

Научная статья

УДК 630

DOI: 10.37482/0536-1036-2024-4-106-118

Применение методов пространственного анализа при оценке степени горимости лесов Хабаровского края

А.В. Остроухов, канд. геогр. наук; ResearcherID: G-1297-2018,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9203-9097>

Институт водных и экологических проблем Дальневосточного отделения РАН, ул. Дикопольцева, д. 56, г. Хабаровск, Россия, 680000; Ostran2004@bk.ru

Поступила в редакцию 19.04.22 / Одобрена после рецензирования 20.07.22 / Принята к печати 26.07.22

Аннотация. Лесные пожары являются доминирующим фактором трансформации природных ландшафтов бореальной зоны. Территория Хабаровского края, 93,6 % которой относится к землям лесного фонда, в настоящее время имеет лесистость лишь 66,5 %, что во многом связано с лесными пожарами. Это делает актуальной проблему снижения горимости лесов на территории края, в т. ч. в аспекте оценки фактической горимости для прогнозирования рисков возникновения ландшафтных пожаров. В статье показаны возможности применения методов пространственного анализа модуля Spatial Analyst программного комплекса ArcGIS 10.8 для оценки степени фактической горимости лесов на основе расчета показателей числа пожаров на 1 млн и 250 тыс. га и площади пожаров на 1000 га для скользящего окна заданного размера. На основе данных Информационной системы дистанционного мониторинга Федерального агентства лесного хозяйства за 2000–2020 гг. и данных о количестве возгораний с сайта Fire Information for Resource Management System за 2000–2021 гг. выполнена оценка фактической горимости для Хабаровского края. Анализ результатов отражает высокую пространственную и сезонную неоднородность распространения ландшафтных пожаров на территории и их приуроченность к объектам транспортной и селитебной структуры. Области с высокой горимостью часто не совпадают с границами лесхозов, а максимальные показатели характерны для нелесных территорий, не попадающих в лесохозяйственную статистику. Для разных сезонов года наряду с количественными различиями наблюдаются и пространственные сдвиги точек возгораний и областей с их высокой плотностью. Большая часть земель края (88,3 %) относится к низкой и ниже средней категориям горимости, что связано прежде всего со слабой степенью освоенности этих площадей. Выполненная оценка степени горимости территории на основе годовых и сезонных карт плотности точек возгорания, рассчитанных по методу скользящего окна, позволяет достаточно объективно и детально отразить среднесрочный риск возникновения пожара вне привязки к лесохозяйственным границам. В сочетании с картой распределения лесов по классам природной пожарной опасности по пирологическим характеристикам результаты исследования могут стать основой для расчета фонового пожарного риска, отражающего вероятность возникновения и развития пожара.

Ключевые слова: лесные пожары, фактическая горимость лесов, площадь пожара, частота пожара, Хабаровский край, методы пространственного анализа



Для цитирования: Остроухов А.В. Применение методов пространственного анализа при оценке степени горимости лесов Хабаровского края // Изв. вузов. Лесн. журн. 2024. № 4. С. 106–118. <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2024-4-106-118>

Original article

The Use of Spatial Analysis Methods in Assessing the Degree of Fire Frequency in Forests of the Khabarovsk Territory

Andrey V. Ostroukhov, Candidate of Geography; ResearcherID: [G-1297-2018](https://orcid.org/0000-0002-9203-9097),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9203-9097>

Institute of Water and Ecology Problems of the Far Eastern Branch of the RAS, ul. Dikopoltseva, 56, Khabarovsk, Khabarovsk Territory, 680000, Russian Federation; Ostran2004@bk.ru

Received on April 19, 2022 / Approved after reviewing on July 20, 2022 / Accepted on July 26, 2022

Abstract. Forest fires are the dominant factor in the transformation of natural landscapes in the boreal zone. The area of the Khabarovsk Territory, 93.6 % of which belongs to the forest fund lands, currently has a forest cover of only 66.5 %, which is largely due to forest fires. This makes urgent the problem of reducing the forest fire frequency in the region, including in terms of assessing the actual fire frequency for predicting the risks of landscape fires. The article shows the possibilities of using spatial analysis methods of the Spatial Analyst module of the ArcGIS 10.8 software package to assess the degree of actual forest fire frequency based on calculating the number of fires per 1 million and 250 thousand ha and the area of fires per 1000 ha for a sliding window of a given size. Based on the data from the Remote Monitoring Information System of the Federal Forestry Agency for 2000–2020 and the data on the number of fires from the Fire Information for Resource Management System website for 2000–2021, an assessment of the actual fire frequency for the Khabarovsk Territory has been carried out. The analysis of the results reflects the high spatial and seasonal heterogeneity of the spread of landscape fires in the territory and their proximity to transport and residential structures. Areas with high fire frequency often do not coincide with the boundaries of forestry enterprises, and the maximum indicators are typical for non-forest areas that are not covered by forestry statistics. For different seasons of the year, along with quantitative differences, spatial shifts of firing points and areas with their high density are also observed. Most of the lands in the region (88.3 %) in terms of fire danger belong to the “low” and “below medium” fire frequency categories, which is primarily due to the low degree of development of these areas. The assessment of the degree of fire frequency in the territory on the basis of annual and seasonal maps of the density of firing points, calculated using the sliding window method, makes it possible to fairly objectively and in detail reflect the average long-term risk of fire occurrence outside of reference to forestry boundaries. In combination with a map of the distribution of forests by natural fire hazard classes based on pyrological characteristics, the results of the research can become the basis for calculating the background fire risk, reflecting the risk of fire occurrence and development.

