УДК 630.43(57.1/.6)
DOI: 10.21209/2227-9245-2022-28-5-6-18

ЦИРКУЛЯЦИОННЫЕ ФАКТОРЫ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ НА ТЕРРИТОРИИ СИБИРИ И ЯКУТИИ В НАЧАЛЕ XXI в.

CIRCULATION FACTORS OF FOREST FIRES IN SIBERIA AND YAKUTIA AT THE BEGINNING OF THE XXI CENTURY

С. Ж. Вологжина,
Иркутский государственный университет, г. Иркутск
svologzhina@gmail.com

И. В. Латышева,
Иркутский государственный университет, г. Иркутск
ababab1967@mail.ru

К. А. Лощенко,
Иркутский государственный университет, г. Иркутск
loshchenko@bk.ru

S. Vologzhina,
Irkutsk State University, Irkutsk

I. Latysheva,
Irkutsk State University, Irkutsk

K. Loschenko,
Irkutsk State University, Irkutsk

Природные пожары в северных малоосвоенных регионах России составляют значительную часть чрезвычайных ситуаций природного характера. При этом 70…90 % площадей лесов, пройденных огнем, фиксируется на территории Сибири и Якутии. Это регионы, где сосредоточена основная часть бореальных лесов России, которые играют важную роль в поглощении и связывании углерода. Глобальные изменения рассматриваются как интегральный результат, обусловленный климатическими изменениями и антропогенной деятельностью, быстро меняют среду бореального леса. В этой связи *актуальны* исследования климатических и циркуляционных факторов возникновения и распространения лесных пожаров. В качестве *объекта исследования* выбраны территории Красноярского края, Иркутской области, Республики Бурятия, Республики (Саха) Якутия и Забайкальского края, которые вносят существенный вклад в динамику лесных пожаров на территории России. По ежедневным данным ФБУ «Авиалесохрана» рассчитан процентный вклад названных регионов в количество очагов возгорания и площадь распространения лесных пожаров, которые были зафиксированы на территории России в период с 1 июня по 30 сентября 2020 и 2021 гг. На основе типизации синоптических процессов у поверхности Земли и в средней тропосфере по ежедневным синоптическим картам Гидрометцентра России установлены преобладающие типы погодных условий высокого уровня пожароопасности на территории Сибири и Якутии

Ключевые слова: *лесные пожары, мониторинг, пожарная опасность, Сибирь, Якутия, погодные факторы, циркуляция, климат, меридиональные потоки, экологический ущерб*

Natural fires in the northern underdeveloped regions of Russia constitute a significant part of natural emergencies, while about 70...90 % of all forest areas covered by fire are recorded in Siberia and Yakutia. These are the regions where the bulk of the boreal forests of Russia are concentrated, which play an important role in the absorption and sequestration of carbon. Global changes, which are seen as an integral result of climate change and anthropogenic activities, are rapidly changing the environment of the boreal forest. In this regard, studies of climatic and circulation factors for the occurrence and spread of forest fires are relevant. The territories of the Krasnoyarsk Territory, the Irkutsk Region, the Republic of Buryatia, the Republic (Sakha) of Yakutia and Transbaikalia, which make a signif-

© С. Ж. Вологжина, И. В. Латышева, К. А. Лощенко, 2022

icant contribution to the dynamics of forest fires in Russia as a whole, were chosen as objects of study. According to the daily data of FBU “Avialesohrana”, the percentage contribution of these regions to the number and area of forest fires that were recorded in Russia from June 1 to September 30 was calculated using the example of 2020 and 2021. Based on the typification of synoptic processes near the Earth’s surface and the middle troposphere, according to the daily synoptic maps of the Hydrometeorological Center of Russia, the prevailing types of weather conditions of a high level of fire danger in Siberia and Yakutia were established

Key words: *forest fires, monitoring, fire danger, Siberia, Yakutia, weather factors, circulation, climate, meridional flows, environmental damage*

Введение. Лесные пожары в последние десятилетия происходят в России чрезвычайно часто, нанося значительный экономический и экологический ущерб (рис.1). За 2015–2020 гг. число лесных пожаров составило от 10992 (2017) до 14812 (2020). Только за последние 20 лет огонь ежегодно проходит 10 млн га площади лесов, в отдельные годы до 18 млн га. Ежегодно из-за пожаров погибает не менее 3 млн га лесов, что в три раза больше, чем площадь лесов, ежегодно используемых для заготовки древесины. Экономический ущерб от лесных пожаров в России, по данным за 2019 г., составил около 14 млрд р. [5]. Исторический опыт свидетельствует: Россия уже переживала аналогичный экологический кризис в 1920–1921 гг. [19]. Наряду с засухой, причиной пожаров в эти годы стало несоблюдение лесозаготовителями правил ведения рубок и пожарной безопасности [7].

Для объективной оценки динамики числа очагов и площади распространения лесных пожаров используют такие показатели, как:

– частота возникновения лесных пожаров – число лесных пожаров за пожароопасный сезон (год) или среднее многолетнее значение этого показателя на 1 млн га охраняемой площади земель лесного фонда;

– относительная горимость леса – отношение суммарной площади лесных пожаров за пожароопасный сезон к охраняемой площади;

– средняя площадь одного пожара [16].

Для сравнения: в России показатели частоты возникновения лесных пожаров в два раза больше, чем в Канаде, но в четыре раза меньше, чем в США, тогда как по горимости и средней площади лесных пожаров Россия занимает промежуточную позицию [8].

По величине охваченной огнём площади лесные пожары подразделяются на следующие типы:·загорание (0,1…0,2 га); малый пожар (0,2…2,0 га); небольшой пожар (2,1…20 га); средний пожар (21…200 га); крупный пожар (201…2000 га); катастрофический пожар (>2000 га).

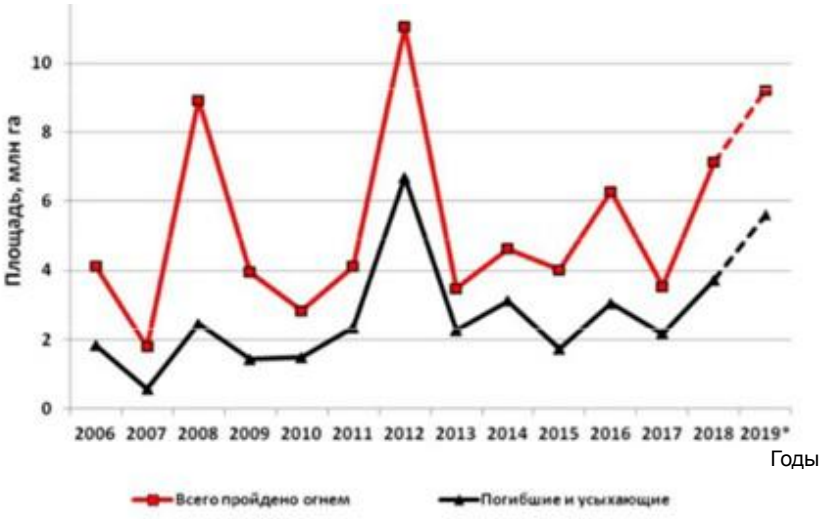

Рис. 1. Площадь лесных пожаров и пирогенной гибели лесов в России [3] /
Fig. 1. Area of forest fires and pyrogenic forest death in Russia [3]

Параметры низовых лесных пожаров следующие:

– слабый со скоростью распространения до 1 м/мин и высотой менее 0,5 м;

– средний соответственно с показателями 1…3 м/мин и менее 1,5 м;

– сильный – более 3 м/мин и 1,5 м.

