

УДК 614.841.42

babenyshv@sibpsa.ru

**АТМОСФЕРНЫЕ БЛОКИНГИ НАД СИБИРЬЮ И ЛЕСНЫЕ ПОЖАРЫ
НА ЕЁ ТЕРРИТОРИИ В 2012 – 2020 ГГ.****ATMOSPHERIC BLOCKINGS OVER SIBERIA AND FOREST FIRES
ON ITS TERRITORY AT 2012 – 2020 YRS.**

*Холопцев А. В.^{1,2}, доктор географических наук, профессор,
Сергеев И. Ю.², кандидат технических наук,
Батура А. Н.², кандидат технических наук, доцент,
Шубкин Р. Г.², кандидат технических наук,
Бабеньшев С. В.², кандидат физико-математических наук,*

¹Севастопольское отделение ФГБУ «Государственный океанографический институт
имени Н. Н. Зубова», г. Севастополь

²ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
г. Железногорск

Kholoptsev A.^{1,2}, Sergeev I.², Batur A.², Shubkin R.², Babenyshv S.²

¹Sevastopol department of State Oceanographic Institute named after N. N. Zubova,
Sevastopol

²FSBEE HE Siberian Fire and Rescue Academy EMERCOM of Russia,
Zheleznogorsk

Актуальной проблемой профилактики лесных пожаров в Сибири является выявление участков ее территории, где в современном периоде повторяемость лесных пожаров повышается в периоды возникновения над ними атмосферных блокингов (далее – АБ). Цель работы – выявление таких участков для каждого месяца, в течение которого пожароопасность в лесах является повышенной. Для ее достижения сопоставлена повторяемость лесных пожаров в различных секторах территории Сибири, которые происходили в периоды существования над ними АБ, с их повторяемостью в промежутках между этими периодами. Как фактический материал о лесных пожарах использованы сведения о координатах термоточек типа «лесной пожар», выявленных на территории Сибири в период с 1.04.2012 по 31.10.2020. Для обнаружения АБ применена методика, которая учитывает особенности изменений поля атмосферного давления в тропосфере, возникающих при этих процессах. Для ее осуществления применена информация о вариациях поля атмосферного давления, которая представлена в реанализе ERA5. Это позволило для каждого месяца повышенной пожароопасности определить сектора территории Сибири, где при возникновении АБ повторяемость лесных пожаров повышается.

Ключевые слова: лесные пожары, атмосферные блокинги, реанализ, термоточки, среднесрочный прогноз лесных пожаров.

An urgent problem of prevention of forest fires in Siberia is the identification of areas of its territory, where currently the frequency of forest fires increases during periods of atmospheric blocking. The purpose of this work is to identify such areas for each month in which the forest-fire hazard is increased. To achieve it, the dates were determined when atmospheric blockings occurred over various sectors of the territory of Siberia, and the

frequency of forest fires actually occurring there on these dates was compared with their frequency of occurrence in the intervals between blockings. As factual material on forest fires, information was used on the coordinates of thermal points of the "forest fire" type, detected in Siberia by the global satellite detection systems for the period from 04/01/2012 to 10/31/2020. To detect atmospheric blockings, a technique was used that takes into account changes in the fields of atmospheric pressure in the troposphere during the occurrence of atmospheric blockings of the meridional type. For its implementation, we used information on changes in the atmospheric pressure field in the study period was used, presented in the ERA5 reanalysis. This made it possible for each month of increased fire hazard to determine the sectors of the territory of Siberia, where, in the event of atmospheric blocking, the frequency of forest fires increases significantly.

Keywords: forest fires, atmospheric blocking, reanalysis, thermal anomalies, mid-term prediction of forest fires

Введение

Лесные пожары – одна из основных причин возникновения чрезвычайных ситуаций во многих регионах мира. Поэтому развитие существующих представлений о природных процессах, способствующих их развитию, является актуальной проблемой пожарной, а также экологической безопасности.

Более заинтересованы в решении указанной проблемы регионы, в которых сосредоточена значительная часть лесных ресурсов мира. Одним из них является Сибирь, где размещается более 50 % всех лесных ресурсов России. Как условные границы территории Сибири могут рассматриваться соответствующие участки меридианов 60° в. д. и 170° в. д., расположенные между параллелями 50° с. ш. и 75° с. ш. Лесные пожары в Сибири ежегодно причиняют значительный ущерб населению, экономике и природе России. В XXI в. они возникали наиболее часто на территориях республик Саха (Якутия) и Бурятии, Красноярского и Забайкальского края, а также Иркутской и Амурской области [1, 2].

