

Лесные пожары на территории России: особенности пожароопасного сезона 2019 г.

Е. А. Лупян¹, И. В. Балашов¹, С. А. Барталев¹, М. А. Бурцев¹,
В. В. Дмитриев², К. С. Сенько¹, Ю. С. Крашенинникова¹

¹ *Институт космических исследований РАН, Москва, 117997, Россия*
E-mail: evgeny@smis.iki.rssi.ru

² *Федеральное агентство лесного хозяйства, Москва, 115184, Россия*

По предварительным оценкам, полученным на конец октября 2019 г., площадь территорий, которые были пройдены пожарами в сезоне этого года, близка к 10 млн га. В работе отмечается, что до настоящего времени с начала регулярных однородных спутниковых наблюдений за лесными пожарами, которые фактически ведутся с 2000 г., ситуация, когда площади, покрытые лесом и пройденные лесными пожарами, приближались или превосходили 10 млн га, происходила только три раза (в 2003, 2012 и 2018 гг.). Обращается внимание, что в 2019 г. пожарами пройдено примерно столько же площадей покрытых лесом территорий, сколько и в 2018 г. Это первый случай с 2000 г., когда два года высокой горимости следуют один за другим. Отмечается, что за всё время постоянного наблюдения за лесными пожарами в XX в. (более 50 лет) таких случаев зафиксировано не было, что делает ситуацию 2019 г. достаточно уникальной. В работе приводятся первые результаты её анализа и сравнения с ситуацией 2018 г. В частности, представлена информация о динамике площадей пожаров на охраняемых (зоны авиационной и наземной охраны) и неохраемых (иные зоны) территориях, из которой видно, что в 2019 г. основной вклад в размер покрытых лесом площадей, пройденных лесными пожарами, внесли горения на неохраемых (труднодоступных) территориях. Продемонстрировано, что в пожароопасном сезоне 2019 г., в отличие от 2018 г., на охраняемых территориях в течение сезона площади, пройденные пожарами, достаточно долго держались ниже среднесезонного уровня и только к середине сезона достигли среднесезонных значений, но не превысили их. В работе также показано, что в последнее десятилетие произошло существенное увеличение числа точек возникновения пожаров на труднодоступных территориях.

Ключевые слова: спутники наблюдения Земли, информационные технологии, дистанционный мониторинг, лесные ресурсы, мониторинг лесных пожаров, площади, пройденные лесными пожарами в РФ

Одобрена к печати: 28.10.2019
DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-5-356-363

По данным Федерального агентства лесного хозяйства Российской Федерации, на конец 2018 г. в стране было более 770 млн га территорий, покрытых лесом. Естественно, что получение оперативной однородной информации о состоянии лесов на таких огромных территориях сегодня возможно только с использованием данных спутниковых наблюдений. При этом одной из важных задач, связанных с контролем состояния лесов, является получение информации о лесных пожарах и их последствиях. Её решению с использованием возможностей современных спутниковых систем посвящено значительное число работ (см., например, публикации (Барталев и др., 2016; Егоров и др., 2006; Флитман и др., 2011; Bartalev et al., 2013), результаты которых легли, в частности, в основу действующей на территории России с 2005 г. информационной системы дистанционного мониторинга лесных пожаров Федерального агентства лесного хозяйства (ИСДМ-Рослесхоз) (Беляев и др., 2005; Лупян и др., 2015б). Одной из функций этой системы является получение оперативных оценок площадей, пройденных лесными пожарами, на основе наблюдения зон горения. Показано (Сыщенко и др., 2016), что такой подход позволяет получать достаточно точные оперативные оценки площадей, пройденных лесными пожарами, как на уровне всей страны, так и в отдельных регионах. Погрешность данных оценок, когда общая площадь пожаров на анализируемой терри-

тории превышает 1 млн га, составляет менее 5 %. Это позволяет использовать их для решения различных научных и прикладных задач. В настоящей работе, опираясь на такие оценки, мы проанализируем некоторые особенности пожароопасного сезона 2019 г.

По предварительным оценкам, полученным на конец октября 2019 г., площадь территорий, которые были пройдены пожарами в сезоне этого года, близка к 10 млн га. Отметим, что до настоящего времени с начала регулярных однородных спутниковых наблюдений за лесными пожарами, которые фактически ведутся с 2000 г., ситуация, когда площади, покрытые лесом и пройденные лесными пожарами, приближались или превосходили 10 млн га, случалась только три раза: в 2003, 2012 и 2018 гг. (Лупян и др., 2017, 2018). То есть по площадям, пройденным огнём, 2019 г. относится к годам сильной горимости. Следует также обратить внимание, что в 2019 г. пожарами пройдено примерно столько же площадей покрытых лесом территорий, сколько и в 2018 г. (Лупян и др., 2018). Это первый случай с 2000 г., когда два года сильной горимости следуют один за другим. Отметим, что таких случаев не фиксировалось за все годы постоянного наблюдения за лесными пожарами в XX в. (более 50 лет) (Коровин, Исаев, 1998). Эта ситуация, на наш взгляд, является достаточно уникальной. В данной работе мы приведём некоторые первые результаты её анализа.

