

Предварительный анализ горимости лесов Российской Федерации в пожароопасном сезоне 2023 года по данным дистанционного мониторинга

Р. В. Котельников¹, Е. А. Лупян², И. В. Балашов²

¹ *Филиал ВНИИЛМ «Центр лесной пирологии», Красноярск, 660062, Россия
E-mail: kotelnikovrv@firescience.ru*

² *Институт космических исследований РАН, Москва, 117997, Россия
E-mail: evgeny@d902.iki.rssi.ru*

Оперативная оценка результатов горимости лесов в пожароопасном сезоне может быть полезна для решения различных прикладных задач, в том числе для своевременной оценки итогов деятельности лесопожарных служб и планирования работ на последующие пожароопасные сезоны. В настоящей статье приводятся первые результаты оценки горимости лесов в пожароопасном сезоне 2023 г. В работе обсуждаются некоторые метеорологические особенности сезона и показано, что пожароопасный сезон 2023 г. начался в среднем на 11 дней позже обычного. Отмечается, что по суммарной площади, пройденной лесными пожарами, пожароопасный сезон 2023 г. нельзя назвать «экстремальным», его следует, скорее, отнести к сезонам средней или малой горимости. Также предпринята попытка использовать количественные критерии для оценки горимости, которые позволили бы сравнить ситуации, складывающиеся в регионах с различными лесорастительными условиями. Для этого анализировалась относительная горимость в разрезе регионов (отношение пройденной огнём площади к площади лесов), которая сравнивалась со средними данными за 11 лет, а также с данными предыдущего 2022 г. В работе применялся достаточно простой критерий отнесения ситуации, которая наблюдалась в конкретном регионе, к режиму нормальной (близкой к среднемноголетней), низкой или высокой горимости. Для этого использовались сведения о статистических нормах, полученных для различных регионов на основе информации о горимости за предыдущие годы, и наблюдавшиеся стандартные отклонения от них. По результатам проведённого анализа показано, что горимость была на среднемноголетнем уровне на 63 % территории страны, выше нормы она наблюдалась только на 19 % территории.

Ключевые слова: лесные пожары, дистанционный мониторинг, относительная горимость лесов

Одобрена к печати: 20.10.2023
DOI: 10.21046/2070-7401-2023-20-5-327-334

Охрана лесов от пожаров — наиболее важная и самая затратная часть мероприятий по сохранению лесов (Коровин и др., 1982). Ключевым вопросом для планирования охраны лесов от пожаров является оперативное получение информации об их горимости, в том числе об интегральной оценке за весь пожароопасный сезон. Это необходимо также для своевременной оценки итогов деятельности лесопожарных служб и для организации работ в последующие пожароопасные сезоны.

В настоящей статье приводятся первые результаты оценки горимости лесов в пожароопасном сезоне 2023 г. на территории Российской Федерации. Обсуждаются некоторые метеорологические особенности сезона. В работе использовались количественные критерии для оценки горимости в различных регионах, которые позволили сравнить ситуации, складывающиеся в регионах с различными лесорастительными условиями. Для этого анализировалась относительная горимость в разрезе регионов (отношение пройденной огнём площади к общей площади лесов), которая сравнивалась со средними данными за 11 лет, а также с данным предыдущего 2022 г. Для получения информации о площадях, пройденных огнём, используется однородный ряд наблюдений, полученных на основе данных прибора MODIS (*англ.* Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer — сканирующий спектрорадиометр среднего разрешения) (Louis, 2015), и метод оценки пройденных огнём площадей, который достаточно подробно описан в работе (Лупян и др., 2021).