Согласно существующим представлениям о факторах пожароопасности в лесах, к наиболее существенным относятся метеорологические [3]. Среди последних важное место занимают изменения продолжительности периода засушливой погоды, что приводит к уменьшению запасов влаги в растительности, валежнике и почве, способствующему распространению пламени.

Чем дольше существуют в регионе подобные метеоусловия, тем больше масштабы возникающих в нем лесных пожаров и тем сложнее их ликвидировать [4, 5].

Указанные закономерности учтены в методике прогнозирования пожароопасности в лесах, предложенной первоначально В. Г. Нестеровым [6], а также в её последующих версиях [7, 8]. Именно такая методика применяется ныне подразделениями лесной охраны и ГПС МЧС России при планировании их основной деятельности, в том числе и мероприятий, направленных на профилактику лесных пожаров в зонах их ответственности [9].

Наиболее продолжительные периоды засушливой погоды на любой такой территории наблюдаются при возникновении над ней так называемого атмосферного блокинга (далее – АБ), который образуют высокие малоподвижные антициклоны, способные сохранять свое расположение от суток до недель [10]. На учете расположений в Северном полушарии АБ основан подход к типизации макроциркуляционных процессов, который был предложен Б. Л. Дзердзеевским [11].

Современные представления о причинах возникновения АБ изложены в работах многих отечественных и зарубежных авторов (для обзора см. [10]). Ими установлено, что одной из АБ может служить крупномасштабная неустойчивость зонального потока. Последняя способна при-

водить к образованию системы взаимодействующих между собой антициклона и циклона (блокирование расщепляющегося типа) или мощного барического гребня и двух циклонов (омега-блокирование). Упомянутый тип блокирования преобладает над Атлантикой и Европой, а также над Дальним Востоком и Тихим океаном [12].

Над Сибирью и Уралом более распространены АБ второго (меридионального) типа, которые связаны с вторжениями арктического воздуха (далее – ВАВ) [11] и обтеканием воздушными течениями орографических неоднородностей земной поверхности [12].

В периоды существования АБ меридионального типа над соответствующими территориями формируются субмеридиональные барические гребни, связывающие Арктический и Субтропический антициклон, что приводит к приостановке Западного переноса воздушных масс. При этих процессах повышение атмосферного давления, а также геопотенциала различных изобарических поверхностей происходит не только в пределах тропосферы, но также в тропопаузе и нижней стратосфере [13].

При возникновении ВАВ влажный воздух, перемещавшийся ранее в субзональном направлении, отклоняется к северу, что активизирует его термическую трансформацию [14]. В результате этого на территориях, расположенных к западу от ВАВ, интенсивность атмосферных осадков повышается. На реках, в бассейнах которых выпадают эти осадки, могут возникнуть опасные гидрологические явления [15].

В теплый период года, при продвижении в низкие широты сравнительно сухого арктического воздуха, над сушей он быстро прогревается, что приводит к еще большему снижению его относительной влажности и точки росы. Поэтому на территориях материков, над которыми возникает АБ меридионального типа, засушливость метеоусловий увеличивается, а атмосферные осадки прекращаются.

Чем дольше существует АБ, тем выше риск возникновения засухи [16], тем более благоприятными для распространения огня становятся метеоусловия. Поэтому по мере увеличения продолжительности АБ риск возникновения обширных пожаров на любых лесопокрытых территориях возрастает. На каждой такой территории повышение пожароопасности зависит не только от продолжительности ВАВ, но и от характеристик ее фитоценозов и почв, а также запасов содержащейся в них влаги. Поэтому подобные последствия АБ существенно зависят от ее географического положения, месяца, а также ее ландшафтов.

Для выявления АБ, обусловленных ВАВ, изначально применялась методика, предложенная Б. Л. Дзердзеевским [11]. Решение о наличии АБ принималось по результатам анализа суточной синоптической карты, отражающей распределение в Северном полушарии приведенного к уровню моря атмосферного давления. Обнаружение АБ над изучаемой территорией, происходило, если на этой карте в соответствующем диапазоне долгот существовал барический гребень, простирающийся между Арктикой и соответствующим Субтропическим антициклоном. Учитывались барические гребни, где приведенное атмосферное давление превосходило 1015 гПа на заданную величину $L > 0$.