Keywords: forest fires, actual forest fire frequency, fire area, fire occurrence, the Khabarovsk Territory, spatial analysis methods

For citation: Ostroukhov A.V. The Use of Spatial Analysis Methods in Assessing the Degree of Fire Frequency in Forests of the Khabarovsk Territory. *Lesnoy Zhurnal = Russian Forestry Journal*, 2024, no. 4, pp. 106–118. (In Russ.). <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2024-4-106-118>



Введение

Лесные пожары в настоящее время являются одним из основных факторов трансформации природных ландшафтов бореальной зоны. Различным аспектам данной проблемы посвящено большое количество работ: по лесопожарному районированию [2, 7], по влиянию лесных пожаров на компоненты насаждений и особенно на древостой [10, 12]. Внимание в научных публикациях уделяется также совершенствованию тушения лесных пожаров [3, 6]. Одним из важных аспектов разработки эффективной системы охраны лесов от пожаров является, по мнению ряда авторов, детальный анализ показателей фактической горимости лесов за длительный период, поскольку данные за короткий период часто субъективны и не в полной мере характеризуют динамику горимости лесов [1, 9, 11]. Полученная на основе анализа многолетних данных о количестве обнаруженных пожаров характеристика фактической горимости территории на единицу площади – важная информация для предотвращения лесных пожаров [16], их локализации, оценки экономических, экологических и социальных рисков [13, 17]. Развитие технологий дистанционного зондирования сделало возможным получение более детальных и пространственно полных характеристик территорий по пожарной опасности в различных аспектах [15, 18]. По мнению В.Г. Гусева, «только она [технология дистанционного зондирования] и может служить объективной основой шкалы пожарной опасности лесов» [1, с. 41].

Хабаровский край, являясь одним из крупнейших субъектов Российской Федерации, имеет площадь 787 633 км², из которых 93,6 % относятся к землям лесного фонда [8], при этом лесистость территории составляет 66,5 %, такой относительно низкий показатель связан в т. ч. с лесными пожарами. Так, в 2019 г. заготовка древесины осуществлялась на площади 88 тыс. га, тогда как площадь лесов, пройденная огнем, составила 300 тыс. га. Таким образом, проблема снижения горимости лесов края, включая оценку фактической горимости для прогнозирования рисков возникновения лесных пожаров, остается актуальной.

Целью настоящей статьи является анализ возможности применения методов пространственного анализа для оценки степени горимости территории Хабаровского края и ее картографического представления.

Объекты и методы исследования

Для оценки фактической горимости лесов в настоящее время используется шкала, разработанная институтом «Росгипролес» [5], основанная на 2 показателях: число пожаров на 1 млн га и пройденная огнем площадь на 1000 га общей площади характеризуемого лесохозяйственного объекта (табл. 1).

Таблица 1

**Шкала оценки фактической горимости лесов [5]
The scale for assessing the actual forest fire frequency [5]**

Средняя абсолютная горимость		Относительная горимость
по количеству пожаров на 1 млн га, случаев в год	по средней площади пожаров на 1000 га, га	
Менее 5	Менее 0,1	Низкая
5–20	0,1–0,5	Ниже средней
21–50	0,51–1,0	Средняя
51–100	1,01–1,5	Выше средней
101–200	1,51–3,0	Высокая
201 и более	Более 3,0	Чрезвычайная

Горимость лесов Хабаровского края (по статистическим данным) остается одной из самых высоких в России. Крупномасштабные лесные пожары повторялись здесь с 22-летней периодичностью: в 1932, 1954, 1976, 1998 гг. В настоящее время всплески горимости отмечаются чаще (периодичность – 3–8 лет), однако с меньшим охватом площади – 2009, 2012, 2018 гг. Относительная горимость по количеству пожаров на 1 млн га в целом по краю ниже средней (5 пожаров/млн га), по площади пожаров – чрезвычайная (3,75 га на 1000 га лесных земель) [8]. При рассмотрении горимости территории в границах отдельных лесничеств наблюдается очень большой диапазон значений – от 0 до 109 пожаров/млн га и от 0,20 до 95,32 га/1000 га. В целом по количеству пожаров на 1 млн га большая часть лесничеств края относится к категориям горимости ниже средней (34,9 %) и низкой (62,9 %), по площади пожаров 44 % территории лесного фонда характеризуются горимостью ниже средней, но при этом 28,2 % – чрезвычайной (табл. 2).

Таблица 2

Распределение территории Хабаровского края по показателям фактической горимости лесов при расчете в границах лесничеств (по [8])
The distribution of the Khabarovsk Territory area by indicators of actual forest fire frequency when calculated within the boundaries of forestries (by [8])

Количество пожаров на 1 млн га, случаев в год	Доля от площади лесного фонда, %	Средняя площадь пожаров на 1000 га	Доля от площади лесного фонда, %
Менее 5	62,9	Менее 0,1	13,1
5–20	34,9	0,1–0,5	44,8
21–50	1,8	0,51–1,0	4,3
51–100	0,3	1,01–1,5	4,1
101–200	0,1	1,51–3,0	5,5
201 и более	0	Более 3,0	28,2