По скорости распространения верховой пожар подразделяется на три категории:

– слабый – <3 м/мин;

– средний – 3…100 м/мин;

– сильный – >100 м/мин.

Почвенный пожар считается слабым, если глубина выгорания составляет менее 25 см, средним, если она равна 25…50 см и сильным, если превышает 50 см [10].

Установление очагов лесных пожаров и исследование причин их возникновения является трудоемкой задачей, требующей глубоких знаний механизма развития пожара [18]. Необходимо определить скорость и направленности распространения фронтальной, тыловой и фланговых зон пожара, установить степень уничтожения или повреждения лесов [6]. Как факторы, определяющие природную пожарную опасность, рассматриваются категории земель, возраст насаждения, тип леса, преобладающие и сопутствующие древесные породы, полнота насаждений, наличие пожароопасного подроста и подлеска, сухостоя и захламленности, удаленность от дорог общего пользования и др. [22].

Одной из ключевых задач мониторинга пожарной опасности в лесах является определение класса природной пожарной опасности (ППО). В классификации введено понятие пожарного максимума – периода, в течение которого число лесных пожаров или площадь, охваченная огнем, превышает средние многолетние значения для данного района. Так, I класс характеризуется очень высокой ППО, когда возникновение низовых и верховых пожаров возможно в течение всего пожароопасного сезона. При высокой ППО, которая характерна для II класса, низовые пожары могут возникать в течение всего пожароопасного сезона, а верховые – в периоды пожарных максимумов.

На участках со средней ППО (III класс) низовые и верховые пожары возможны в период летнего пожарного максимума, а при снижении ППО до слабой (IV класс) пожары происходят только в периоды летнего максимума во всех типах леса и на долгомошниковых вырубках. При V классе ППО отсутствует, а возникновение пожара возможно только при наступлении особо неблагоприятных условий в виде длительной засухи [23]. Наиболее оптимальной формой для представления природной пожарной опасности является картографическая [1].

Последствия лесных пожаров сказываются на изменении кислотности (pH), минерального состава, водно-воздушного, гидротермического режима, микробиологических, биохимических и биологических свойствах почв, землепользовании [31], уничтожении растительности и представителей фауны [30]; изменениях климата и таянии вечной мерзлоты [24]; нарушении водного баланса экосистемы речного бассейна и повышении риска наводнений [4]; дополнительном поступлении в атмосферу вредных газов и ухудшении качества воздуха в результате задымления территорий, прилегающих к очагам горения; нанесении значительного экономического ущерба или полном уничтожении огнём жилых домов, находящихся в непосредственной близости от лесов [12]. Гарь и дым лесных пожаров могут достигать стратосферы, оказывая влияние на радиационные характеристики атмосферы [17].

Постановка задачи. Самыми пожароопасными регионами России являются Дальний Восток (Хабаровский и Приморский край), Республика Бурятия, Поволжье и Урал (самые обширные возгорания отмечаются в Свердловской области), Сибирь (Ханты-Мансийский округ, Забайкальский и Красноярский края, Иркутская область [2]. Наиболее уязвимой пожароопасной территорией России является тайга, на долю которой приходится самое большое количество лесных пожаров. Возникновение сильных возгораний связано с отдалённостью населённых пунктов, затруднительными подъездными путями, где, как правило, устранение масштабных пожаров возможно только при применении авиации [32].

Причинами возникновения и распространения лесных пожаров могут быть природные и антропогенные факторы. Например, в США на лесные пожары природного происхождения в настоящее время приходится ~20 % от общего их количества. При этом изменения климата играют ключевую роль, преимущественно за счет уменьшения сумм атмосферных осадков на фоне повышения средних температур [27]. Для сравнения: в Республике Саха (Якутия), которая характеризуется чрезвычайно высокой горимостью лесов на территории России, по данным на 2017 г., лесные пожары, прои-

зошедшие на охраняемой зоне, примерно в равном соотношении (41…42 %) происходили по вине населения или были вызваны грозами; с сельскохозяйственными палами отмечалось около 7,2 % случаев, на обрыв линий электропередач приходится около 1 %, по неустановленным причинам – 8,4 % [11]. В Республике Бурятия, где лесопокрытые территории занимают около 85 % площади, деструктивное воздействие на кедровый древостой оказывают весенне-летние засухи и сильные ветры в сочетании с постоянным антропогенным фактором [21]. Высокая пожароопасность лесных массивов в горном Прибайкалье обусловлена как абсолютным доминированием в их составе пожароопасных типов светлохвойных насаждений, так и благоприятными погодными условиями, в частности, продолжительными весенне-летними засухами. В Прибайкалье возможны более интенсивные пожары по сравнению с другими регионами Южной Сибири [9].

В рамках прогнозируемых изменений климата важной составляющей является оценка антропогенных воздействий лесных пожаров на состояние климатической системы, учитывая, что при лесных пожарах в атмосферу поступает большое количество CO_2, который является парниковым газом атмосферы [26]. Существует и послепожарная эмиссия углекислого газа на площадях, ранее пройденных лесными пожарами, которая может продолжаться до нескольких десятилетий [15].

Современные системы прогноза пожарной опасности в лесах базируются на эмпирических и полуэмпирических моделях, учитывающих в основном метеорологические данные [20]. Наиболее известными методиками являются канадская, российская, американская и австралийская. Разработанная в России методика оценки пожарной опасности базируется на комплексном показателе В. Г. Нестерова [14]. Российская методика слабо учитывает реальные физические процессы, протекающие в слоях растительных горючих материалов (действие ветра и солнечного излучения, перенос тепла и воздушных масс, испарение, конденсация и др.). Её невозможно использовать на обширных малонаселённых территориях со слабо развитой сетью метеорологических станций. Более достоверно статистическую связь климатических характеристик с пожарной активностью в разных регионах земного шара отражают современные численные модели, согласно которым, количество выпавших осадков, скорость ветра, относительная влажность и температура воздуха оказались основными метеорологическими факторами, влияющими на характеристики лесных пожаров [25; 28; 29].