Несмотря на кажущуюся простоту этой методики, ныне она применяется редко, поскольку она весьма трудоемка и иногда приводит к ошибкам. Без участия человека, обладающего навыками анализа синоптических карт, ее реализовать невозможно. Ошибки возникают не только по невнимательности, но и из-за того, что по упомянутым картам невозможно установить проявляются ли выявленные барические гребни в прочих слоях тропосферы.

Более совершенной является методика выявления АБ, предложенная в 1983 г. Лежёнасом и Оклендом (см. [12]). Последняя основана на том, что при отсутствии АБ в тропосфере умеренных широт

Северного полушария преобладает Западный перенос воздушных масс, а меридиональный градиент геопотенциала направлен в сторону экватора. Значение модуля этого градиента максимально в широтном поясе $40 - 60^\circ$ с. ш.

Решение об обнаружении АБ принимается, если эта закономерность нарушается в течение не менее чем 5 суток в пределах сектора шириной не менее 10° . Для выявления подобных нарушений проверяется выполнимость условия:

$$I(l-10) + I(l) + I(l+10) < 0, \quad (1)$$

где: $I(l) = H(l, 40^\circ \text{ с. ш.}) - H(l, 60^\circ \text{ с. ш.})$ – индекс Лежёнаса – Окленда;

H – высота изобарической поверхности 500 мб;

l – долгота.

Информация, необходимая для такой проверки, может быть получена из реанализа изменений высоты изобарической поверхности 500 гПа, вследствие чего участие в ней человека обязательным не является. Несмотря на то, что и эта методика не позволяет проверить наличие признаков АБ на других изобарических поверхностях, к ошибкам она приводит значительно реже, вследствие чего она применяется современными авторами.

Влияние АБ, происходивших во второй половине XX – начале XXI в. над европейской территорией России и Сибирью, на засушливость метеоусловий на их степных и лесостепных территориях, изучено в [10; 16]. При этом изменения повторяемости крупных пожаров на территориях лесной ландшафтной зоны при возникновении над ними АБ ранее не рассматривались, хотя для каждых суток из периода с 1.01.2012 по 31.12.2020. обнаружение таких пожаров на любых участках земной поверхности производит спутниковая система глобального мониторинга термических аномалий [17].

В упомянутой системе фактически выявляются участки земной поверхности, где средняя температура повышена по отношению к их окружению не менее чем на 70°C (им соответствуют так называемые

термоточки). Для этого применяются инструменты MODIS и VIIRS, осуществляющие радиометрическую съемку всей поверхности Земли в инфракрасном и видимом диапазонах. Абсолютные координаты ИСЗ каждой обнаруженной термоточки определяются с использованием системы глобального позиционирования спутников (GPS).

В России наземные станции космического мониторинга пожаров расположены в Москве, Вологде, Красноярске и Владивостоке. При появлении в зоне радиовидимости таких станций ИСЗ они принимают информацию о координатах всех термоточек, обнаруженных ИСЗ за текущие сутки. На основании на этой информации для каждой обнаруженной термоточки, определяется ее тип (что позволяет выявить среди них те, которые соответствуют лесным пожарам). Сведения о координатах всех обнаруженных таким способом лесных пожаров поступают в информационную систему «Рослесхоз» [2], которая предоставляет их пользователям. Тем не менее, ранее участки территории Сибири, где при возникновении АБ меридионального типа повторяемость лесных пожаров повышается, выявлены не были.

Цель работы – выявление таких участков для различных месяцев повышенной пожароопасности.

Материалы и методы

Для достижения указанной цели решены следующие задачи:

1. Выявлены даты, относящиеся к месяцам апрель – октябрь, в которые АБ возникали в различных секторах территории Сибири.

2. Для каждого такого сектора и для АБ различной минимальной продолжительности ($T_{\text{АБ}}$) проведена оценка повторяемости лесных пожаров, обнаруживаемых в даты существования над ним таких АБ (P_1), а также аналогичного показателя для промежутков между этими датами (P_2).