На *рис. 1* и *2* (см. с. 358) представлены распределения лесных пожаров по территории России в 2018 и 2019 гг. На них показаны пожары, которые были зарегистрированы на основе наблюдения активного горения в период с 15 мая по 25 ноября 2018 и 2019 гг. с помощью приборов MODIS (спутники Terra и Aqua) и VIIRS (спутники Suomi NPP и JPSS1). Распределение представлено на фоне карты зон охраны. Хорошо видно, что значительное число пожаров в сезонах 2018 и 2019 гг. фиксировалось на неохраняемых территориях (в основном в «зоне контроля»), т. е. там, где ведётся дистанционный мониторинг пожаров, но их тушение не проводится.

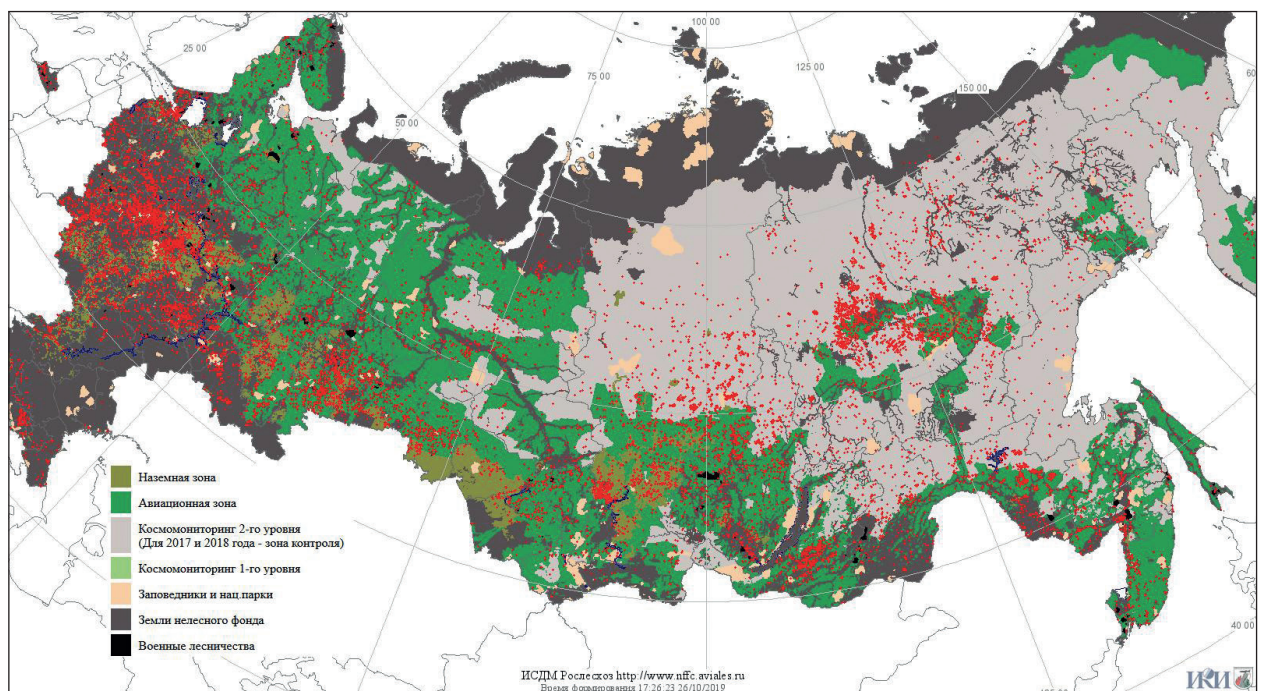


Рис. 1. Распределение лесных пожаров на территории России в 2018 г.