При анализе исследований, выполненных специалистами лесной отрасли, необходимо принимать во внимание, что в качестве исходной территориальной единицы в лесохозяйственных работах приняты лесничества. Они рассматриваются как наименьшая самостоятельная производственная единица, в рамках которой ведется планирование, выполнение и учет всех лесохозяйственных показателей. К лесничествам приурочены лесоводственно-таксационные и хозяйственные характеристики, а также сведения о горимости лесов. В результате статистические и расчетные показатели горимости, площадей пожаров и др. представлены для территорий отдельных лесничеств, которые занимают значительную площадь и зачастую крайне неоднородны по растительному покрову, рельефу, плотности населения и развитости инфраструктуры. Однако большое число возгораний происходит на землях, не относящихся к лесному фонду (земли государственного запаса, министерства обороны, особо охраняемые природные территории и др.), и поэтому не принимается во внимание при расчетах. Например, в пределах Среднеамурской низменности большие площади земель не являются землями лесничеств, тогда как именно на них часто возникают пожары (рис. 1). В итоге при расчете количества возгораний на 1 млн га эти возгорания не учитываются.

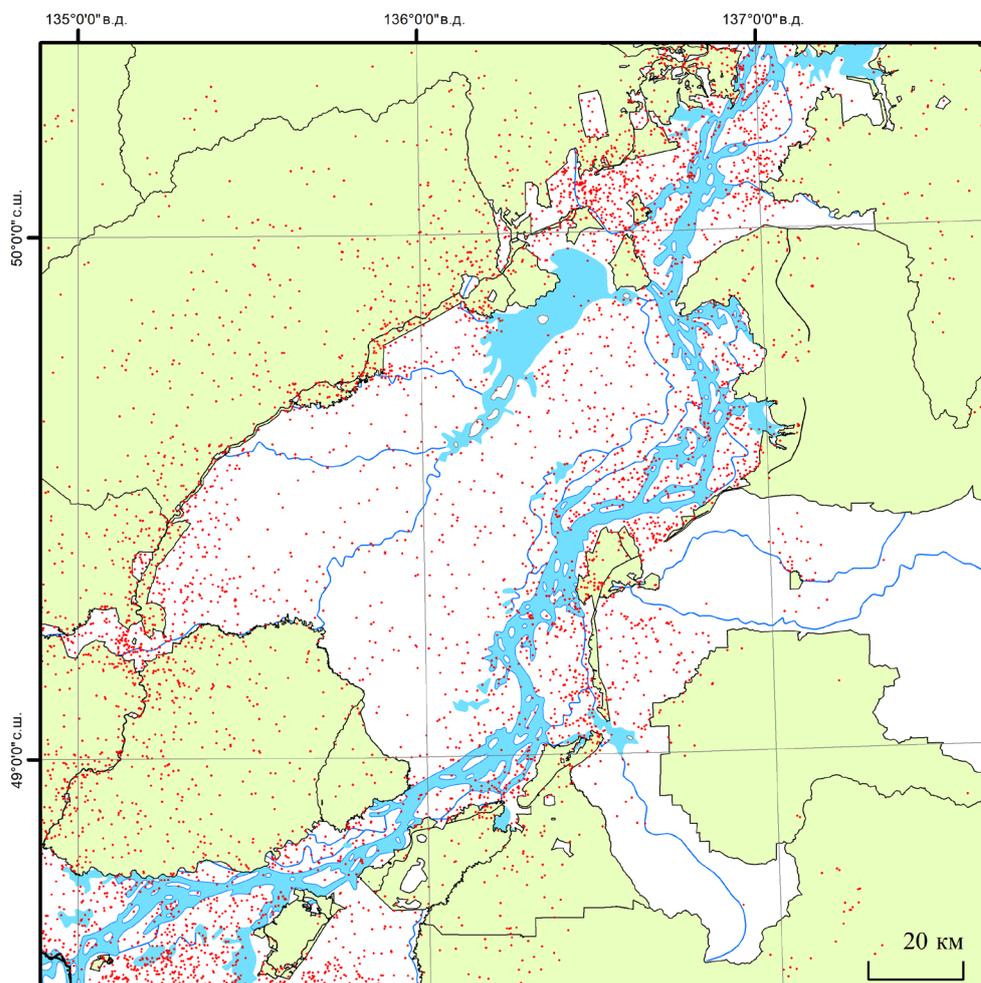
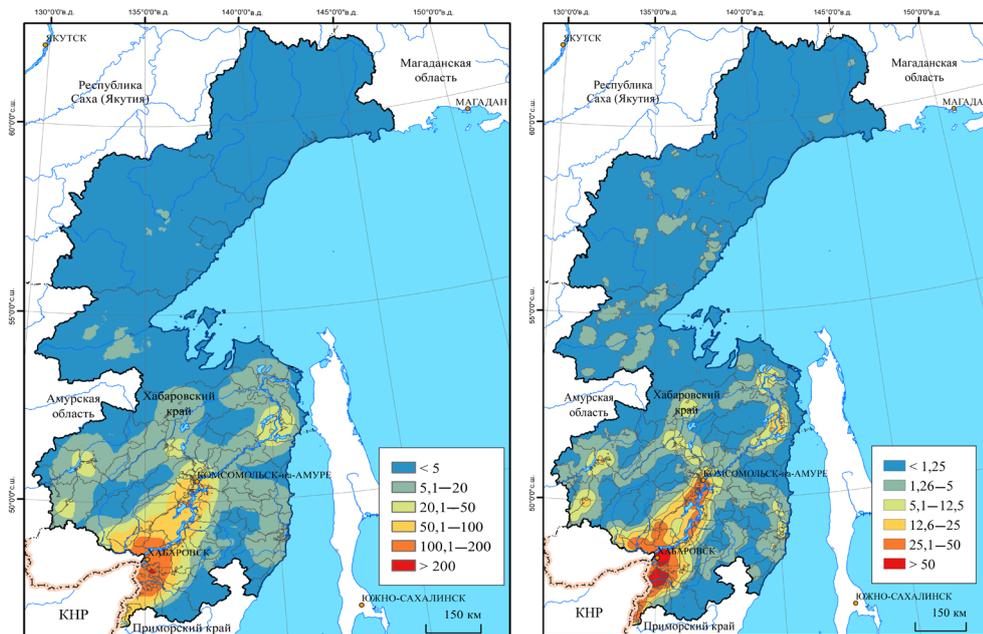