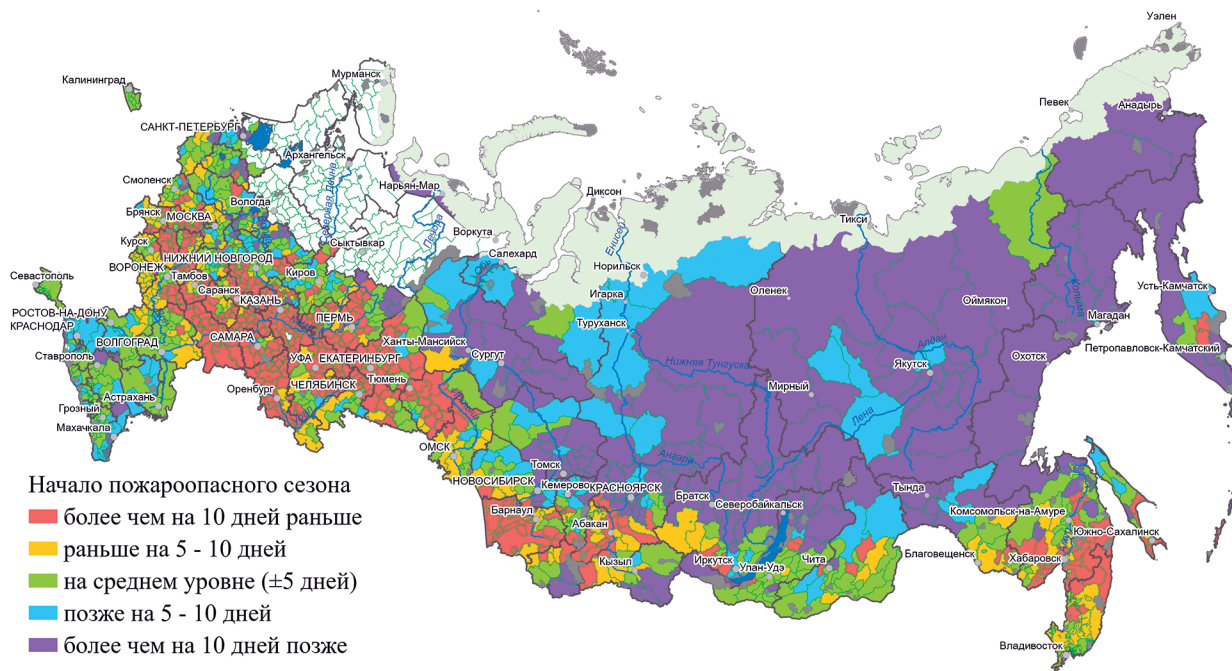


Рис. 1. Анализ начала пожароопасного сезона

С точки зрения условий погоды пожароопасный сезон 2023 г. начался в среднем на 11 дней позже среднееголетних показателей (рис. 1).

Позднее начало сезона наблюдалось в большинстве субъектов Российской Федерации, преимущественно многолесных. К ним относятся, в частности: Чукотский автономный округ — позже на 26 дней; Магаданская обл. — на 23 дня; Архангельская обл. — на 21 день; Камчатский край — на 19 дней; Иркутская обл., республики Коми и Саха (Якутия) — на 18 дней; Красноярский край — на 17 дней; республики Бурятия и Карелия — на 14 дней.

Раньше срока сезон начался в основном в регионах европейской части: в Республике Татарстан и Ульяновской обл. — на 18 дней; в Самарской обл. — на 17 дней; в Саратовской обл. — на 16 дней; в Чувашской Республике и Орловской обл. — на 15 дней; в Тамбовской обл. — на 14 дней; в Оренбургской и Пензенской областях — на 13 дней; в Республике Башкортостан — на 12 дней.

По состоянию на 10.10.2023 по анализируемым данным в лесах было зарегистрировано 11,7 тыс. пожаров, что на 38 % меньше среднееголетних значений (2012–2022) и на 5 % больше данных прошлого года. Покрытая лесом площадь, пройденная огнём, составила 4,6 млн га — на 38 % меньше среднееголетних значений и на 52 % больше данных прошлого года.