Цель исследования достигалась путем сравнения значений $P1$ и $P2$ для каждого месяца, каждого сектора и каждого значения T_{AB} . Учитывая это как фактический материал о повторяемости лесных пожаров, происходивших в те или иные сутки на территории Сибири, использована информация из базы данных [17]. Упомянутая информация включает сведения о координатах всех термоточек типа «лесной пожар», возникавших в месяцы апрель – октябрь на всей лесопокрытой территории Сибири, ограниченной меридианами 60° в. д. и 170° в. д. и параллелями 50° с. ш. и 70° с. ш.

Для обнаружения АБ меридионального типа использована методика, обобщающая упомянутые выше методики, которая учитывает свойства выявляемых барических неоднородностей более полно. Методика учитывает, что при возникновении АБ меридионального типа в соответствующем секторе повышается как атмосферное давление в приземном слое атмосферы, так и высоты всех изобарических поверхностей, относящихся к тропосфере. Как и в традиционной методике, предполагается, что T_{AB} может составлять 5 суток или более. Решение об обнаружении в рассматриваемом секторе АБ принимается, если в течение времени не менее T_{AB} во всех относящихся к нему узлах координатной сетки реанализа, расположенных между параллелями 50° с. ш. и 70° с. ш., выполняются условия:

- приведенное к уровню моря атмосферное давление превышает 1015 гПа на заданную величину L ;
- значения геопотенциала соответствующих изобарическим поверхностям 300 , 500 и 850 гПа, в рассматриваемые даты, превышает среднемесячные значения этих показателей не менее, чем на U (m^2/c^2);
- критерий Лежёнаса - Окленда выполняется для изобарических поверхностей не только 500 гПа, но также 300 и 850 гПа.

Несмотря на более высокую сложность такой методики, очевидно, что свойства АБ меридионального типа в ней учитываются более полно. Вследствие этого при ее применении вероятности принятия ложных решений о наличии АБ могут быть меньше, чем при использовании упомянутых выше традиционных методик.

Учитывая особенности предложенной методики, как фактический материал использована информация реанализа ERA5 об изменениях приведенного к уровню моря атмосферного давления в приземном слое атмосферы, а также значений геопотенциала, соответствующих изобарическим поверхностям 300 , 500 и 850 гПа [18].

Упомянутый реанализ получен с использованием математических моделей IMERG [19]. При их верификации используются результаты как наземных, так и спутниковых наблюдений, которые ассимилируются и обрабатываются с использованием цикла 41r2 Интегрированной системы прогнозирования (IFS). Реанализ ERA5 поддерживается Европейским центром среднесрочных прогнозов и производится службой по изменению климата Copernicus.

Выборочное сопоставление информации о приведенном атмосферном давлении из реанализа ERA5 с синоптическими картами Росгидромета показало, что при $L = 0$ обнаруживаемые по этой информации барические гребни расположены там же. При этом на некоторых участках их периферий иногда присутствуют области низкого давления, отсутствующие на картах. Последнее, по-видимому, обусловлено погрешностями реанализа. При увеличении L площадь барического гребня, построенного по результатам реанализа, уменьшается, как и размеры упомянутых областей. Начиная с $L = 5$ гПа подобных областей не выявлено. Сопоставление информации о значениях геопотенциала 300 , 500 и 800 гПа, представленной в реанализе ERA 5, с соответствующими картами Росгидромета показало, что отличия между ними

ликвидируются при задании Y не менее чем $200 \text{ м}^2/\text{с}^2$.

Поэтому предполагалось, что $L = 5$ гПа, $Y = 200 \text{ м}^2/\text{с}^2$, а $T_{\text{АБ}}$ принадлежит к диапазону 5 – 10 суток. При формировании изучаемых временных рядов значений повторяемости лесных пожаров территория Сибири разбита на 440 секторов шириной $0,25^\circ$. В каждом таком секторе вдоль соответствующего меридиана располагалось (с шагом $0,25$ градусов) по 80 узлов координатной сетки реанализа ERA5.

При решении первой задачи с использованием изложенной методики для каждого месяца из периода с апреля 2012 г. по октябрь 2020 г. определялись даты, в которые над тем или иным сектором территории Сибири существовали АБ меридионального типа. Если АБ начинался в одном месяце, а заканчивался в другом, вся его длительность относилась к тому месяцу, к которому принадлежала большая часть периода его существования.