На *рис. 3* и *4* (см. с. 358) приведена информация о динамике площадей пожаров на охраняемых (зоны авиационной и наземной охраны) и неохраняемых (иные зоны) территориях. Из представленных графиков хорошо видно, что значительный (а в 2019 г. — основной) вклад в размер покрытых лесом площадей, пройденных лесными пожарами, внесли пожары

на неохранных (труднодоступных) территориях. Одной из причин этого, по мнению авторов, может являться тот факт, что в последние годы достаточно сильно изменилась ситуация с наличием источников пожаров на труднодоступных территориях. Об этом, в частности, свидетельствуют данные, приведённые на *рис. 5* и *б*, о точках возникновения пожаров, зарегистрированных по спутниковым данным, полученным на основе анализа однородного ряда наблюдений прибора MODIS (спутники Terra и Aqua) за период с 2000 по 2019 г. Данные приведены на фоне зон различного уровня охраны лесов, действовавших в 2019 г. На рисунках хорошо видно, что в период 2010–2019 гг. наблюдается значительное увеличение точек возникновения пожаров на труднодоступных (неохранных) территориях по сравнению с 2000–2009 гг. С учётом того, что около 90 % лесных пожаров возникает от антропогенных факторов (Ушати́н, 2011), следует считать, что в последнее десятилетие существенно возросла антропогенная нагрузка этих территорий, т. е., видимо, заметно увеличилась их посещаемость. Это может потребовать пересмотра режима их охраны.

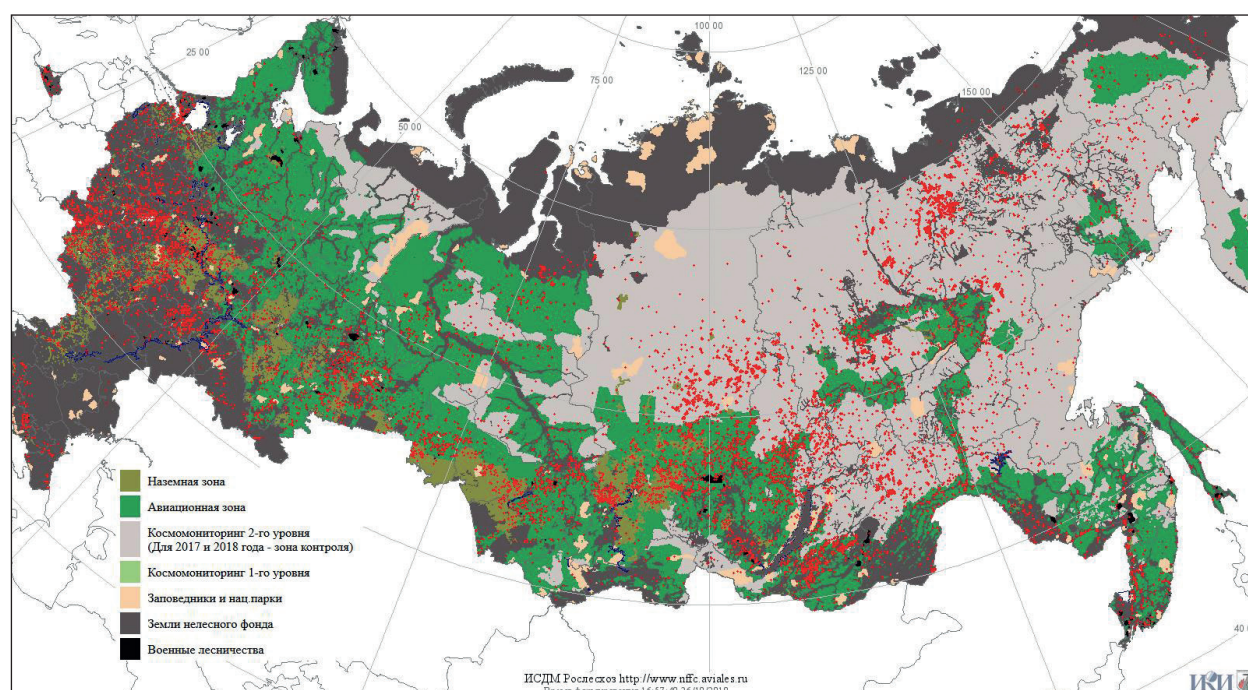


Рис. 2. Распределение лесных пожаров на территории России в 2019 г.

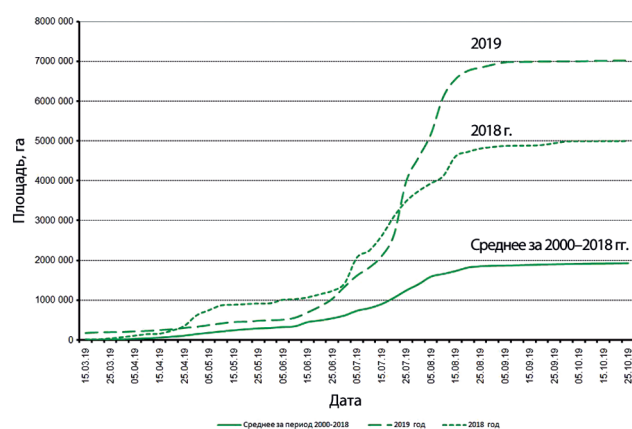


Рис. 3. Площадь земель, покрытых лесом, пройденная пожарами на неохранных территориях