Для более детального анализа ретроспективной динамики относительной горимости лесов по лесопожарным зонам использовались данные ИСДМ-Рослесхоз (Информационная система дистанционного мониторинга лесных пожаров Федерального агентства лесного хозяйства (в части административно-территориального деления и лесопожарного зонирования)) (Балашов и др., 2022; Барталев и др., 2012; Ковалев и др., 2020; Лупян и др., 2021; Kotelnikov et al., 2020), а также набор данных, получаемых на основе прибора MODIS (шестая коллекция — MC6) (Louis, 2015), которые прошли объединение горячих точек в «пожары» с использованием алгоритмов, описанных в работе (Лупян и др., 2017), и методов коррекции площадей из работы (Лупян и др., 2021). Для снижения влияния на результат случаев горения, не связанных с лесными пожарами, в расчёте учитывались только пожары на землях лесного фонда и только те, у которых покрытая лесом площадь, пройденная огнём, превышала 25 га.

Сравнительный ретроспективный анализ горимости в разрезе лесопожарных зон приведён на рис. 2 (см. с. 329). На нём хорошо видно, что как число пожаров, так и площади, пройденные огнём, в пожароопасном сезоне 2023 г. не являются «аномальными» и даже не-

сколько ниже среднелетних значений, которые наблюдались за анализируемый период (2012–2022). В частности, в зоне контроля лесных пожаров площадь сократилась на 25 %, в зоне лесоавиационных работ — на 48 % и только в зоне наземного обнаружения и тушения увеличилась на 15 % (что на общую статистику практически не влияет).



Рис. 2. Динамика покрытой лесом площади, пройденной огнём (в разрезе лесопожарных зон для земель лесного фонда; пожары с покрытой лесом площадью более 25 га)

На наш взгляд, наряду с общей характеристикой пожароопасного сезона (данные на всю страну), безусловно, представляет интерес горимость отдельных регионов, а также объективное (сопоставимое) сравнение её для разных регионов, которые могут различаться по лесорастительным условиям, и в первую очередь — по площадям покрытой лесом территории.

Такую оценку можно провести с использованием традиционной шкалы, основанной на отношении площади, пройденной огнём, к общей площади анализируемой территории (приведённой к 1 тыс. га площади лесов) (Головина, Иванов, 2020; Поляков и др., 2006; Указания..., 1982). Полученное в соответствии с указанной методикой среднее значение относительной горимости для всей территории страны составляет 3,5 га на 1 тыс. га. Распределение горимости по регионам представлено на рис. 3 (см. с. 330). Распределение по классам горимости показано на рис. 4а (см. с. 330). Хорошо видно, что в соответствии с данными, полученными по используемой методике, в 2023 г. в России наблюдаемая горимость оценивалась как «высокая» (доля площади территории с чрезвычайной горимостью составляет 41 % площади лесов). В то же время данные о лесных площадях, пройденных огнём, которые приведены выше, показывают, что 2023 г. в целом по стране нельзя признать годом с «чрезвычайной» горимостью. Этот вывод подтверждает и анализ площадей, пройденных огнём в большинстве регионов. Наблюдающееся противоречие полученной оценки горимости на основе традиционной шкалы и анализа многолетних наблюдений лесных площадей, пройденных огнём, отчасти может быть связано с тем, что традиционная шкала формировалась по наземным данным, в которых могут присутствовать существенные неточности (в силу значительной субъективности схем их получения). Это может приводить в том числе и к некорректности установки уровней горимости для отдельных территорий.

На наш взгляд, для более объективной оценки уровня горимости следует использовать более объективные и однородные спутниковые данные. При этом получение пороговых значений горимости может проводиться на основе статистических многолетних распределений горимости в отдельных регионах и оценки отклонения от среднелетних значений на величины, превышающие величину стандартного отклонения. Для более детальных сравнений могут быть также более подробно проанализированы формы распределения самих значений в выборке. Например, как было показано в статье (Котельников, Лупян, 2022), форма распределения значений площадей пожаров (включая относительную горимость) существенно ближе к логнормальной, чем к нормальной. С этой точки зрения логичнее для оценки интервала,

который классифицируется как «на уровне среднеголетних значений», использовать расчёт стандартного отклонения и математического ожидания не самих значений относительной горимости, а преобразованных (натуральным логарифмом) значений.

