно низкое пространственное разрешение спутниковых приборов, используемых для детектирования действующих пожаров.

Использование информации прибора MODIS сопровождается затруднением не только с выявлением пожаров малой площади в связи низким разрешением используемых снимков, но и разделением обнаруженных пожаров на лесные и нелесные, особенно в условиях сильно фрагментированных ландшафтов.

Поэтому для пожаров малой площади (до нескольких десятков гектаров) системы дистанционного мониторинга пожаров, основанные на снимках MODIS, дают неточную информацию о площади и разделении пожаров на лесные и нелесные. Часто малые лесные пожары не выявляются, а нелесные пожары на прилегающих к лесу землях зачастую ошибочно принимаются за лесные пожары. Следовательно, использовать космический мониторинг для контроля за лесными пожарами малой площади на данном этапе развития технологий невозможно. Но пожары малой площади

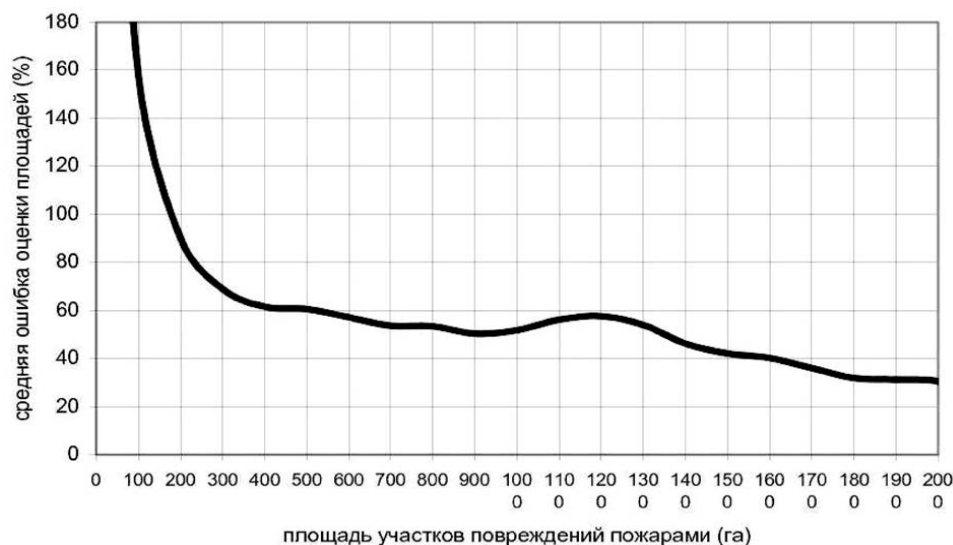


Рис. 5.

Зависимость средней относительной ошибки оценки площадей повреждений по данным MODIS от размеров участков [5]

дают относительно небольшой вклад в общую площадь пожаров в масштабах страны, и в масштабах сильно горящих регионов.

Важно отметить, что использовать спутниковую информацию для мониторинга крупных пожаров (площадью от нескольких тысяч гектаров) можно с очень большой точностью. Относительные ошибки определения площади (рис. 5) здесь относительно невелики, и резко уменьшаются с увеличением площади пожаров [5].

Дистанционный мониторинг крупных лесных пожаров дает хорошие результаты и позволяет достоверно оценивать пожарную опасность в лесах. Дистанционный оперативный мониторинг малых пожаров дает гораздо худшие результаты, и не позволяет достоверно оценить расхождения. Но за счет того, что основной вклад в общую площадь дают крупные пожары, данные космического мониторинга в целом о лесных площадях, пройденных огнем можно считать достоверными.

Основной вклад в покрытые лесом площади, пройденные пожарами, по данным ведомственной статистики «вносят» Сибирский и Дальневосточный федеральные округа. Он составляет 97% от всех площадей лесных пожаров на территории субъектов Российской Федерации, что составляет около 800 тыс. га ежегодно. Надо отметить, что по данным космического мониторинга выявляется около 2,5 млн га таких площадей, что в 3 раза больше.

Важная особенность применяемых инновационных технологий в мониторинге лесных пожаров – это обнаружение очагов горения в самом начале их развития, то есть на минимальных площадях. Поэтому