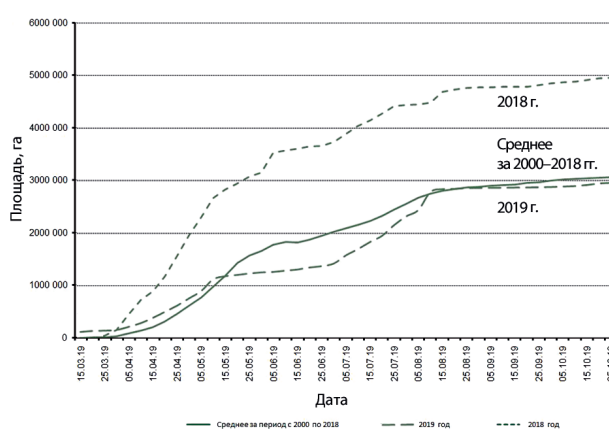


Рис. 4. Площадь земель, покрытых лесом, пройденная пожарами на охраняемых территориях

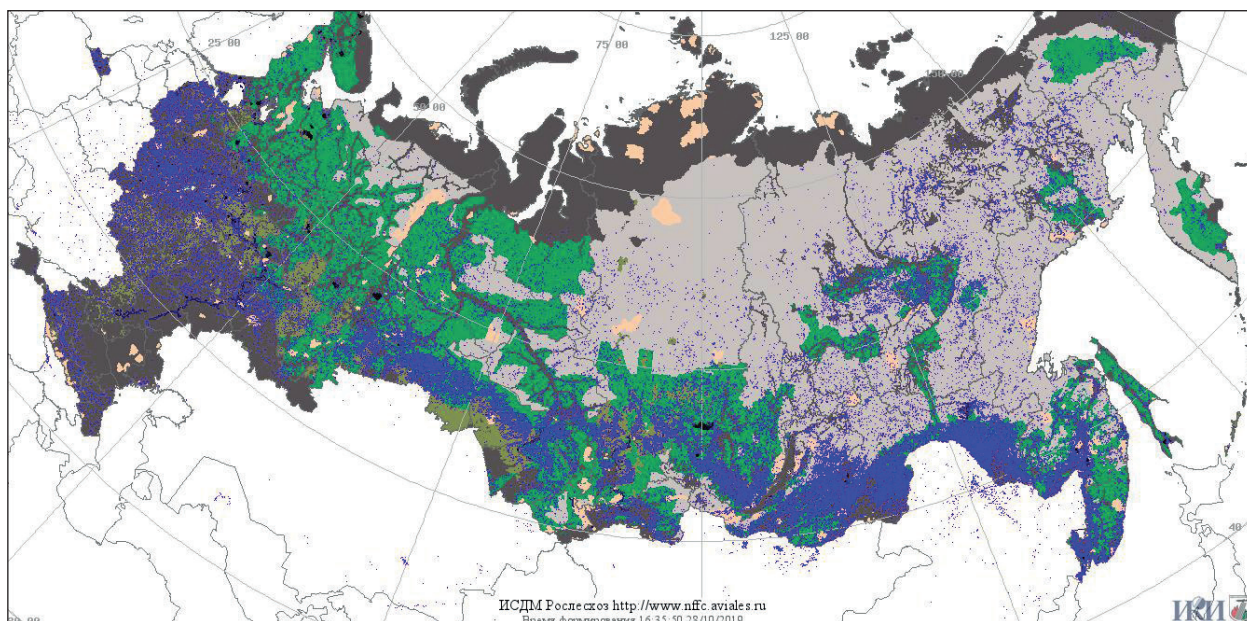


Рис. 5. Распределение точек возникновения пожаров в период 2000–2009 гг. (выделены синим цветом)