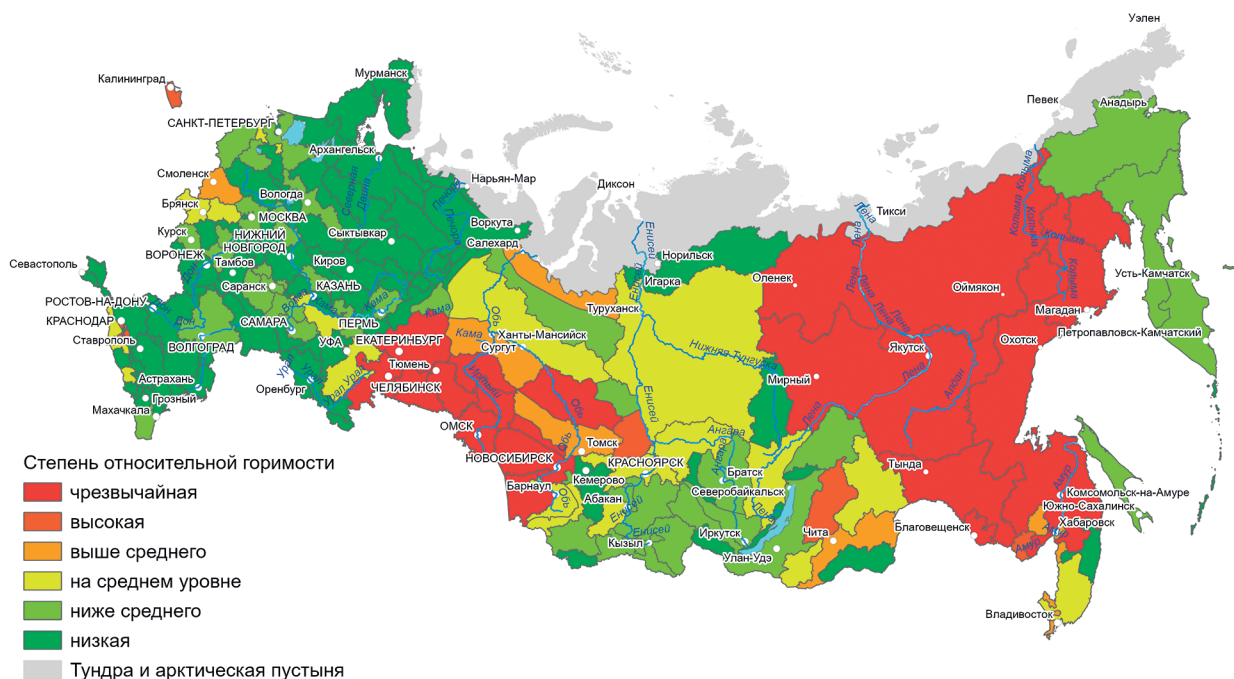


Рис. 3. Оценка степени относительной горимости лесов по классической шкале

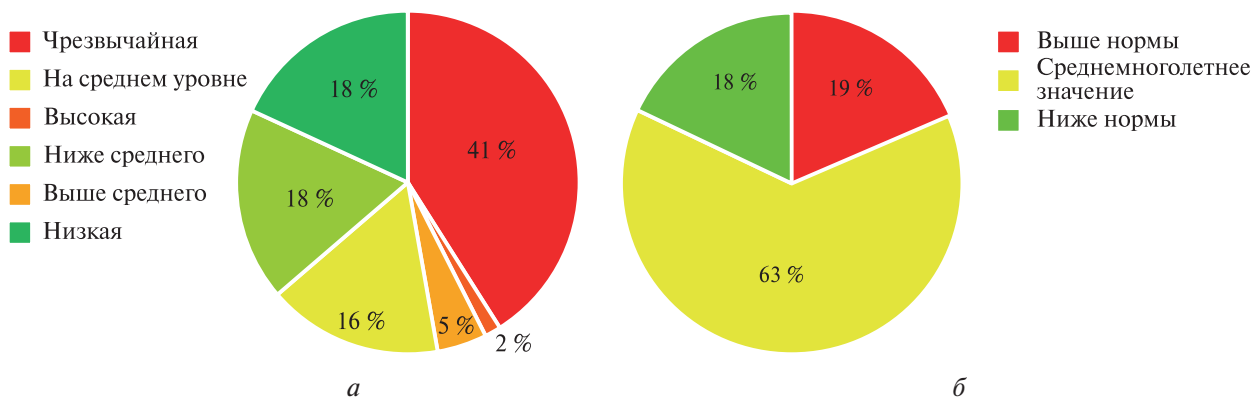


Рис. 4. Доля площади земель лесного фонда с точки зрения уровня относительной горимости лесов (а) и сравнение со среднеголетними значениями (б)

Именно такие границы нами были установлены для отнесения горимости различных регионов в 2023 г. к группе «среднеголетнее значение». Те территории, где преобразованное значение было выше этой границы (больше математического ожидания плюс стандартное отклонение), отнесены к уровню «выше среднего». Соответственно, к группе «ниже нормы» отнесены территории, где преобразованное значение меньше указанной выше границы (меньше математического ожидания минус стандартное отклонение). Распределение горимости по регионам, полученное в соответствии с данной шкалой, представлено на рис. 5. Распределение по классам горимости показано на рис. 4б. Хорошо видно, что в соответствии с этими данными в России в целом наблюдалась достаточно невысокая горимость (доля площади территории с горимостью выше нормы составляет 19 % площади лесов), что в целом соответствует данным, полученным на основе анализа лесных площадей, пройденных огнём,

которые приводились выше. Кроме того, на наш взгляд, регионы, в которых действительно наблюдалась высокая горимость, в частности вводился режим чрезвычайной ситуации в лесах, с использованием предложенной методики выделены вполне корректно. К этим регионам относятся: Свердловская обл. (превышение почти в 31 раз к среднемноголетнему значению и в 44 раза к показателю прошлого года), Магаданская обл. (+506 % к среднемноголетнему значению и +302 % к показателю прошлого года), Алтайский край (+315 и +191 %); Новосибирская обл. (+232 и +30 %), Хабаровский край (+144 и -20 %), Республика Башкортостан (+122 и +760 %), Томская обл. (+3,6 и +109 %), Тюменская обл. (+72 и +53 %).