Рис. 1. Точки возгораний на территории Среднеамурской низменности за 2000–2020 гг. по данным [4]. Светло зеленый – земли лесного фонда

Fig. 1. The firing points in the territory of the Middle Amur Lowland for 2000–2020 according to the data of [4]. Light green – forest fund lands

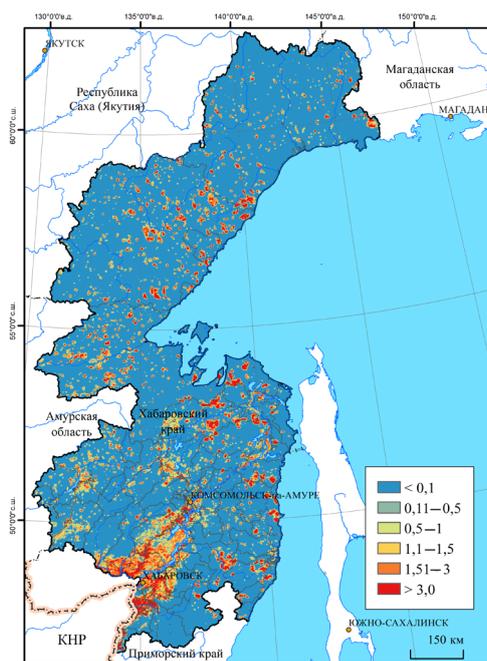
Альтернативный способ характеристики горимости – выполненный нами расчет количества возгораний в ячейке (точке) растровой поверхности методом скользящего окна, при котором вычисляется количество возгораний в заданном радиусе, соответствующем площади круга 1 млн (рис. 2, *a*) и 250 тыс. га (рис. 2, *б*). Как показывает сравнение рисунков, скользящее окно размером 250 тыс. га позволяет подходить к оценке рисков возгораний более дифференцированно, тогда как при более крупном размере окна локальные различия сглаживаются.

Для оценки плотности ландшафтных пожаров использовались данные Информационной системы дистанционного мониторинга Федерального агентства лесного хозяйства (ИСДМ Рослесхоза) [4] за 2000–2020 гг. В связи с отсутствием свободного доступа к данным о границах пожаров в системе ИСДМ, дополнительно для оценки площадей ландшафтных пожаров взяты данные о количестве возгораний – горячих точек (HS) с сайта Fire Information for Resource Management System (FIRMS) MODIS Collection 6 за 2000–2021 гг. [14].



a

b



v

Рис. 2. Карты горимости территории Хабаровского края по числу пожаров на 1 млн га (*a*), на 250 тыс. га (*b*) и по средней площади пожаров на 1000 га (*v*)

Fig. 2. The fire frequency maps of the Khabarovsk Territory area by the number of fires per 1 mln ha (*a*), per 250 ths ha (*b*) and by the average fire area per 1000 ha (*v*)

Расчеты проводились с помощью инструмента Point Density в модуле Spatial Analyst программного комплекса ArcGIS 10.8. Получена растровая поверхность с ячейкой 100×100 м с численными значениями плотности точек возникновения и площадей пожаров в заданном радиусе от точки. Для удобства сопоставления с картами по более ранним данным других авторов результаты приведены к шкале, разработанной институтом «Росгипролес» [5].

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ полученных результатов показывает пространственную неоднородность распространения ландшафтных пожаров по территории края и их приуроченность к объектам транспортной и селитебной структуры. На рис. 2 видно, что земли с высокой горимостью пространственно не совпадают с границами лесхозов (показаны черными линиями), что подтверждает указанные выше недостатки использования лесохозяйственных границ для оценки пожарных рисков. Даже в пределах лесничеств, отнесенных при расчете в лесохозяйственных границах к территориям с низкой горимостью, выделяется ряд участков со средней и выше средней горимостью.

Сопоставление карты горимости, рассчитанной по методу скользящего окна, с данными о границах лесной растительности показывает, что максимальная горимость характерна для нелесных территорий края, часто не попадающих в лесохозяйственную статистику. Большая часть возгораний происходит вблизи (до 10 км) объектов селитебной и транспортной инфраструктуры, т. е. связана с деятельностью человека. Анализ данных о количестве возгораний и площадях пожаров на покрытых лесом землях выявляет следующую закономерность, отмечаемую и другими исследователями [8]: несмотря на значительное количество возгораний лесов вблизи антропогенных объектов максимальные площади, пройденные пожаром, характерны для слабо освоенных горных и удаленных территорий. Это связано с двумя факторами:

1. Развитая инфраструктура хотя и является потенциальным источником огня, одновременно способствует быстрому обнаружению и оперативному тушению лесных пожаров, что не дает им развиваться и достигнуть больших размеров, в то время как пожары на удаленных, труднодоступных территориях несмотря на то, что могут быть быстро обнаружены (авиационными или космическими методами), достигают больших размеров из-за длительного промежутка времени между обнаружением и началом тушения (такая ситуация характерна для горных южных и центральных районов края).