Понимание причин возникновения и пространственно-временных характеристик распределения лесных пожаров имеет решающее значение для разработки профилактической политики, адаптированной к социально-экономическим, культурным и экологическим условиям каждого региона. Сибирские леса, на долю которых приходится около 80 % лесных запасов России, обеспечивают около 75 % потенциала поглощения углерода всех бореальных лесов мира [13].

В этой связи проведен сравнительный анализ погодных условий и циркуляционных факторов возникновения и распространения лесных пожаров на территории Сибири и Якутии за последние два года (2020–2021) на основе типизации синоптических процессов у поверхности Земли и на высоте 5 км, которая отражает теплосодержание средней тропосферы. На основе построения траекторий смещения воздушных масс на разных уровнях тропосферы в периоды высокого уровня пожарной опасности определялся вклад характеристик крупномасштабного переноса в распространение лесных пожаров. В качестве объектов исследования выбраны территории Республики (Саха) Якутия, Забайкалья, Республики Бурятии, Иркутской области и Красноярского края – как одни из наиболее пожароопасных регионов России за последние два десятилетия. По ежедневным данным ФБУ «Авиалесохрана» (https://aviales.ru/) были сформированы электронные архивы по количеству и площади лесных пожаров и проанализированы пространственно-временные особенности их распределения в исследуемых регионах за пожароопасный период с 1 июня по 30 сентября 2020 и 2021 гг.

Результаты исследования. Вклад лесных пожаров, которые были зафиксированы в летние месяцы 2020–2021 гг. на территориях Красноярского края, Иркутской области, Забайкалья и Якутии, в общее число лесных пожаров, отмечавшихся в России, по данным ФБУ «Авиалесохрана», составил 58 % в 2020 г. и 61 % в 2021 г. (рис. 2). Процентный вклад указанных регионов в общую площадь распространения лесных пожаров на территории России равен 45 и 99 % соответственно. В 2020 г. наибольший вклад по числу очагов

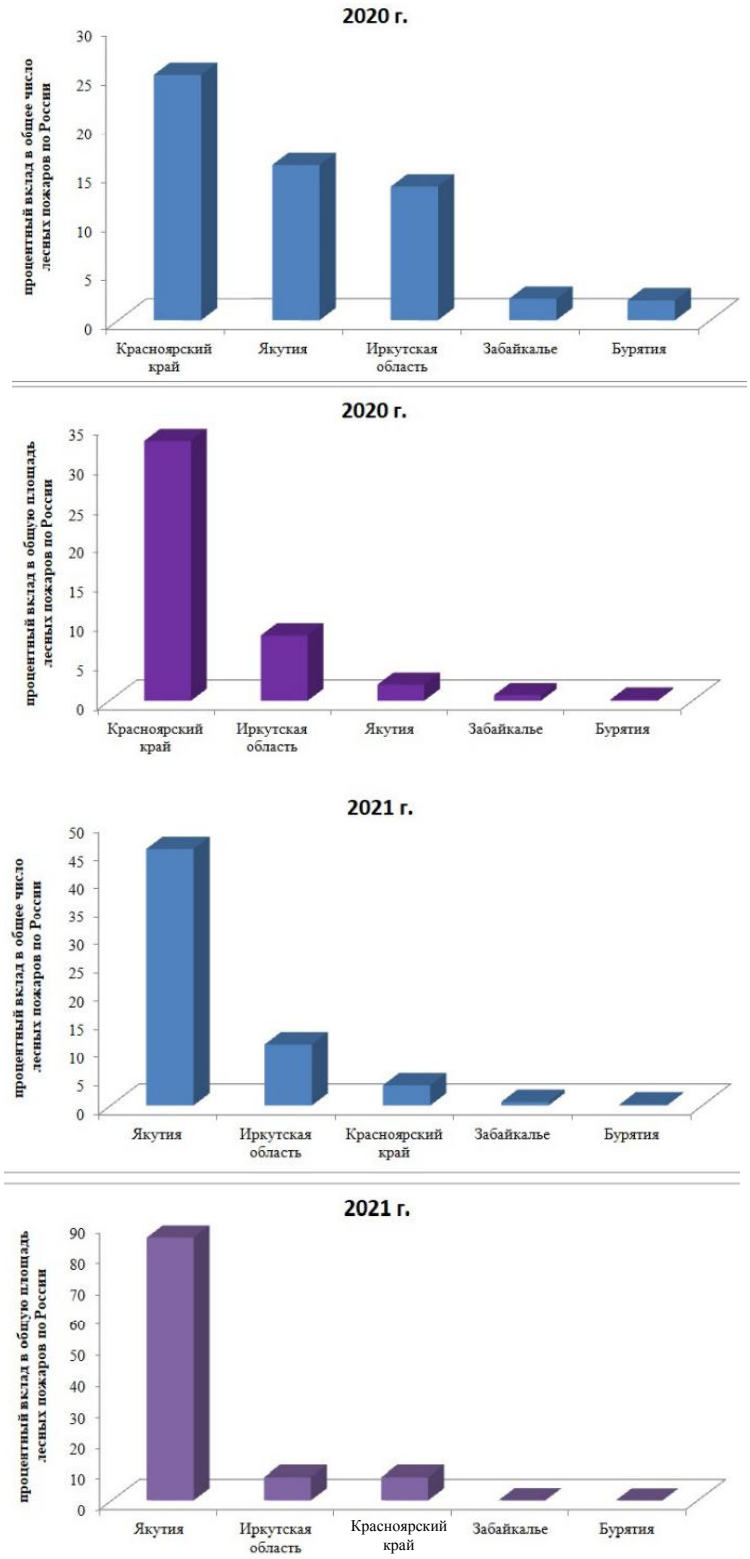

Рис. 2. Процентное соотношение количества и площади распространения лесных пожаров на территории Красноярского края, Иркутской области, Якутии, Бурятии и Забайкалья в общие показатели по России в 2020 и 2021 гг. / Fig. 2. Percentage of the number and area of forest fires distribution in the territory of the Krasnoyarsk region, Irkutsk region, Yakutia, Buryatia and Transbaikalia in the total indicators for Russia in 2020 and 2021

возгорания и площади лесных пожаров приходился на территорию Красноярского края, в 2021 г. – на Республику Саха (Якутия). Минимальное число пожаров с наименьшей площадью распространения в указанные годы среди рассмотренных регионов отмечалось в Республике Бурятия и Забайкалье.