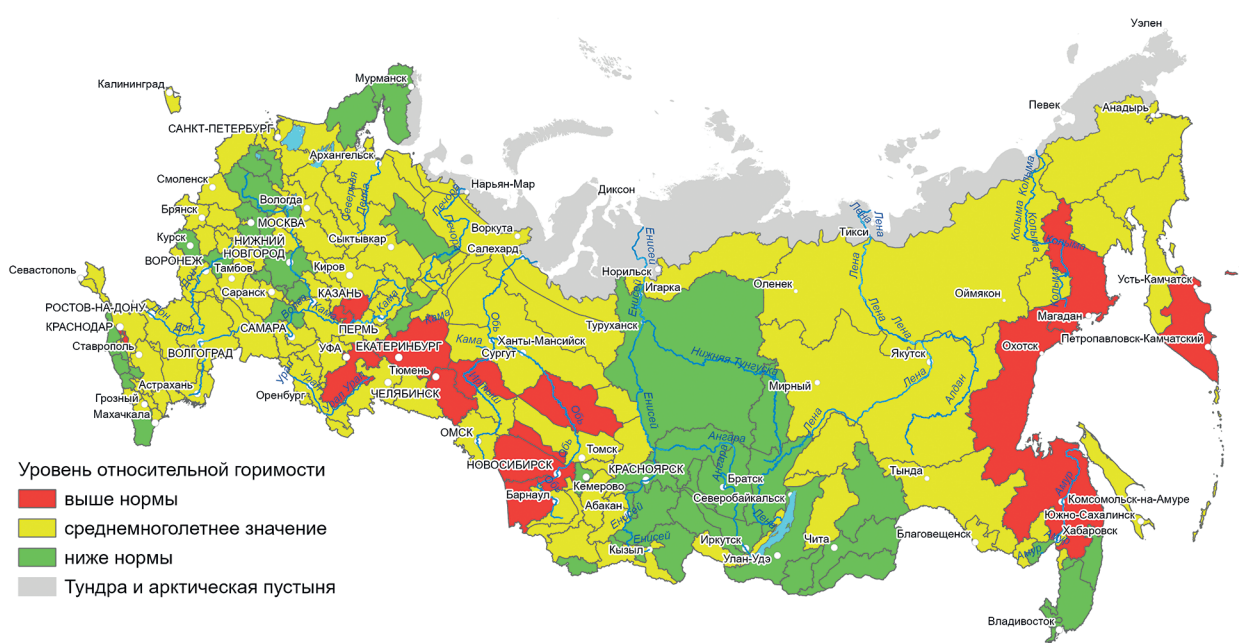


Рис. 5. Оценка уровня относительной горимости лесов по адаптированной шкале

В заключение отметим, что представленный в работе анализ показал следующее:

1. Пожароопасный сезон 2023 г. следует, скорее, отнести к сезонам средней или малой горимости.
2. Использование информации, полученной с учётом данных многолетних спутниковых наблюдений пожаров, позволяет формировать достаточно объективные методы оценки горимости территорий.
3. Накопленные в настоящее время однородные спутниковые ряды наблюдений природных пожаров могут достаточно эффективно использоваться для объективной оценки горения различных регионов.
4. В перспективе, видимо, следует осуществить разработки, направленные на использование уже накопленной многолетней информации дистанционного наблюдения лесных пожаров для оценки не только «интегральной» горимости территорий, но и вклада в неё как объективных (например, погодных) факторов, так и работ по охране лесов от пожаров, в том числе по их тушению.

Работа выполнена с использованием возможностей Центра коллективного пользования «ИКИ-Мониторинг» (Лупян и др., 2019), развиваемого и поддерживаемого в рамках темы «Мониторинг» Министерства образования и науки Российской Федерации (госрегистрация № 122042500031-8), а также в рамках государственного задания Всероссийского научно-исследовательского института лесоводства и механизации лесного хозяйства на исследование по теме «О23-Пожарная опасность», утверждённого приказом Федерального агентства лесного хозяйства России № 776 от 30.06.2023.