2. Превосходящая часть удаленных северных территорий края относится к зоне, где тушение лесных пожаров проводится только при угрозе человеческой жизни или социально-экономическим объектам, т. е. при обнаружении лесного пожара он развивается, пока не достигнет естественных противопожарных рубежей – рек, озер, каменистых безлесных земель и т. п.

Кроме того, значительные площади пожаров при относительно низком количестве возгораний характерны для территорий, покрытых растительностью 1–3-го классов опасности по пирологическим характеристикам (вырубки, гари, редины, сухостойники, лиственничники и ельники с кедровым стлаником и зеленомошными).

Пожары на территории Хабаровского края, наряду с пространственной, характеризуются высокой сезонной неоднородностью (рис. 3). Если в зимний период в среднем наблюдается 4–8 возгораний, то для весны эта величина составляет 650–750 случаев, летом – 170–200, осенью – 160–190. Причем для разных сезонов кроме количественных различий наблюдаются и пространственные сдвиги точек возгораний и областей с их высокой плотностью.

В зимний период пожарная активность практически не наблюдается. Небольшое количество возгораний отмечается на юго-западе края, где воздействию огня подвергаются прежде всего нелесные экосистемы с высокотравными лугами и тростниковыми зарослями вдоль автомобильных дорог, служащих источниками огня при позднем формировании снежного покрова или его раннем сходе.

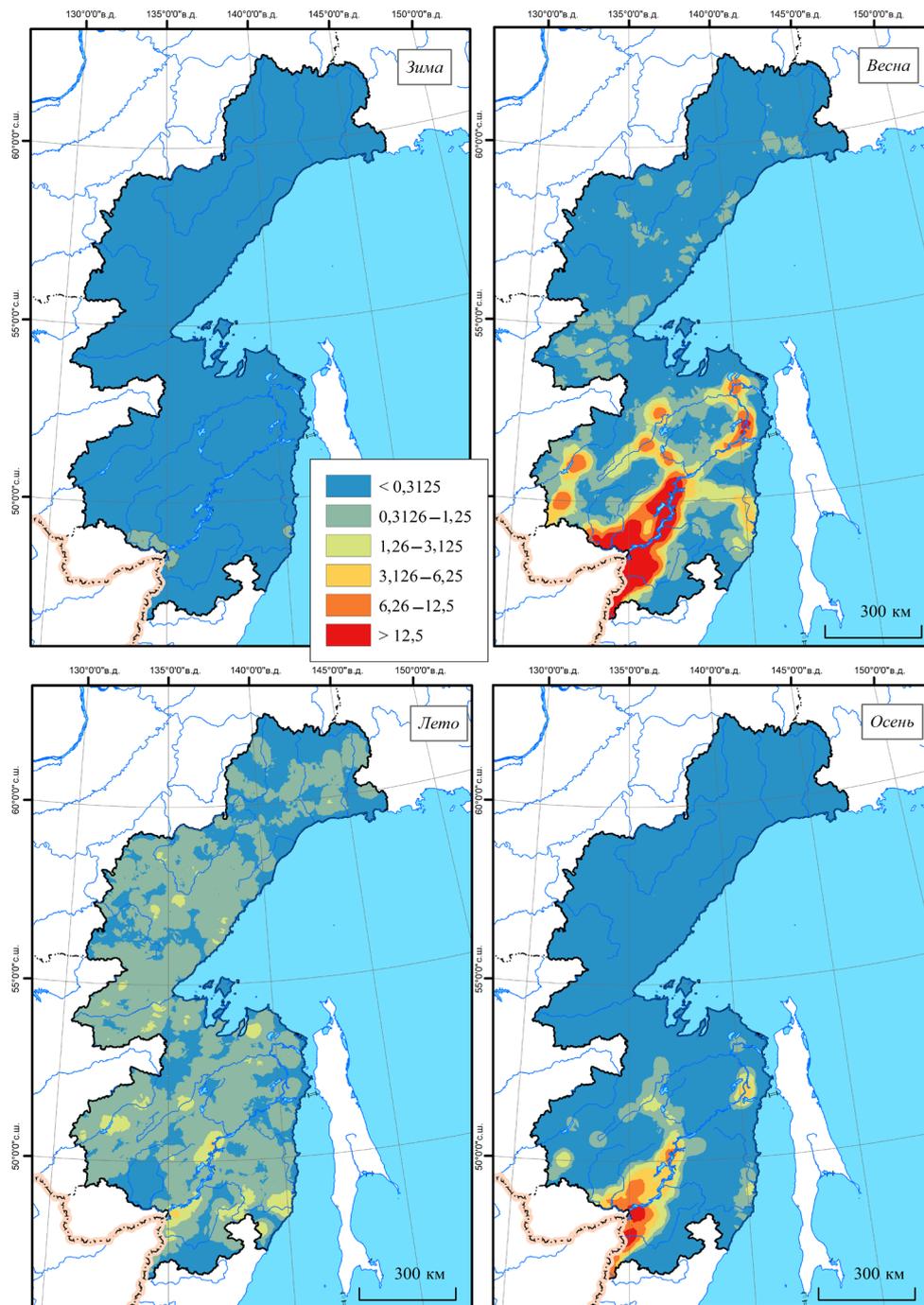


Рис. 3. Карты горимости территории Хабаровского края в различные сезоны по числу пожаров на 250 тыс. га: менее 0,3125 – низкая; 0,3126–1,25 – ниже средней; 1,126–3,125 – средняя; 3,126–6,25 – выше средней; 6,26–12,5 – высокая; более 12,5 – чрезвычайная