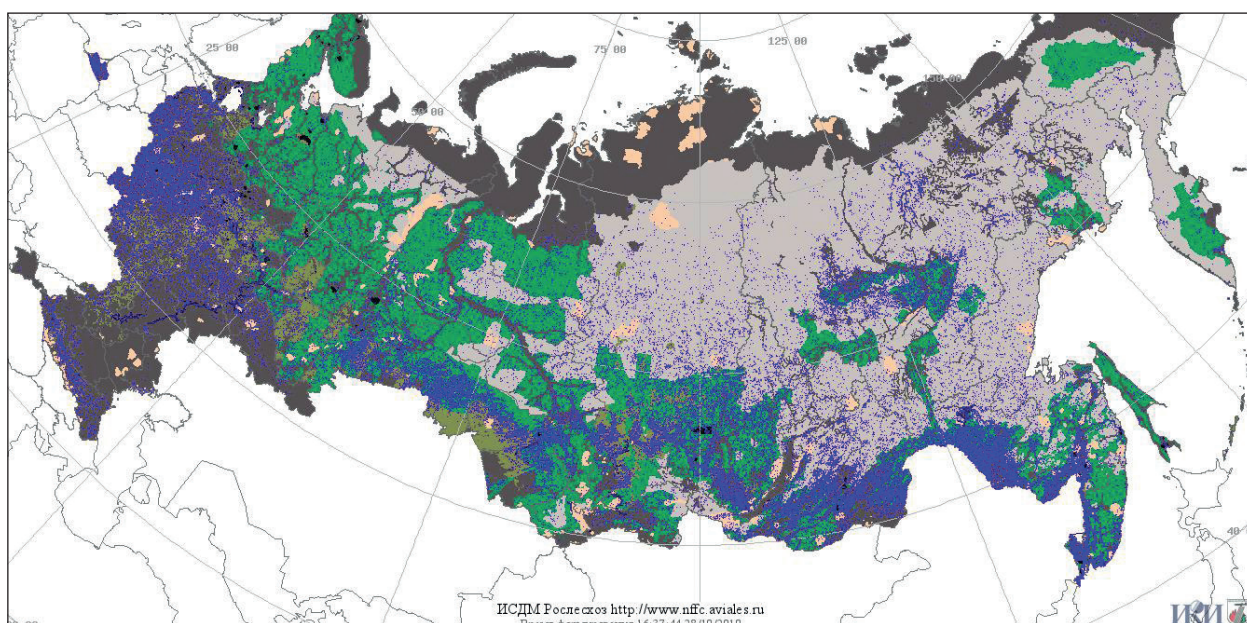


Рис. 6. Распределение точек возникновения пожаров в период 2010–2019 гг. (выделены синим цветом)

Возвращаясь к анализу ситуации в пожароопасном сезоне 2019 г., нельзя не отметить, что в отличие от 2018 г. на охраняемых территориях в течение сезона площади, пройденные пожарами, достаточно долго держались ниже среднееголетнего уровня (см. рис. 4) и только в середине сезона достигли среднееголетних значений, но не превысили их. Это отчасти может свидетельствовать о том, что действия по охране данных территорий от пожаров в 2019 г. были достаточно эффективными, поскольку в сходных с зонами контроля лесорастительных и погодных условиях удалось достичь не выходящих за среднееголетние значения площадей, пройденных огнём.

В целом ситуация с лесными пожарами 2018–2019 гг., по мнению авторов, требует дальнейшего детального анализа, направленного как на оценку изменений условий возникновения

и развития лесных пожаров, так и изменений ситуации посещаемости труднодоступных территорий. В целом решение данных задач должно обеспечить получение объективной информации для проведения районирования территорий по зонам их охраны от природных пожаров.

При этом особо следует отметить, что явное нарастание присутствия человека (в том числе, видимо, из-за активизации хозяйственной деятельности) в труднодоступных районах Сибири и Дальнего Востока требует применения более гибких и современных систем профилактики и мониторинга лесных пожаров. Одним из направлений предупреждения возникновения лесных пожаров может стать внедрение методов инвентаризации, учёта и регистрации фактов присутствия человека на труднодоступных территориях, в частности введения системы регистрации и обязательного контроля позиционирования групп, ведущих хозяйственную (в том числе геологоразведку) и туристическую деятельность на данных территориях. Также следует особое внимание уделить вопросам, связанным с выявлением и привлечением к ответственности лиц, виновных в возникновении пожаров, в том числе за счёт совершенствования методов дистанционного контроля точек возникновения пожаров. Следует рекомендовать разработку и внедрение в ИСДМ-Рослесхоз специализированного инструментария и методического обеспечения, ориентированного на решение данных задач.

Работа выполнена с использованием данных о площадях, пройденных лесными пожарами, которые предоставлены ИСДМ-Рослесхоз и Центром коллективного пользования (ЦКП) «ИКИ-Мониторинг» (Лупян и др., 2011, 2015а; 2019), поддерживаемым в рамках темы «Мониторинг» (госрегистрация № 01.20.0.2.00164). Для проведения анализа данных использовались инструменты, разработанные в рамках проекта Министерства науки и высшего образования Российской Федерации «Разработка технологий автоматизированной обработки спутниковых данных дистанционного зондирования Земли для создания и поддержки информационных сервисов мониторинга лесных ресурсов и охотничьих угодий России» с использованием ЦКП «ИКИ-Мониторинг». Уникальный идентификатор проекта RFMEFI57718X0294.