наряду с космическим мониторингом, данная задача в России решается с помощью системы видеомониторинга и беспилотных летательных аппаратов. Поскольку мониторинг пожарной опасности в лесах относится к полномочиям органов исполнительной власти в сфере лесных отношений, а порядок его проведения не установлен, обнаружение лесных пожаров осуществляется субъектами с применением средств, предусмотренных действующей классификацией зон мониторинга. Ведомственной централизованной системой мониторинга пожарной опасности является только «ИСДМ-Рослесхоз». Система видеомониторинга применяется в 20 субъектах Российской Федерации и представляет сеть видеокамер, установленных на вышках сотовой связи, управляемых при помощи специального программного обеспечения компьютера, имеющего выход в интернет. Такая система, применяемая в Тверской области, обеспечивает обнаружение лесных пожаров на площади 1.1 га, в то время как средняя площадь обнаружения на данной территории составляет 2.1 га. В Тверской области система видеомониторинга введена в опытную эксплуатацию в 2010 году, постоянно развивается и в 2013 году 40% территории области уже охвачено сетью видеокамер. Отмечается так же высокая способность обнаружения лесных пожаров на малых площадях беспилотными летательными аппаратами. Основное их ограничение связано с тем, что они способны провести в воздухе не более двух часов, на максимальном удалении от оператора – 20 км в режиме реального времени.

Проведенное исследование показало, что дистанционные методы космического мониторинга на данном этапе развития инновационных технологий

позволяют в целом по России оценить последствия лесных пожаров. Однако остается ряд нерешенных задач:

- 1) определение порядка осуществления мониторинга пожарной опасности в лесах и лесных пожарах;
- 2) определение состава и формы представления данных о пожарной опасности в лесах и лесных пожарах;
- 3) законодательное закрепление порядка проведения мониторинга с целью получения единых данных о лесных пожарах.

Мероприятие необходимо выполнить с учетом развития инновационных технологий ИСДМ-Рослесхоз.

Для определения малых лесных пожаров следует повысить частоту получения дистанционной информации высокого пространственного разрешения.

Картографирование территорий, на которых расположены леса при помощи снимков сверхвысокого разрешения с дальнейшей интеграцией в систему мониторинга, позволят в значительной степени повысить принадлежность природных пожаров по их территориальному признаку.

Проведение такого комплекса мероприятий обеспечит устойчивое управление лесами в сфере охраны лесов от пожаров, направленных на снижение экологического и экономического ущерба от лесных пожаров, отраженных в законодательных и административных решениях.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ежегодный доклад о состоянии и использовании лесов Российской Федерации за 2011 год.// [Электронный ресурс] <http://www.rosleshoz.gov.ru/docs/other/77> (дата обращения 02.05.2013).
2. Информационная система дистанционного мониторинга Федерального агентства лесного хозяйства (ИСДМ-Рослесхоз). [Электронный ресурс]: <http://www.pushkino.aviales.ru/rus/main.sht> (дата обращения 03.03.2013).
3. Лесной Кодекс Российской Федерации от 4 декабря 2006 г № 200 – ФЗ / Система КонсультантПлюс.
4. Межгосударственный стандарт. Охрана природы. Охрана и защита лесов. Термины и определения. ГОСТ 17.6.1.01–83. [Электронный ресурс]: <http://www.docload.ru/Basesdoc/4/4734/index.htm> (дата обращения 23.04.2013).
5. Применение информационной системы дистанционного мониторинга «ИСДМ-Рослесхоз» для определения пожарной опасности в лесах Российской Федерации: Учебное пособие. Пушкино (МО): ФГУ «Авиалесоохрана», 2009–2011. 273 с.
6. Статистические данные о количестве и площади лесных пожаров// [Электронный ресурс] [http://www.gks.ru/free\\_doc/new\\_site/business/sx/les2.htm](http://www.gks.ru/free_doc/new_site/business/sx/les2.htm) (дата обращения 05.05.2013).
7. Фондовые материалы Министерства лесного хозяйства Тверской области: Книги учетов лесных пожаров на территории Тверской области с 2007 по 2011 год Министерства лесного хозяйства Тверской области (электронный ресурс).
8. ЩЕТИНСКИЙ Е.А. Организация охраны лесов и тушение лесных пожаров. Учебное пособие. Пушкино (МО): ФАУ ВИПКЛХ, 2010.
9. GIGLIO L. et al. Global estimation of burned area using MODIS active fire observations// Atmospheric Chemistry and Physics. 2006. Vol. 6. P. 957.
10. JUSTICE C.O., GIGLIO L., KORONTZI S., OWENS J., MORISSETTE J.T., ROY D., DESCLOITRES J., ALLEAUME S., PETITCOLIN F., KAUFMAN Y. The MODIS Fire Products. Remote Sensing of Environment, 2002. С. 244–262.

#### Голубева Елена Ильинична,

д.б.н., профессор кафедры рационального природопользования географического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова

☎ 119991, г. Москва, Ленинские горы,  
тел.: +7 (926) 225-50-11, e-mail: egolubeva@gmail.com

#### Жаринов Сергей Николаевич,

аспирант кафедры рационального природопользования географического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова

☎ 119991, г. Москва, Ленинские горы,  
тел.: +7 (920) 187-82-06, e-mail: serega313@rambler.ru