Fig. 3. The fire frequency maps of the Khabarovsk Territory area in various seasons by the number of fires per 250 ths ha: less than 0.3125 – low; 0.3126–1.25 – below medium; 1.126–3.125 – medium; 3.126–6.25 – above medium; 6.26–12.5 – high; more than 12.5 – extreme

Весной и осенью бóльшая часть возгораний сосредоточена в пределах долины р. Амур и других крупных рек (р. Горин, р. Амгунь), а также вдоль основных транспортных магистралей (Транссиб, Байкало-Амурская магистраль, железная дорога Хабаровск–Комсомольск-на-Амуре). Как и зимой, в наибольшей степени пирогенному воздействию подвергаются недревесные экосистемы, где основным горючим материалом в этот период является сухая биомасса трав и кустарников.

Летом травяные пожары практически не наблюдаются, основные очаги возгораний смещаются в лесные экосистемы, где есть значительные запасы древесных сухих горючих материалов. Несмотря на все организационные, законодательные и другие меры, основным источником пожаров в южных и центральных районах Хабаровского края остается деятельность человека, что проявляется в приуроченности возгораний к зонам основного лесохозяйственного и горнорудного освоения.

В целом бóльшая часть территории края характеризуется низким уровнем горимости по количеству возгораний на 1 млн га, что связано прежде всего со слабой степенью освоенности территории, снижающей риск возникновения пожара. Так, 88,3 % территории края относится к низкой и ниже средней категориям горимости (табл. 3). Доля таких территорий изменяется по сезонам от 99,99 % в зимний период до 80,1 % в весенний. Одновременно доля территорий с высокой и чрезвычайной горимостью в течение года варьирует от 0 % зимой и летом до 8,7 % весной. Площадная структура земель с различными уровнями горимости по количеству возгораний при расчете по методу скользящего окна сопоставима с результатами расчетов в границах лесничеств, хотя и более пространственно дифференцирована.

Таблица 3

**Сезонное и годовое распределение территории Хабаровского края по относительной горимости лесов (по количеству пожаров на 1 млн га)
The seasonal and yearly distribution of the Khabarovsk Territory area by relative forest fire frequency (the number of fires per 1 mln ha)**

Относительная горимость	Доля от площади края, % (расчет по методу скользящего окна)					Доля от площади края, % (данные [8])
	Зима	Весна	Лето	Осень	Год	
Низкая	98,8	62,4	30,3	85,9	68,9	62,9
Ниже средней	1,2	18,5	64,3	6,3	19,4	34,9
Средняя	0,001	6,1	5,2	2,8	5,5	1,8
Выше средней	–	4,3	0,2	2,6	3,1	0,3
Высокая	–	3,8	–	1,8	2,5	0,1
Чрезвычайная	–	4,9	–	0,5	0,6	0

Другая ситуация наблюдается при сравнении результатов расчетов фактической горимости по площади пожаров (табл. 4). Если по данным А.М. Орлова и др. [8] доля территорий края с низкой и ниже средней горимостью составляет 57,9 %, то при расчете по методу скользящего окна она увеличивается до 84,8 %, при этом доля земель с высокой и чрезвычайной горимостью снижается

с 33,7 до 7,9 %. Такое значительное уменьшение наблюдается в результате осреднения при расчете в границах лесохозяйственных единиц. Например, территория Хабаровского лесничества Хабаровского края имеет площадь 90,5 тыс. га и по числу пожаров на 1000 га относится к территориям с чрезвычайной горимостью (36,49 га на 1000 га), при этом площади с таким показателем при расчете по методу скользящего окна составляют менее 50 % (рис. 4, *а*). Иное наблюдается в Чумиканском лесничестве (9,4 млн га), относящемся к категории лесничеств с низкой горимостью (0,06 га на 1000 га). Анализ рис. 4, *б* показывает, что в пределах лесничества около 10 % территорий относятся к землям с высокой и чрезвычайной горимостью, а это составляет порядка 94 тыс. га, т. е. сопоставимо с площадями отдельных небольших лесничеств.

Таблица 4

Годовое распределение территории Хабаровского края по относительной горимости лесов (по средней площади пожаров на 1000 га)
The yearly distribution of the Khabarovsk Territory area by relative forest fire frequency (the average fire area per 1000 ha)

Относительная горимость	Доля от площади края, %	
	Расчет по методу скользящего окна	Данные [8]
Низкая	78,4	13,1
Ниже средней	6,4	44,8
Средняя	4,3	4,3
Выше средней	3,0	4,1
Высокая	4,9	5,5
Чрезвычайная	3,0	28,2