В изменениях количества очагов возгорания и площади распространения лесных пожаров на территории России в целом наблюдалось тесное согласование с регионами Красноярского края и Якутии, где эти показатели имели максимальные значения в 2020 и 2021 гг. соответственно (рис. 3). В 2020 г. наибольшее количество лесных пожаров в Иркутской области и Красноярском крае зафиксировано 4 июля, на территории Бурятии 6 июля, в Забайкалье 15 июля, в Якутии 16 июля. В 2021 г. максимум лесных пожаров зафиксирован раньше: на территории Бурятии 24 июня, в Забайкалье 26 июня, в Якутии 30 июня, в Красноярском крае и Иркутской области смещен на более поздние сроки: на 30 июля и 4 августа соответственно. Максимальное число лесных пожаров в 2020 г. отмечалось в Красноярском крае (104), их было в пять раз больше по сравнению с территорией Забайкалья, где в этот год отмечался минимум числа лесных пожаров в исследуемых нами регионах. Максимум лесных пожаров в 2021 г. приходился на Якутию (204) и в 50 раз превышал показатели на территории Республики Бурятия, где в этот год число лесных пожаров было минимальным на исследуемой территории.

Наибольшие значения площади лесных пожаров в пожароопасный период 2020 г. отмечались в Якутии 29 июня, в Красноярском крае 3 июля, в Иркутской области 5 июля, в Республике Бурятия 6 июля, в Забайкалье 15 июля. В 2021 г. наибольшую площадь лесные пожары в Красноярском крае занимали 8 июня, в Забайкалье 30 июня, в Якутии 9 августа, Иркутской области 11 августа и на территории Бурятии 20 августа. Максимальная площадь лесных пожаров в 2021 г. зафиксирована на территории Красноярского края (90123 га), что в 30 раз больше площади лесных пожаров в Бурятии, где она была минимальной в 2020 г. среди рассматриваемых регионов. Максимальная площадь лесных пожаров в 2021 г. зафиксирована в Якутии (1641530 га), что в 39000 раз больше площади лесных пожаров в Бурятии, где она была минимальной среди рассматриваемых нами регионов в этом году.

В летний пожароопасный сезон 2020 г. время наступления максимальных значений количества и площади распространения лесных пожаров во всех рассматриваемых нами регионах, кроме Якутии, практически совпадало и приходилось на начало или середину июля. Только в Якутии максимум площади распространения лесных пожаров наступил на две недели позже по отношению к их максимуму. Отличительной особенностью летнего пожароопасного периода 2021 г. по сравнению с 2020 г. было более позднее во времени наступление максимума площади лесных пожаров по сравнению с их количеством, за исключением Красноярского края, на территории которого наблюдалась противоположная тенденция. Также в 2021 г. общее количество лесных пожаров в летний период на территории пяти рассматриваемых регионов Сибири, Якутии и Забайкалья было в два раза больше, а общая площадь, пройденная огнем, оказалась в 23 раза больше, чем в 2020 г.

На основе типизации синоптических процессов у поверхности Земли и на высоте 5 км выделены преобладающие типы погодных условий пожароопасного периода 2020 и 2021 гг. Рассматривались территории Красноярского края и Якутии, где в эти годы были максимальными количество и площадь распространения лесных пожаров, и Республик Саха (Якутия) и Бурятии, где эти показатели были минимальными. Оказалось, что минимальные значения показателей пожароопасности на территории Бурятии и Забайкалья тесно согласуются с господствующим влиянием циклонов и холодных фронтов, определяющих выпадение атмосферных осадков. Кроме того, подвижный циклогенез поддерживался влиянием холодных высотных циклонов и их ложбин. Увеличение количества и площади лесных пожаров в Красноярском крае в 2020 г. по сравнению с 2021 г. тесно коррелирует с господствующим влиянием теплых сухих воздушных масс в теплых секторах атлантических и южных циклонов, в антициклонах, барических гребнях и малоградиентных барических полях (МБП). Уменьшение количества и площади лесных пожаров в 2021 г., напротив, было связано с влиянием циклонических атмосферных вихрей. Более сложным оказалось сопоставление атмосферных процессов на территории Якутии, где не удалось выявить существенных различий в преобладающих типах погодных условий в пожароопасный период 2020 и 2021 гг.