При решении второй задачи для каждого месяца и каждого сектора вычислены значения $P1$ и $P2$.

Значение $P1$ вычислялось как среднее за 2012–2020 гг. суммарное количество термоточек типа «лесной пожар», которые обнаружены для этого месяца в рассматриваемом секторе, в даты, для которых над ним были обнаружены АБ, продолжительность которых превышала заданное $T_{\text{АБ}}$.

Значение $P2$ вычислялось как среднее за 2012 – 2020 гг. суммарное количество термоточек типа «лесной пожар», которые обнаружены для этого месяца в рассматриваемом секторе, в даты, для которых над ним АБ обнаружено не было.

Решение о наличии повышения в некотором месяце и некотором секторе повторяемости лесных пожаров при возникновении АБ принималось, если $P1 - P2 > 0$. Выявлялись сектора территории Сибири, где подобное повышение в том или ином месяце было наибольшим.

Нетрудно видеть, что основным фактором неопределенности при осуществлении рассматриваемых исследований является небольшая продолжительность периода времени, в течение которого осуществлялся спутниковый мониторинг термических аномалий типа «лесной пожар». Поэтому для подтверждения статистической устойчивости полученных результатов, исследования по той же методике целесообразно было бы через несколько лет повторить.

Результаты

С использованием изложенной методики и фактического материала для каждого месяца, каждого сектора территории Сибири и для всех рассматриваемых $T_{\text{АБ}}$ оценены значения $P1-P2$. Кроме того для различных частей территории Сибири и для $T_{\text{АБ}} = 5$ суток вычислены средние значения этих показателей, которые представлены в табл. 1.

Таблица 1
Средние значения $P1-P2$ для $T_{\text{АБ}} = 5$ суток для различных частей Сибири

Месяц	Западная Сибирь (диапазон долгот 60-90°в.д.)	Восточная Сибирь (диапазон долгот 90-150°в.д.)	Северо-Восточная Сибирь (диапазон долгот 150-170°в.д.)	Среднее
Апрель	0,0048	-0,1258	-0,0005	-0,0618
Май	0,0205	-0,1796	-0,0026	-0,0853
Июнь	0,0304	0,1158	0,0686	0,0827
Июль	-0,0110	0,1431	0,0360	0,0778
Август	-0,0032	-0,0055	0,0260	0,0031
Сентябрь	-0,0005	0,2149	0,0015	0,1077
Октябрь	0,0024	0,0213	0,0002	0,0113

Из данных табл.1 следует, что средние значения изменений повторяемости лесных пожаров на территориях разных регионов Сибири в периоды возникновения рассматриваемых АБ относительно невелики и существенно зависят от месяца, для которого они оценены. При этом для таких месяцев, как апрель и май в периоды АБ значения рассматриваемых характеристик в среднем по территории Сибири снижаются, а для прочих месяцев увеличиваются. Аналогичные закономерности проявляются и при других рассматривавшихся значениях T_{AB} . При этом по мере увеличения T_{AB} значения рассматриваемых показателей для месяцев июнь–октябрь увеличиваются, а для месяцев апрель и май умень-

шаются. При $T_{AB} = 10$ суток средние значения $P1-P2$ для месяцев июнь–октябрь для всех регионов Сибири положительны.

Для выяснения причин, обуславливающих выявленные закономерности, осуществлен анализ зависимостей значений $P1-P2$ для различных месяцев и различных секторов, от соответствующих значений их средней долготы.

Для облегчения пространственного восприятия результатов этого анализа, на рис. 1 представлено распределение по территории Сибири повторяемости лесных пожаров на различных ее участках (частоты обнаружения термоточек типа «лесной пожар») в апреле–июле 2012–2020 гг., которое построено по данным [17].