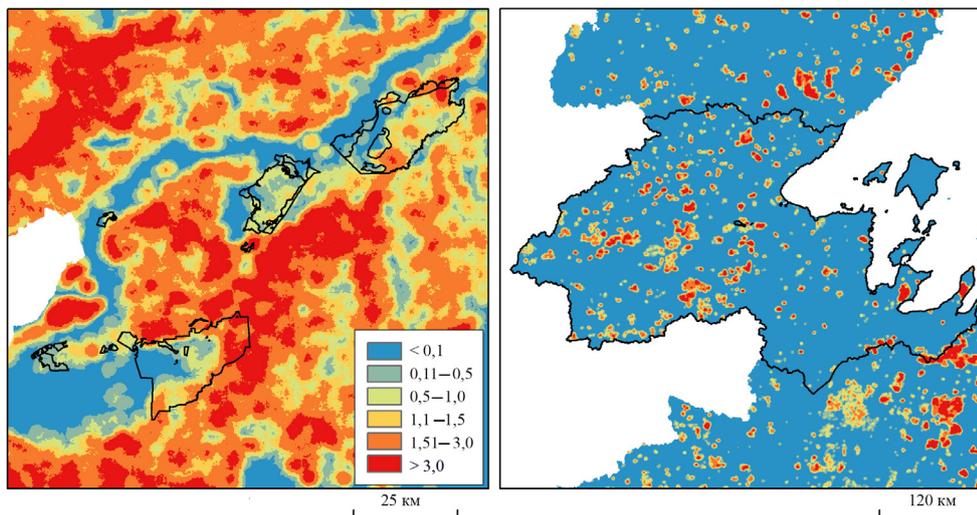
*а**б*

Рис. 4. Карты горимости территорий Хабаровского (*а*) и Чумиканского (*б*) лесничеств Хабаровского края по площади пожаров на 1000 га

Fig. 4. The fire frequency maps of the territories of the Khabarovsk (*a*) and Chumikanskiy (*b*) forestries of the Khabarovsk Territory by the fire area per 1000 ha

Заключение

Разработанные с использованием метода скользящего окна карты горимости ландшафтов Хабаровского края (показывающие число пожаров на 1 млн и 250 тыс. га, а также площади пожаров на 1000 га) позволяют достаточно объективно и детально отразить среднесрочный риск возникновения пожара вне привязки к лесохозяйственным границам как в целом за год, так и по отдельным сезонам. Данные карты в сочетании с картой распределения лесов по классам природной пожарной опасности по пирологическим характеристикам (показывающей риск развития пожара) могут стать основой для оценки фонового пожарного риска, отражающего возможность возникновения и развития пожара независимо от условий погоды. В этом случае суммарный риск лесных пожаров определяется как произведение риска возникновения ландшафтного пожара (за год или по сезонам) и риска развития пожара по пирологическим характеристикам растительности. В сочетании с картами ежедневной степени пожарной опасности по условиям погоды (комплексный показатель пожарной опасности В.Г. Нестерова, показатели влажности надпочвенного покрова и лесной подстилки, предложенные ЛенНИИЛХ) из Информационной системы дистанционного мониторинга Федерального агентства лесного хозяйства разработанные нами карты применимы в качестве инструмента оперативного управления противопожарными мероприятиями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Гусев В.Г. О методе оценки возможности возникновения и распространения пожаров в лесах по их фактической горимости // Тр. СПбНИИЛХ. 2018. № 2. С. 40–52.
Gusev V.G. On the Method for Assessing the Possibility of Occurrence and Spread of Fires in Forests According to Their Actual Burning. *Trudy Sankt-Peterburgskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta lesnogo khozyajstva* = Proceedings of the St. Petersburg Research Institute of Forestry, 2018, no. 2, pp. 40–52. (In Russ.). <https://doi.org/10.21178/2079-6080.2018.2.40>
2. Залесов С.В., Годовалов Г.А., Платонов Е.Ю. Уточненная шкала распределения участков лесного фонда по классам природной пожарной опасности // Аграр. вестн. Урала. 2013. № 10(116). С. 45–49.
Zalesov S.V., Godovalov G.A., Platonov E.Ju. Clarified Scale for Distribution of Forest Fund Blocks According the Wildfire Hazard Classes. *Agrarnyj vestnik Urala* = Agrarian Bulletin of the Urals, 2013, no. 10(116), pp. 45–49. (In Russ.).
3. Залесов С.В., Миронов М.П. Обнаружение и тушение лесных пожаров. Екатеринбург: УГЛУТУ, 2004. 138 с.
Zalesov S.V., Mironov M.P. *Detecting and Fighting Forest Fires*. Yekaterinburg, USFEI Publ., 2004. 138 p. (In Russ.).
4. Информационная система дистанционного мониторинга Федерального агентства лесного хозяйства. Режим доступа: https://nffc.aviales.ru/main_pages/index.shtml (дата обращения: 09.02.21).
Remote Monitoring Information System of the Federal Forestry Agency. (In Russ.).
5. Ковалев А.П., Шешуков М.А., Позднякова В.В. Критерии приоритетности тушения лесных пожаров при массовом их возникновении // Лесхоз. информ. 2015. № 3. С. 47–55.

Kovalev A.P., Sheshukov M.A., Pozdnyakova V.V. Decision Algorithm to Prioritize Fighting Forest Fires in Mass They Occur. *Lesokhozyajstvennaya informatsiya* = Forestry Information, 2015, no. 3, pp. 47–55. (In Russ.).

6. Марченко В.П., Залесов С.В. Горимость ленточных боров Прииртышья и пути ее минимизации на примере ГУ ГЛПР «Ертыс орманы» // Вестн. Алтайск. гос. аграр. ун-та. 2013. № 10(108). С. 55–59.