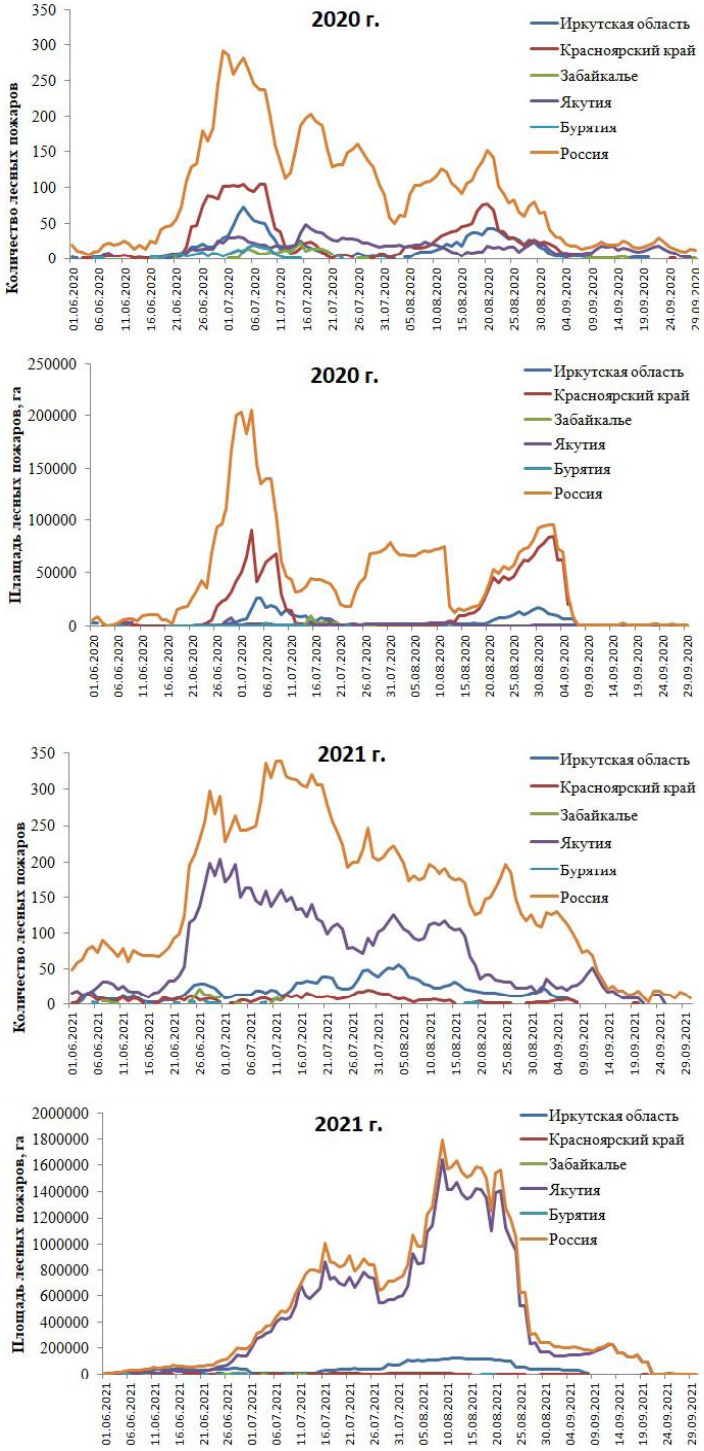

Рис. 3. Изменение количества очагов (верхние рисунки) и площади распространения лесных пожаров (нижние рисунки) на территории Красноярского края, Иркутской области, Республики Саха (Якутия), Республики Бурятии и в Забайкалье в 2020 и 2021 гг. / Fig. 3. Changes in the number of outbreaks (upper figures) and the area of forest fires distribution (lower figures) in the Krasnoyarsk region, Irkutsk region, the Republic of Sakha (Yakutia), the Republic of Buryatia and Transbaikalia in 2020 and 2021

Преобладающие типы синоптических процессов у поверхности Земли и на высотах АТ-500 гПа в 2020 и 2021 гг., по данным ежедневных синоптических карт Гидрометцентра России (https://meteoinfo.ru) / The predominant types of synoptic processes near the Earth's surface and at AT-500 hPa in 2020 and 2021 according to the daily synoptic maps of the Hydrometeorological Center of Russia (https://meteoinfo.ru)

Регион / Region	Годы / years	Приземное барическое поле / Surface baric field	Высотное поле (АТ-500 гПа) / Altitude field (AT-500 hPa)
Красноярский край / Krasnoyarsk region	Июнь / June		
	2020	Теплый сектор циклона / Warm sector of the cyclone (55 %)	Деформационное поле / Deformation field (36 %)
	2021	Центр и ложбины циклона / Center and troughs of the cyclone (48 %)	Ложбина / Trough (51 %) Гребень / Ridge (24 %)
	Июль /July		
	2020	Гребень / ridge (29 %) МБП / low-gradient baric fields (23 %)	Ложбина / Trough (58 %)
	2021	Циклон и холодный фронт / cyclone and cold front (42 %)	Ложбина / trough (56 %) Ось ВФЗ / Axis of the high-rise frontal zone (19 %)
	Август / August		
	2020	Антициклон и гребень / Anticyclone and ridge (57 %)	Гребень / Ridge (67 %)
	2021	Антициклон и гребень / Anticyclone and ridge (46 %)	Ложбина / Trough (45 %) Дельта ВФЗ / Delta of high-altitude frontal zone (23 %)
Якутия / Yakutia	Июнь / June		
	2020	Теплый сектор циклона / Warm sector of the cyclone (53 %)	Гребень / ridge (40%) Ложбина / trough (27 %)
	2021	Циклон и холодный фронт / Cyclone and cold front (34 %)	Гребень / Ridge (45 %) Ложбина / Trough (37 %)
	Июль / July		
	2020	Теплый сектор циклона / Warm sector of the cyclone (55 %)	Гребень / ridge (45 %) Ложбина / Trough (40 %)
	2021	Теплый сектор циклона / Warm sector of the cyclone (30 %) Антициклон / Anticyclone (26 %)	Гребень / ridge (53 %) Ложбина / Trough (23 %)
	Август / August		
	2020	Антициклон и гребень / Anticyclone and ridge (64 %)	Ложбина / Trough (27 %) ВФЗ (20 %)
	2021	МБП / Low-gradient baric fields (30%) гребень / Ridge (30 %)	Гребень / Ridge (45 %) Ложбина / Trough (22 %)
Бурятия и Забайкалье / Buryatia and Transbaikalia	Июнь / June		
	2020	Циклон и холодный фронт / Cyclone and cold front (52 %)	Гребень / ridge (28 %) МБП / Low-gradient baric fields (24 %)
	2021	Циклон и холодный фронт / Cyclone and cold front (58 %)	Ложбина / trough (45 %) Гребень / Ridge (18 %)
	Июль / July		
	2020	Циклон и холодный фронт / Cyclone and cold front (68 %)	Ложбина и циклон / Trough and cyclone (50 %)
	2021	Антициклон / Anticyclone (30 %) Холодный фронт / Cold front (23 %)	Ложбина и циклон / Trough and cyclone (47 %) Ось и дельта ВФЗ / Axis and delta of the altitudinal frontal zone (41 %)
	Август / August		
	2020	Холодный фронт / Cold front (30 %) Антициклон / anticyclone (28 %)	Ложбина и циклон / Trough and cyclone (63 %) Гребень / Ridge (17 %)
	2021	Циклон и холодный фронт / Cyclone and cold front (58 %)	Ложбина / Trough (66 %) Гребень / Ridge (27 %)

Сравнительный анализ метеорологических полей в пожароопасный период 2021 г. по сравнению с 2020 г. показал, что существенный вклад в развитие катастрофической ситуации с лесными пожарами в Якутии летом 2021 г. сыграло углубление циркумполярного вихря и, как следствие, увеличение частоты атлантических циклонов, что, в целом, не свойственно теплому периоду года. В результате территория Якутии длительное время оказывалась под влиянием теплой сухой воздушной массы в теплых секторах циклонов (рис. 4а). Кроме того, адвекция тепла поддерживала развитие приполярного антициклона, на западной периферии которого при взаимодействии с тыловой частью приземных и высотных циклонов возрастали барические градиенты и, как следствие, усиливался ветер (рис. 4б). Более детальный анализ показал, что углубление циркумполярного вихря происходило на фоне усиления меридиональных южных потоков, ориентированных с областей положительных аномалий температуры поверхности северной части Атлантики и северо-западной части Тихого океана.

Заключение. Существенный вклад в увеличение площади лесных пожаров и продолжительности их распространения на территории Якутии летом 2021 г. внесли крупномасштабные циркуляционные факторы. Высокий уровень пожароопасности в первую половину лета обусловлен адвекцией теплого сухого воздуха в теплых секторах южных и атлантических циклонов при углублении циркумполярного вихря в значительной толще тропосферы. Увеличение площади лесных пожаров в августе 2021 г. связано с развитием гребней полярного антициклона и усилением скорости ветра при его взаимодействии с циклонами, смещающимися на север Сибири. Углубление циркумполярного вихря могло быть связано с развитием сопряженных высотных гребней с северных районов Атлантики и Тихого океана.