Литература

1. *Балашов И. В., Бурцев М. А., Лупян Е. А., Мазуров А. А., Прошин А. А., Сенько К. С.* Спутниковый мониторинг пожаров в ИСДМ Рослесхоз: История, текущее состояние и перспективы развития // 9-я Международ. науч. конф. «Региональные проблемы дистанц. зондирования Земли»: материалы конф. 2022. С. 9–12.
2. *Барталев С. А., Егоров В. А., Ефремов В. Ю., Лупян Е. А., Стыценко Ф. В., Флитман Е. В.* Оценка площади пожаров на основе комплексирования спутниковых данных различного пространственного разрешения MODIS и Landsat-TM/ETM+ // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т. 9. № 2. С. 9–26.
3. *Головина А. Н., Иванов В. А.* Сравнительная оценка горимости лесов России и зарубежных стран // Лесохозяйственная информация: электрон. сетевой журн. 2020. № 4. С. 87–93. DOI: 10.24419/LHI.2304-3083.2020.4.09.
4. *Ковалев Н. А., Лупян Е. А., Балашов И. В. и др.* ИСДМ-Рослесхоз: 15 лет эксплуатации и развития // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2020. Т. 17. № 7. С. 283–291. DOI: 10.21046/2070-7401-2020-17-7-283-291.
5. *Коровин Г. Н., Абрамов Л. М., Левина Г. Г.* Экономико-математическое моделирование авиалесоохраны: метод. рекомендации. Л.: ЛенНИИЛХ, 1982. 57 с.
6. *Котельников Р. В., Лупян Е. А.* Особенности дистанционно оцениваемых распределений площадей лесных пожаров для территорий с различным уровнем пожарной охраны // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2022. Т. 19. № 4. С. 75–87. DOI: 10.21046/2070-7401-2022-19-4-75-87.
7. *Лупян Е. А., Барталев С. А., Балашов И. В. и др.* 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.
8. *Лупян Е. А., Прошин А. А., Бурцев М. 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.
9. *Лупян Е. А., Стыценко Ф. В., Сенько К. С., Балашов И. В., Мазуров А. А.* Оценка площадей пожаров на основе детектирования активного горения с использованием данных шестой коллекции приборов MODIS // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 18. № 4. DOI: 10.21046/2070-7401-2021-18-4-178-192.
10. *Поляков Н. Е., Нартов Д. И., Поляков В. Н.* Сравнительная оценка горимости лесов по различным вербально-числовым шкалам // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2006. № 13. С. 98–100.
11. Указания по проектированию противопожарных мероприятий в лесах СССР. Одобрены Госкомлесхозом СССР 29.01.1982. М., 1982. 205 с. http://www.aviales.ru/files/documents/2010/09/ukaz_ppmer1982.doc.
12. *Kotelnikov R. V., Lupyayn E. A., Bartalev S. A., Ershov D. V.* Space Monitoring of Forest Fires: History of the Creation and Development of ISDM-Rosleskhoz // Contemporary Problems of Ecology. 2020. V. 13. No. 7. P. 795–802. DOI: 10.1134/S1995425520070045.
13. *Louis G.* MODIS collection 6 active fire product user's guide, revision A. University of Maryland / Department of Geographical Sciences University of Maryland. 2015. 64 p. https://modis-fire.umd.edu/files/MODIS_C6_Fire_User_Guide_A.pdf.

Preliminary analysis of forest fires in the Russian Federation in the 2023 fire season based on remote monitoring data

R. V. Kotelnikov¹, E. A. Loupian², I. V. Balashov²

¹ Center of Forest Pyrology, Branch of the All-Russian Research Institute for Silviculture and Mechanization of Forestry, Krasnoyarsk 660062, Russia
E-mail: kotelnikovrv@firescience.ru

² Space Research Institute RAS, Moscow 117997, Russia
E-mail: evgeny@d902.iki.rssi.ru

Rapid assessment of the results of forest fires during the fire season can be useful for solving various applied problems, including timely assessment of the efforts of forest fire services and planning the work for upcoming fire seasons. The paper presents the first results of assessing fire risk of forests in the 2023 fire season. The work discusses some meteorological features of the season and shows that the 2023 fire season began on average 11 days later than usual. It is noted that in terms of the total area covered by forest fires, the fire season of 2023 cannot be called “extreme”; it should rather be classified as a season of medium or low fire intensity. An attempt is made to use quantitative criteria to assess fire rates in different regions, which would make it possible to compare the situations in regions with different forest conditions. To do this, we analyze the relative fire intensity by region (the ratio of the area covered by fire to the area of forests), which is compared with average data for 11 years, as well as with data from the previous year 2022. A fairly simple criterion is used to classify the situation observed in a particular region, attributing either normal (close to the long-term average), low or high fire rate. For this purpose, we use information on statistical norms obtained for various regions on the basis of information on fire rates for previous years and the observed standard deviations from them. According to the results of the analysis, fire rate was at the long-term average level in 63 % of the country’s territory, whereas it was higher only in 19 % of the territory.