Marchenko V.P., Zalesov S.V. Fire Occurrence in Belt Pine Forests of the Irtysh River Area (Priirtyshye) and Its Minimization (the Case Study of the State Forest Natural Reserve «Ertys Ormany»). *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = Bulletin of Altai State Agricultural University, 2013, no. 10(108), pp. 55–59. (In Russ.).

7. Ольховка И.Э., Залесов С.В. Лесопожарное районирование лесов Курганской области и рекомендации по их противопожарному обустройству // Современ. проблемы науки и образования. 2013. № 5. Ст. № 687. Режим доступа: <https://s.science-education.ru/pdf/2013/5/296.pdf> (дата обращения: 02.08.19).

Olhovka I.E., Zalesov S.V. Forest Fire Zoning in Forests of Kurgan Region and Some Recommendations on Their Antifire Arrangement. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* = Modern Problems of Science and Education, 2013, no. 5, art. no. 686. (In Russ.).

8. Орлов А.М., Андреев Ю.А., Чаков В.В., Позднякова В.В. Пожарная обстановка в лесах Хабаровского края. Хабаровск: Хабаров. краев. тип., 2022. 160 с.

Orlov A.M., Andreev Yu.A., Chakov V.V., Pozdnyakova V.V. *The Fire Situation in the Forests of the Khabarovsk Territory*. Khabarovsk, Khabarovsk Regional Print. House, 2022. 160 p. (In Russ.).

9. Рубцов А.В., Сухинин А.И., Ваганов Е.А. Классификация территории Сибири по фактической горимости с использованием спутниковых данных // Журн. СФУ. Сер.: Биология. 2010. Т. 3, № 1. С. 30–39.

Rubtsov A.V., Sukhinin A.I., Vaganov E.A. Actual Fire Danger Classification of the Siberian Territories Using Satellite Data. *Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Seriya: Biologiya* = Journal of Siberian Federal University. Biology, 2010, vol. 3, no. 1, pp. 30–39. (In Russ.). <https://doi.org/10.17516/1997-1389-0215>

10. Шубин Д.А., Залесов С.В. Последствия лесных пожаров в сосняках Приобского водоохранного сосново-березового лесохозяйственного района Алтайского края: моногр. Екатеринбург, 2016. 127 с.

Shubin D.A., Zalesov S.V. *Consequences of Forest Fires in the Pine Forests of the Priobsky Water Protection Pine-Birch Forestry Area of the Altai Territory*: Monograph. Yekaterinburg, 2016. 127 p. (In Russ.).

11. Шубин Д.А., Залесова Е.С., Толстиков А.Ю. Показатели фактической горимости ленточных боров Алтайского края // Успехи современ. естествознания. 2019. № 10. С. 23–28.

Shubin D.A., Zalesova E.S., Tolstikov A.Yu. Actual Burning Index (Fire Coad Index) of Stripe Pine Forest in Altai Region. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya* = Advances in Current Natural Sciences, 2019, no. 10, pp. 23–28. (In Russ.).

12. Шубин Д.А., Малиновских А.А., Залесов С.В. Влияние пожаров на компоненты лесного биогеоценоза в Верхне-Обском боровом массиве // Изв. Оренбург. гос. аграр. ун-та. 2013. № 6(44). С. 205–208.

Shubin D.A., Malinovskikh A.A., Zalesov S.V. The Effect of Fires on the Components of Forest Biogeocenosis in the Upper Ob Hog Mass. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = Izvestiya Orenburg State Agrarian University, 2013, no. 6(44), pp. 205–208. (In Russ.).

13. Efremov D.F., Sheshukov M.A. Ecological and Economic Evaluation of the Consequences of Catastrophic Fires in the Russian Far East: The Khabarovsk Territory Example of 1998. *International Forest Fire News*, 2000, no. 22, pp. 53–62.

14. *FIRMS: Fire Information for Resource Management System*. Available at: <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/download/> (accessed: 19.02.22).
15. Goldammer J.G., Stocks B.J., Sukhinin A.I., Ponomarev E. Current Fire Regimes, Impacts and the Likely Changes – II: Forest Fires in Russia – Past and Current Trends. *Vegetation Fires and Global Change. Challenges for Concerted International Action: A White Paper Directed to the United Nations and International Organizations*. Germany, Eifelweg, Global Fire Monitoring Center (GFMC) / Kessel Publ. House, 2013, pp. 51–79.
16. Loupian E.A., Mazurov A.A., Flitman E.V., Ershov D.V., Korovin G.N., Novik V.P., Abushenko N.A., Altyntsev D.A., Koshelev 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. Satellite Monitoring of Forest Fires in Russia at Federal and Regional Levels. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 2006, pp. 113–145. <https://doi.org/10.1007/s11027-006-1013-7>
17. Shvidenko A.Z., Nilsson S. Extent, Distribution, and Ecological Role of Fire in Russian Forests. *Fire, Climate Change, and Carbon Cycling in the Boreal Forest. Ecological Studies*, vol. 138. New York, Springer, 2000, pp. 132–150. https://doi.org/10.1007/978-0-387-21629-4_8
18. Soja A.J., Sukhinin A.I., Cahoon Jr D.R., Shugart H.H., Stackhouse Jr P.W. AVHRR-Derived Fire Frequency, Distribution, and Area Burned in Siberia. *International Journal of Remote Sensing*, 2004, vol. 25, iss. 10, pp. 1939–1960. <https://doi.org/10.1080/01431160310001609725>

Конфликт интересов: Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов
Conflict of interest: The author declares that there is no conflict of interest