При прогнозировании лесных пожаров следует учитывать, что район возникновения пожаров существенно зависит от ориентации оси высотного гребня и сопряженных высотных ложбин, а площадь – от скорости ветра в средней и нижней тропосфере. При полярных антициклонах высокая вероятность смещения дымовых шлейфов от лесных пожаров на арктическое побережье, что может оказать негативное влияние на экологическое состояние регионов.

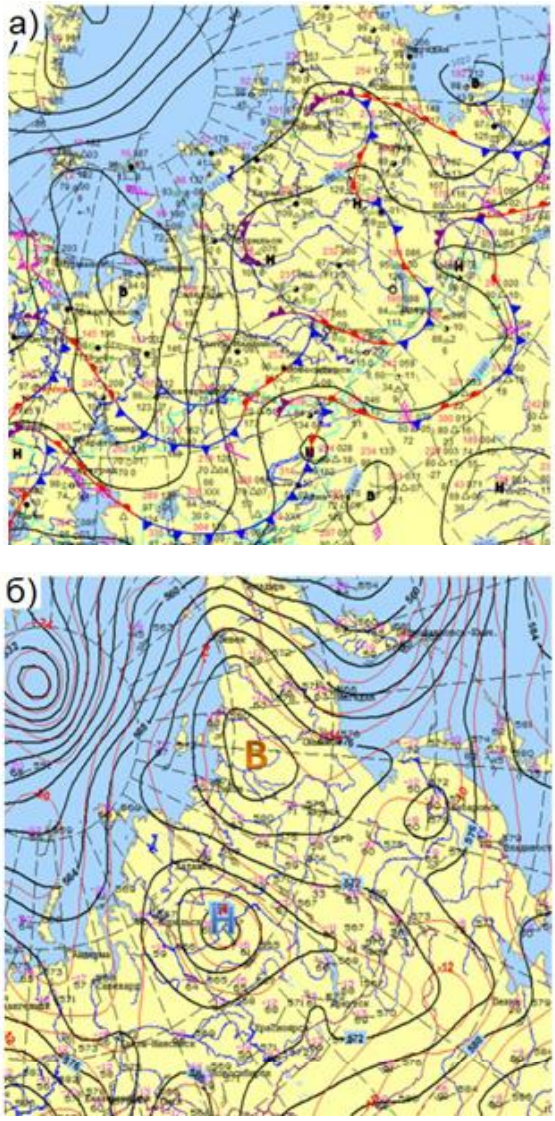

Рис. 4. Синоптические карты Гидрометцентра России 9.08.2021 г. на момент максимума площади лесных пожаров в Якутии: приземная (а), АТ-500 гПа (б) / Fig. 4. Synoptic maps dated by August 9, 2021 at the time of the maximum area of forest fires in Yakutia: surface (a), AT-500 hPa (b)

Список литературы

1. Аброскина А. К., Волокитина А. В., Корец М. А. Составление карт природной пожарной опасности по материалам лесоустройства // Вестник КрасГАУ. 2012. № 7. С. 60–64.

2. Бакач В. А., Беляев Д. А., Федорченко И. С. Эффективность грунтомета при локализации и тушении лесных пожаров // Научно-образовательный потенциал молодёжи в решении актуальных проблем XXI века: междунар. студ. науч. журн. Ачинск: Краснояр. гос. аграрн. ун-т. Ачинский ф-л., 2019. С. 227–233.

3. Бахтеева Д. А., Дайнеко Д. Д. Лесные пожары как актуальная проблема современности // I научно-педагогические чтения молодых ученых имени профессора С. В. Познышева. Воронеж: Воронежский институт ФСИН России, 2020. С. 221–224.

4. Белан С. В., Рыбалова О. В. Анализ влияния лесных пожаров на экологическое состояние водных объектов // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2012. № 2. С. 17–19.

5. Беляев Д. А., Федорченко И. С. Лесные пожары в Сибири и способы их тушения // Машиностроение: новые концепции и технологии: материалы Всерос. науч.-практ. конф. студ., аспирантов и молодых ученых. Красноярск: СибГУ им. М. Ф. Решетнева, 2020. С. 15–18.

6. Буряк Л. В., Москальченко С. А., Иванова Г. А. Экологическая роль лесных пожаров. Красноярск: СибГУ имени М.Ф. Решетнева, 2019. 174 с.

7. Воейков Е. В. Лесные пожары в Среднем Поволжье: забытая экологическая катастрофа времен гражданской войны // Новый исторический вестник. 2020. № 4. С. 112–128.

8. Головина А.Н., Иванов В. А. Сравнительная оценка горимости лесов России и зарубежных стран // Лесохозяйственная информация. 2020. № 4. С. 87–93.

9. Евдокименко М. Д. Лесные пожары в Горном Прибайкалье // Сибирский лесной журнал. 2021. № 4. С. 3–23.

10. Залесов А. С. Классификация лесных пожаров. Екатеринбург: УралГЛТУ, 2011. 15 с.

11. Заровняева А. И. Лесные пожары на территории Республики Саха (Якутия): причины и последствия // Устойчивый Север: общество, экономика, экология, политика: сб. трудов VI Всерос. науч.-практ. конф. Якутск: Северо-Вост. федер. ун-т им. М. К. Аммосова, 2021. С. 61–66.

12. Зиновьева И. С., Пухова А. М. Лесные пожары в России: причины и последствия // Державинские чтения: материалы XXV Всерос. науч.-практ. конф. Тамбов: Тамбов. гос. ун-т имени Г. Р. Державина, 2020. С. 19–25.

13. Исаев А. С., Коровин Г. Н. Углерод в лесах Северной Евразии // Круговорот углерода на территории России. М.: Миннауки РФ, 1999. С. 63–95.

14. Кат А. Л., Гусев В. А., Шубинина Т. А. Прогнозирование пожарной опасности в лесах по условиям погоды. М.: Гидрометеоиздат. Моск. отд-ние, 1975. 15 с.

15. Куплевацкий С. В., Шабалина Н. Н. Лесные пожары в Уральском Федеральном округе и их влияние на экологию // Леса России и хозяйство в них. 2020. № 4. С. 4–12.

16. Лесная энциклопедия: в 2 т. М.: Советская энциклопедия, 1986. Т. 2. 563 с.

17. Ондуков И. Лесные пожары и теория «ядерной зимы» // Гражданская защита. 2020. № 8. С. 31–33.

18. Плотникова Г. В., Крапивин В. С. Лесные пожары: проблемы их исследования // Научный дайджест Восточно-Сибирского института МВД России. 2020. № 6. С. 180–187.