Литература

1. Барталев С. А., Егоров В. А., Жарко В. О., Лупян Е. А., Плотников Д. Е., Хвостиков С. А., Шабанов Н. В. Спутниковое картографирование растительного покрова России. М.: ИКИ РАН, 2016. 208 с.
2. Беляев А. И., Коровин Г. Н., Лупян Е. А. Использование спутниковых данных в системе дистанционного мониторинга лесных пожаров МПР РФ // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2005. Т. 2. № 1. С. 20–29.
3. Егоров В. А., Барталев С. А., Лупян Е. А., Уваров И. А. Мониторинг повреждений растительного покрова пожарами по данным спутниковых наблюдений // Изв. высших учеб. заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2006. № 2. С. 98–109.
4. Коровин Г. Н., Исаев А. С. Охрана лесов от пожаров как важнейший элемент национальной безопасности России // Лесной бюл. 1998. № 8–9. URL: <http://old.forest.ru/rus/bulletin/08-09/8.html>.
5. Лупян Е. А., Савин И. Ю., Барталев С. А., Толпин В. А., Балашов И. В., Плотников Д. Е. Спутниковый сервис мониторинга состояния растительности («ВЕГА») // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2011. Т. 8. № 1. С. 190–198.
6. Лупян Е. А., Прошин А. А., Бурцев М. А., Балашов И. В., Барталев С. А., Ефремов В. Ю., Кашицкий А. В., Мазуров А. А., Матвеев А. М., Суднева О. А., Сычуглов И. Г., Толпин В. А., Уваров И. А. (2015а) Центр коллективного пользования системами архивации, обработки и анализа спутниковых данных ИКИ РАН для решения задач изучения и мониторинга окружающей среды // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. Т. 12. № 5. С. 263–284.
7. Лупян Е. А., Барталев С. А., Ершов Д. В., Котельников Р. В., Балашов И. В., Бурцев М. А., Егоров В. А., Ефремов В. Ю., Жарко В. О., Ковганко К. А., Колбудаев П. А., Крашенинникова Ю. С., Прошин А. А., Мазуров А. А., Уваров И. А., Стыценко Ф. В., Сычуглов И. Г., Флитман Е. В., Хвостиков С. А., Шуляк П. П. (2015б) Организация работы со спутниковыми данными в информационной системе дистанционного мониторинга лесных пожаров Федерального агентства лесного хозяйства

- (ИСДМ-Рослесхоз) // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. Т. 2. № 5. С. 222–250.
8. Лупян Е. А., Барталев С. А., Балашов И. В., Егоров В. А., Ершов Д. В., Кобец Д. А., Сенько К. С., Стыценко Ф. В., Сычугов И. Г. Спутниковый мониторинг лесных пожаров в 21 веке на территории Российской Федерации (цифры и факты по данным детектирования активного горения) // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т. 14. № 6. С. 158–175. DOI: 10.21046/2070-7401-2017-14-6-158-175.
 9. Лупян Е. А., Балашов И. В., Барталев С. А., Бурцев М. А., Сенько К. С., Крашенинникова Ю. С. Особенности пожароопасного сезона 2018 года на территории России // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2018. Т. 15. № 5. С. 263–267. DOI: 10.21046/2070-7401-2018-15-5-263-267.
 10. Лупян Е. А., Прошин А. А., Бурцев М. А., Кашицкий А. В., Балашов И. В., Барталев С. А., Константинова А. М., Кобец Д. А., Мазуров А. А., Марченков В. В., Матвеев А. М., Радченко М. В., Сычугов И. Г., Толпин В. А., Уваров И. А. Опыт эксплуатации и развития центра коллективного пользования системами архивации, обработки и анализа спутниковых данных (ЦКП «ИКИ-Мониторинг») // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 3. С. 151–170. DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-3-151-170.
 11. Стыценко Ф. В., Барталев С. А., Иванова А. А., Лупян Е. А., Сычугов И. Г. Возможности оценки площадей лесных пожаров в регионах России на основе данных спутникового детектирования активного горения // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2016. Т. 13. № 6. С. 189–298. DOI: 10.21046/2070-7401-2016-13-6-289-298.
 12. Ушатин И. П. Лесная пирология: учеб. пособие. Воронеж: ГОУ ВПО «ВГЛТА», 2011. 120 с.
 13. Флитман Е. В., Балашов И. В., Бурцев М. А., Галеев А. А., Егоров В. А., Котельников Р. В., Лупян Е. А., Мазуров А. А., Матвеев А. М., Прошин А. А. Построение системы работы с данными прибора MODIS для решения задач мониторинга лесных пожаров и их последствий // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2011. Т. 8. № 1. С. 127–138.
 14. Bartalev S. A., Egorov V. A., Efremov V. Yu., Flitman E. V., Loupian E. A., Stytsenko F. V. Assessment of Burned Forest Areas over the Russian Federation from MODIS and Landsat-TM/ETM+ Imagery / eds. F. Achard, M. C. Hansen // Global Forest Monitoring from Earth Observation. Boca Raton: CRC Press, 2013. P. 259–286.