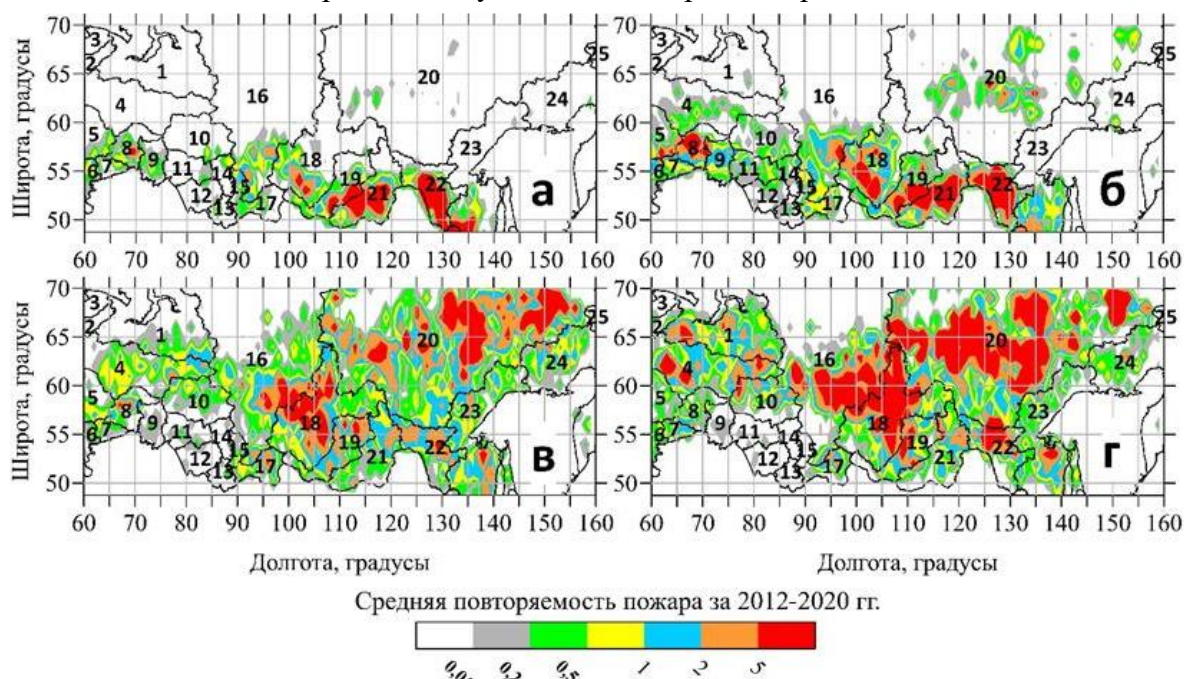


Рисунок 1. Распределение по территории Сибири повторяемости обнаружения термоточек типа «Лесной пожар» в апреле–июле 2012–2020 гг. (по данным [1]).

а) апрель; б) май; в) июнь; г) июль.

Из данных рис. 1 понятно, что в апреле лесные пожары возникают преимущественно на юге Сибири, где в этом месяце таяние снежного покрова завершилось, а валежник и почва подсохли. В мае пожары постепенно смещаются к северу. В июне и в особенности в июле они вероятны практически в любых зонах Сибири.

На рис. 2 представлены примеры зависимости $P1-P2$ в различных секторах территории Сибири от среднего значения

их долготы, которые соответствуют месяцам апрель и май, а также $T_{AB} = 5$ суток и 6 суток. Из данных рис. 2а видно, что для апреля снижение пожароопасности при возникновении АБ характерно для многих секторов территории Сибири. Сравнение рис. 2а и 1а свидетельствует о том, что указанный эффект может быть обусловлен тем, что в апреле на многих участках территорий рассматриваемых

секторов еще не сошли снега и возникновение АБ приводит на них не к потеплению, а к похолоданию. В результате этого в южных районах Сибири, где снег уже сошел и могут возникать лесные пожары, при возникновении АБ, температуры приземного воздуха снижаются, интенсивность

испарения влаги уменьшается, что приводит к снижению пожароопасности. Наиболее ярко проявляется этот эффект в секторах, соответствующих долготам 112,5–113° в. д. (южные районы Иркутской области и прилегающие к ним районы республики Бурятия) и 126,5–132° в. д. (Забайкальский край).