19. Пуряева А. Ю. Опыт дореволюционного лесного законодательства России по вопросу охраны государственных и частных лесов от пожаров // Актуальные проблемы экономики и права. 2011. № 2. С. 149.

20. Софронов М. А., Гольдаммер И. Г. Пожарная опасность в природных условиях: монография. Красноярск: Ин-т леса им. В. Н. Сукачева СО РАН. Красноярск: ДарМа-печать, 2005. 322 с.

21. Черных В. Н., Бондаренко Д. В., Аюшеева Д. М., Раднаева Б. Б. Добыча кедрового ореха как фактор деградации кедровников горно-таёжных ландшафтов Забайкалья (на примере тайги хребта ЦаганДабан) // Вестник Бурятского государственного университета. Биология, география. 2019. № 3. С. 48–51. DOI: 10.18101/2587-7148-2019-3-44-51.

22. Чумаченко С. И., Маюк Д. Н. Модель долгосрочного прогнозирования динамики показателей природной пожарной опасности для зоны тайги и смешанных лесов европейской части России. Основные параметры модели // Научные труды МГУЛ. 2012. № 10. С. 1–13.

23. Шур Ю. З., Нешатаев В. Ю., Степченко А. А., Шаповал Н. В. Региональные шкалы оценки природной пожарной опасности лесов // Труды Санкт-Петербургского научно–исследовательского института лесного хозяйства. 2020. №2. С 59–69.

24. Agovino M., Cerciello M., Ferraro A., Garofalo A. Spatial analysis of wildfire incidence in the USA: The role of climatic spillovers // Environ. Dev. Sustain. 2021. Vol. 23. P. 6084–6105.

25. Chen F., Niu S., Tong X., Zhao J., Sun Y., He T. The impact of precipitation regimes on forest fires in Yunnan province, southwest China // The Scientific World Journal, 2014, pp. 1–9.

26. Gu X. L., Wu Z. W., Zhang Y. J., Yan S. J., Fu J. J., Du L. H. Prediction research of the forest fire in Jiangxi province in the background of climate change // Acta Ecol. Sin. 2020. Vol. 40. P. 667–678.

27. Holden Z. A., Swanson A., Luce C.H., Jolly W.M., Maneta M., Oyler J. W., Warren D. A., Parsons R., Affleck D. Decreasing fire season precipitation increased recent western US forest wildfire activity // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2018. Vol. 115. P. E8349–E8357.

28. Lasslop G., Hantson S., Kloster S. Influence of wind speed on the global variability of burned fraction: A global fire model's perspective // Int. J. Wildland Fire. 2015. Vol. 24. P. 989–1000.

29. Varela V., Vlachogiannis D., Sfetsos A., Karozis S., Politi N., Giroud F. Projection of forest fire danger due to climate change in the french mediterranean region // Sustainability. 2019. Vol. 11. P. 4284.

30. Wang S., Niu S. Fuel classes in conifer forests of southwest sichuan, china, and their implications for fire susceptibility // Forest. 2016. Vol. 7. P.52.

31. Ying L., Han J., Du Y., Shen Z. Forest fire characteristics in China: Spatial patterns and determinants with thresholds // Forest Ecology and Management. 2018. Vol. 424. P. 345–354.

32. Zinovyeva I. S., Sibiryatkina I. V., Shirobokov V. G., Shtondin A. A., Chugunova E. V. The Tools of Monitoring and Analyzing the Region Forest Sector Management // European Research Studies Journal. 2017. Vol. XX. Is.3. P. 388–394.

References

1. Abroskina A. K., Volokitina A. ., Korets M. A. *Vestnik KrasGAU* (News of Kras.SAU), 2012, no. 7, pp. 60–64.

2. Bakach V. A., Belyaev D. A., Fedorchenko I.S. *Nauchno-obrazovatelny potencial molodozhi v reshenii aktualnyh problem XXI veka: mezhdunarodny studencheskiy nauchny zhurnal* (Scientific and educational potential of youth in solving urgent problems of the XXI century: International student scientific journal): Krasnoyar. State Agrarian Un-ty Achinsk branch. Achinsk, 2019, pp. 227–233.

3. Bakhteeva D. A., Daineko D. D. *Ist nauchno-pedagogicheskiye chteniya molodyh uchenyh imeni professora S. V. Poznysheva* (Ist scientific and pedagogical readings of young scientists named after Professor S. V. Poznyshev). Voronezh: Voronezh Institute of the Federal Penitentiary Service of Russia, 2020, pp. 221–224.

4. Belan S. V., Rybalova O. V. *Pozharnaya bezopasnost: problemy i perspektivy* (Fire safety: problems and prospects). 2012, № 2, pp. 17–19.

5. Belyaev D. A., Fedorchenko I. S. *Mashinostroenie: novye kontseptsii i tehnologii: materialy Vseros. nauch.-prakt. konf. stud., aspirantov i molodyh uchenyh* (materials of the all-Russian scientific-practical. conf. for students, graduate students and young scientists). Krasnoyarsk: SibGU named after M. F. Reshetnev, 2020, pp. 15–18.

6. Buryak L.V., Moskalchenko S.A., Ivanova G.A. *Ekologicheskaya rol lesnyh pozharov* (Ecological role of forest fires). Krasnoyarsk, Siberian State University named after M.F. Reshetneva, 2019. 174 p.

7. Voeikov E.V. *Novy istoricheskiy vestnik.* (New Historical Bulletin), 2020, no. 4, pp. 112–128.

8. Golovina A. N., Ivanov V. A. *Lesohozyaystvennaya informatsiya* (Forestry information), 2020, no. 4, p. 87–93.

9. Evdokimenko M. D. *Sibirskiy lesnoy zhurnal* (Siberian Forest Journal), 2021, no. 4, pp. 3–23.

10. Zalesov A. S. *Klassifikatsiya lesnyh pozharov* (Classification of forest fires). Yekaterinburg: UGLTU, 2011, 15 p.

11. Zarovnyaeva A.I. *Ustoychivy Sever: obshestvo, ekonomika, ekologiya, politika: Sbornik trudov VI Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* (Sustainable North: society, economy, ecology, politics. Proceedings of the VI All-Russian Scientific and Practical Conference). Yakutsk: Northeast. Feder. Un-ty named after M. K. Ammosov, 2021, pp. 61–66.

12. Zinovieva I. S., Pukhova A. M. *Derzhavinskie chtenija: Materialy XXV Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* (Derzhavin Readings. Materials of the XXV All-Russian Scientific and Practical Conference.). Tambov: Tambov. State University named after G.R. Derzhavin, 2020, pp. 19–25.