Forest fires in Russia: specifics of the 2019 fire season

**E. A. Loupian¹, I. V. Balashov¹, S. A. Bartalev¹, M. A. Burtsev¹,
V. V. Dmitriev², K. S. Senko¹, Yu. S. Krashenninnikova¹**

¹ Space Research Institute RAS, Moscow 117997, Russia
E-mail: evgeny@smis.iki.rssi.ru

² Federal Forestry Agency, Moscow 115184, Russia

According to preliminary estimates for the end of October 2019, burnt forest area during this fire season is close to 10 million ha. The paper notes that burnt forest areas reached or exceeded 10 million ha only thrice since the beginning of regular uniform forest fire observations in 2000: in 2003, 2012 and 2018. Attention is drawn to the fact that 2018 and 2019 burnt forest areas are nearly the same. For the first time since 2000 such high fire frequency occurs for the second year in a row. Also, no similar cases of two consecutive years of high fire frequency were recorded over the whole period of forest fire observations in the XX century (more than 50 years), thus making 2019 situation unique. The paper provides the first results of its analysis and comparison with 2018. Among other facts, the information on forest fire area dynamics in protected (aviation and ground control zones) and non-protected (other zones) territories is provided. It is shown that the major contribution to the burnt areas was made by fires in non-protected (hard to access) territories. Also, the burnt area in the protected territories kept lower than the long-term average annual value for quite a long period in the 2019 fire season and reached the average only in the middle of the season but did not exceed it. The paper reports a substantial increase in fire breakout points in the hard-to-access territories during the last decade.

Keywords: Earth observation satellites, information technologies, remote monitoring, forest resources, forest fires monitoring, forest burnt area in Russia