Keywords: forest fires, remote monitoring, relative forest fire intensity

Accepted: 20.10.2023

DOI: 10.21046/2070-7401-2023-20-5-327-334

References

1. Balashov I. V., Burtsev M. A., Lupyan E. A., Mazurov A. A., Proshin A. A., Senko K. S., Satellite fires monitoring in ISDM “ROSLESKHOZ”: The history, current status and development prospects, *9th Mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsiya “Regional’nye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli”* (Proc. 9th Intern. Scientific Conf. “Regional Problems of Remote Sensing of the Earth”), 2022, pp. 9–12 (in Russian).
2. Bartalev S. A., Egorov V. A., Efremov V. Yu., Loupian E. A., Stytsenko F. V., Flitman E. V., Integrated burnt area assessment based on combine use of multi-resolution MODIS and Landsat-TM/ETM+ satellite data, *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2012, Vol. 9, No. 2, pp. 9–26 (in Russian).
3. Golovina A. N., Ivanov V. A., Approaches to Comparative Assessment of Russian Forests Burn, *Forestry information: electronic online magazine*, 2020, No. 4, pp. 87–93 (in Russian), DOI: 10.24419/LHI.2304-3083.2020.4.09.
4. Kovalev N. A., Loupian E. A., Balashov I. V. et al., ISDM-Rosleskhoz: 15 years of operation and evolution, *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2020, Vol. 17, No. 7, pp. 283–291 (in Russian), DOI: 10.21046/2070-7401-2020-17-7-283-291.
5. Korovin G. N., Abramov L. M., Levina G. G., *Ekonomiko-matematicheskoe modelirovanie avialesookhrany: metodicheskie rekomendatsii* (Economic and Mathematical Modeling of Aviation Forest Protection: Methodological Recommendations), Leningrad: LenNIILH, 1982, 57 p. (in Russian).
6. Kotelnikov R. V., Loupian E. A., Features of remotely estimated distributions of forest fire areas for territories with different levels of fire protection, *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2022, Vol. 19, No. 4, pp. 75–87 (in Russian), DOI: 10.21046/2070-7401-2022-19-4-75-87.
7. Loupian E., Bartalev S., Balashov I. V. et al., Satellite monitoring of forest fires in the 21st century in the territory of the Russian Federation (facts and figures based on active fires detection), *Sovremennye prob-*

- lemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2017, Vol. 14, pp. 158–175 (in Russian), DOI: 10.21046/2070-7401-2017-14-6-158-175.
8. Loupian E. A., Proshin A. A., Burtsev M. A. et al., Experience of development and operation of the IKI-Monitoring center for collective use of systems for archiving, processing and analyzing satellite data, *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2019, Vol. 16, pp. 151–170 (in Russian), DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-3-151-170.
 9. Loupian E. A., Stytsenko F. V., Senko K. S., Balashov I. V., Mazurov A. A., Burnt area assessment using MODIS Collection 6 active fire data, *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2021, Vol. 18, No. 4, pp. 158–175 (in Russian), DOI: 10.21046/2070-7401-2017-14-6-158-175.
 10. Polyakov N. E., Nartov D. I., Polyakov V. N., Comparative assessment of forest burnability by various verbal-numerical scales, *Actual Problems of the Forest Complex*, 2006, No. 13, pp. 98–100 (in Russian).
 11. *Guidelines for the design of fire prevention measures in the forests of the USSR. Approved by Goskomleskhoz of the USSR 29.01.1982*, Moscow, 1982, 205 p., http://www.aviales.ru/files/documents/2010/09/ukaz_ppmer1982.doc.
 12. Kotelnikov R. V., Lupyan E. A., Bartalev S. A., Ershov D. V., Space Monitoring of Forest Fires: History of the Creation and Development of ISDM-Rosleskhoz, *Contemporary Problems of Ecology*, 2020, Vol. 13, No. 7, pp. 795–802, DOI: 10.1134/S1995425520070045.
 13. Louis G., *MODIS Collection 6 Active Fire Product User's Guide, Revision A*, Department of Geographical Sciences University of Maryland, 2015, 64 p., https://modis-fire.umd.edu/files/MODIS_C6_Fire_User_Guide_A.pdf.