13. Isaev A. S., Korovin G. N. *Krugovorot ugleroda na territorii Rossii* (Carbon cycle in Russia). Moscow: Minnauki RF, 1999, pp. 63–95.

14. Kat A. L., Gusev V. A., Shubinina T. A. *Gidrometeorol. nauch.-issled. tsentr SSSR* (Hydrometeorol. scientific research center of the USSR). Moscow: Gidrometeoizdat. Moscow Department, 1975, 15 p.

15. Kuplevatsky S. V., Shabalina N. N. *Lesa Rossii i hozyastvo v nih* (Forests of Russia and the economy in them), 2020, no. 4, pp. 4–12.

16. *Lesnaya entsiklopediya* (Forest encyclopedia): in 2 vols. Moscow: Soviet Encyclopedia, 1986, vol. 2, 563 p.

17. Ondukov I. *Grazhdanskaya zashhita* (Civil protection), 2020, no. 8, pp. 31–33.

18. Plotnikova G.V., Krapivin V.S. *Nauchny daydzhest Vostochno-Sibirskogo instituta MVD Rossii* (Scientific Digest of the East Siberian Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia), 2020, no. 6, pp. 180–187.

19. Puryaeva A.Yu. *Aktualnye problemy ekonomiki i prava* (Actual problems of economics and law), 2011, no. 2, p. 149.

20. Sofronov M. A., Goldammer I. G. *Pozharnaya opasnost v prirodnyh usloviyah: monografiya* (Fire danger in natural conditions: monograph). Krasnoyarsk: Inst. V. N. Sukachev SB RAS: DarMa-print, 2005. 322 p.

21. Chernykh V. N., Bondarenko D. V., Ayusheeva D. M., Radnaeva B. B. *Vestnik Buryatskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya, geografiya* (Bulletin of the Buryat State University. Biology, geography), 2019, no. 3, pp. 44–51. DOI: 10.18101/2587-7148-2019-3-44-51.

22. Chumachenko S. I., Mayuk D. N. *Nauchnye trudy MGUL.* (Scientific works of Moscow State University of Education and Science), 2012, no. 10, pp. 1–13.

23. Shur Yu. Z., Neshataev V. Yu., Stepchenko A. A., Shapoval N. V. *Trudy Sankt-Peterburgskogo nauchno–issledovatelskogo instituta lesnogo hozyastva.* (Proceedings of the St. Petersburg Research Institute of Forestry), 2020, no. 2, pp. 59–69.

24. Agovino M., Cerciello M., Ferraro A., Garofalo A. *Environ. Dev. Sustain* (Environ. Dev. Sustain), 2021, vol. 23, pp. 6084–6105.

25. Chen F., Niu S., Tong X., Zhao J., Sun Y., He T. The *Scientific World Journal* (The Scientific World Journal), 2014, P. 1–9.

26. Gu X. L., Wu Z. W., Zhang Y. J., Yan S. J., Fu J. J., Du L. H. *Acta Ecol. Sin* (Acta Ecol. Sin), 2020, vol. 40, p. 667–6778.

27. Holden Z. A., Swanson A., Luce C. H., Jolly W. M., Maneta M., Oyler J. W., Warren D. A., Parsons R., Affleck D. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* (Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America), 2018, vol. 115, pp. E8349–E8357.

28. Lasslop G., Hantson S., Kloster S. *Int. J. Wildland Fire* (Int. J. Wildland Fire), 2015, vol. 24, p. 989–1000.

29. Varela V., Vlachogiannis D., Sfetsos A., Karozis S., Politi N., Giroud F. *Sustainability* (Sustainability), 2019, vol. 11, p. 4284.

30. Wang S., Niu S. *Forest* (Forest), 2016, vol. 7, p. 52.

31. Ying L., Han J., Du Y., Shen Z. *Forest Ecology and Management* (Forest Ecology and Management), 2018, vol. 424, pp. 345–354.

32. Zinovyeva I. S., Sibiryatkina I. V., Shirobokov V. G., Shtondin A. A., Chugunova E. V. *European Research Studies Journal* (European Research Studies Journal), 2017, vol. XX, Is. 3, pp. 388–394.

Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Иркутской области в рамках научного проекта № 20-45-380032 / The study was carried out with the financial support of the Russian Foundation for Basic Research and the Government of Irkutsk Region within the framework of the scientific project No. 20-45-380032

Информация об авторе

Вологжина Саяна Жамсарановна, канд. геогр. наук, декан географического факультета, Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия. Область научных интересов: загрязнение атмосферного воздуха, потенциал самоочищения атмосферы, Байкальский регион, экологический туризм, особо охраняемые природные территории
svologzhina@gmail.com

Латышева Инна Валентиновна, канд. геогр. наук, зав. кафедрой метеорологии и физики околоземного космического пространства, Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия. Область научных интересов: климат, атмосферная циркуляция, погодные аномалии, самоочищение атмосферы, Байкальский регион
ababab1967@mail.ru

Лощенко Кристина Анатольевна, канд. геогр. наук, доцент кафедры метеорологии и физики околоземного космического пространства, Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия. Область научных интересов: региональная атмосферная циркуляция, изменения климата, взаимодействие атмосферы и океана, комическая метеорология
loshchenko@bk.ru

Information about the author

Saiana Vologzhina, candidate of geographical sciences, dean of geographical faculty, Irkutsk State University, Irkutsk, Russia. Sphere of scientific interests: air pollution, potential of air self-purification, modeling, Baikal region, ecological tourism, especially protected natural territory

Inna Latysheva, candidate of geographical sciences, head of Meteorology and Near-Earth Space Physics department, Irkutsk State University, Irkutsk, Russia. Research interests: climate, atmospheric circulation, weather anomalies, self-cleaning of the atmosphere, Baikal region

Kristina Loschenko, candidate of geographical sciences, associate professor, Meteorology and Near-Earth Space Physics department, Irkutsk State University, Irkutsk, Russia. Sphere of scientific interests: regional atmospheric circulation, climate change, interaction of atmosphere and ocean, comic meteorology

Для цитирования

Вологжина С. Ж., Латышева И. В., Лощенко К. А. Циркуляционные факторы лесных пожаров на территории Сибири и Якутии в начале XXI в. // Вестник Забайкальского государственного университета. 2022. Т. 28, № 5. С. 6–18. DOI: 10.21209/2227-9245-2022-28-5-6-18.

Vologzhina S., Latysheva I., Loschenko K. Circulation factors of forest fires in Siberia and Yakutia at the beginning of the XXI century // Transbaikal State University Journal, 2022, vol. 28, no. 5, pp. 6–18. DOI: 10.21209/2227-9245-2022-28-5-6-18.

Статья поступила в редакцию: 26.04.2022 г.
Статья принята к публикации: 05.05.2022 г.