Accepted: 28.10.2019

DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-5-356-363

References

1. Bartalev S. A., Egorov V. A., Zharko V. O., Loupian E. A., Plotnikov D. E., Khvostikov S. A., Shabanov N. V., *Sputnikovoe kartografirovaniye rastitel'nogo pokrova Rossii* (Land cover mapping over Russia using Earth observation data), Moscow, IKI RAN, 2016, 208 p.
2. Belyaev A. I., Korovin G. N., Loupian E. A., Ispol'zovanie sputnikovyykh dannykh v sisteme distantsionnogo monitoringa lesnykh pozharov MPR RF (Satellite data application in the Forest fires remote monitoring system of Ministry of Natural Resources of Russia), *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2005, Vol. 2, No. 1, pp. 20–29.
3. Egorov V. A., Bartalev S. A., Loupian E. A., Uvarov I. A., Monitoring povrezhdenii rastitel'nogo pokrova pozhamami po dannym sputnikovyykh nablyudenii (Vegetation cover damage monitoring with satellite observation data), *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Geodeziya i aerofotos'emka*, 2006, No. 2, pp. 98–109.
4. Korovin G. N., Isaev A. S., Okhrana lesov ot pozharov kak vazhneishii element natsional'noi bezopasnosti Rossii (Forest fire protection as a crucial component of national security of Russia), *Lesnoi byulleten'*, 1998, No. 8–9, available at: <http://old.forest.ru/rus/bulletin/08-09/8.html>.
5. Loupian E. A., Savin I. Yu., Bartalev S. A., Tolpin V. A., Balashov I. V., Plotnikov D. E., Sputnikovyi servis monitoringa sostoyaniya rastitel'nosti ("VEGA") (Satellite Service for Vegetation Monitoring VEGA), *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2011, Vol. 8, No. 1, pp. 190–198.
6. Loupian E. A., Proshin A. A., Burtsev M. A., Balashov I. V., Bartalev S. A., Efremov V. Yu., Kashnitskiy A. V., Mazurov A. A., Matveev A. M., Sudneva O. A., Sychugov I. G., Tolpin V. A., Uvarov I. A. (2015a), Tsentr kollektivnogo pol'zovaniya sistemami arkhivatsii, obrabotki i analiza sputnikovyykh dannykh IKI RAN dlya resheniya zadach izucheniya i monitoringa okruzhayushchei sredy (IKI center for collective use of satellite data archiving, processing and analysis systems aimed at solving the problems of environmental study and monitoring), *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2015, Vol. 12, No. 5, pp. 263–284.
7. Loupian E. A., Bartalev S. A., Ershov D. V., Kotelnikov R. V., Balashov I. V., Burtsev M. A., Egorov V. A., Efremov V. Yu., Zharko V. O., Kovganko K. A., Kolbudaev P. A., Krashennnikova Yu. S., Proshin A. A., Mazurov A. A., Uvarov I. A., Stytsenko F. V., Sychugov I. G., Flitman E. V., Khvostikov S. A., Shulyak P. P. (2015b), Organizatsiya raboty so sputnikovymi dannymi v informatsionnoi sisteme distantsionnogo monitoringa lesnykh pozharov Federal'nogo agentstva lesnogo khozyaistva (ISDM-Rosleskhoz) (Satellite data processing management in framework of Forest Fires Remote Monitoring Information System (ISDM-Rosleskhoz) of the Federal Agency for Forestry), *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2015, Vol. 12, No. 5, pp. 222–250.
8. Loupian E. A., Bartalev S. A., Balashov I. V., Egorov V. A., Ershov D. V., Kobets D. A., Senko K. S., Stytsenko F. V., Sychugov I. G., Sputnikovyi monitoring lesnykh pozharov v 21 veke na territorii Rossiiskoi Federatsii (tsifry i fakty po dannym detektirovaniya aktivnogo goreniya) (Satellite monitoring of forest fires in the 21st century in the territory of the Russian Federation (facts and figures based on active fires detection)), *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2017, Vol. 14, No. 6, pp. 158–175, DOI: 10.21046/2070-7401-2017-14-6-158-175.
9. Loupian E. A., Balashov I. V., Bartalev S. A., Burtsev M. A., Senko K. S., Krashennnikova Yu. S., Osobennosti pozharoopasnogo sezona 2018 goda na territorii Rossii (Some aspects of the 2018 fire season in Russia), *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2018, Vol. 15, No. 5, pp. 263–267, DOI: 10.21046/2070-7401-2018-15-5-263-267.
10. Loupian E. A., Proshin A. A., Burtsev M. A., Kashnitskiy A. V., Balashov I. V., Bartalev S. A., Konstantinova A. M., Kobets D. A., Mazurov A. A., Marchenkov V. V., Matveev A. M., Radchenko M. V., Sychugov I. G., Tolpin V. A., Uvarov I. A., Opyt ekspluatatsii i razvitiya tsentra kollektivnogo pol'zovaniya sistemami arkhivatsii, obrabotki i analiza sputnikovyykh dannykh (TsKP "IKI-Monitoring") (Experience of development and operation of the "IKI-Monitoring" center for collective use of systems for archiving, processing and analyzing satellite data), *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2019, Vol. 16, No. 3, pp. 151–170, DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-3-151-170.
11. Stytsenko F. V., Bartalev S. A., Ivanova A. A., Loupian E. A., Sychugov I. G., Vozmozhnosti otsenki ploshchadei lesnykh pozharov v regionakh Rossii na osnove dannykh sputnikovogo detektirovaniya aktivnogo goreniya (Forest burnt area assessment possibilities in regions of Russia based on active fires detection

- by satellites), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2016, Vol. 13, No. 6, pp. 189–298, DOI: 10.21046/2070-7401-2016-13-6-289-298.
12. Ushatin I. P., *Lesnaya pirologiya: uchebnoe posobie* (Forest pyrology: study guide), Voronezh: GOU VPO “VGLTA”, 2011, 120 p.
 13. Flitman E. V., Balashov I. V., Burtsev M. A., Galeev A. A., Egorov V. A., Kotel’nikov R. V., Loupian E. A., Mazurov A. A., Matveev A. M., Proshin A. A., Postroenie sistemy raboty s dannymi pribora MODIS dlya resheniya zadach monitoringa lesnykh pozharov i ikh posledstviy (Organization of the MODIS Instrument Data Processing System for the Tasks of Monitoring Forest Fires and Their Aftereffects), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2011, Vol. 8, No. 1, pp. 127–138.
 14. Bartalev S. A., Egorov V. A., Efremov V. Yu., Flitman E. V., Loupian E. A., Stytsenko F. V., Assessment of Burned Forest Areas over the Russian Federation from MODIS and Landsat-TM/ETM+ Imagery, In: *Global Forest Monitoring from Earth Observation*, F. Achard, M. C. Hansen (eds.), Boca Raton: CRC Press, 2013, pp. 259–286.