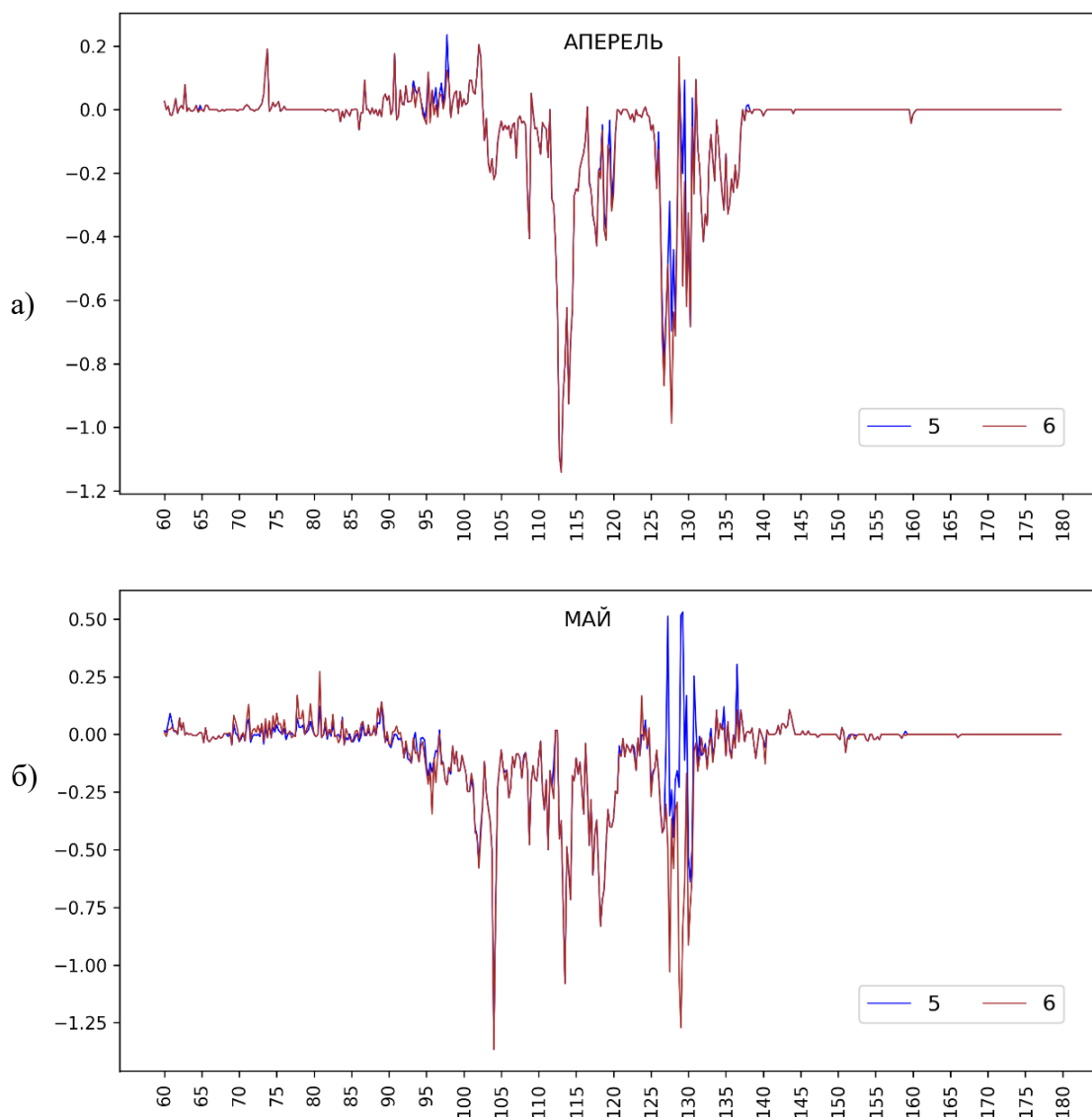


Рисунок 2. Зависимости от средней долготы секторов территории Сибири соответствующих им значений разности $P1-P2$ для месяцев: а) апрель; б) май.

Как следует из данных рисунка 1б, в целом аналогичная картина наблюдается и для мая. В этом месяце возникновение АБ практически повсеместно приводит к снижению пожароопасности. Сопоставление рис. 2б и 1б позволяет заключить, что

наиболее заметно при АБ пожароопасность снижается в секторах 102,5–106° в. д. (юго-запад Иркутской области), 114–115° в. д. (юго-восток Республики Бурятия и граничащие районы Забайкаль-

ского края), 118–119° в.д (северо-восток Забайкальского края), а также 126,5–132° в.д. (Амурская область). При этом в секторах 127,5–130° в.д (север Амурской области) при возникновении АБ средняя повторяемость лесных пожаров несколько возрастает.

Таким образом, в апреле и мае возникновение АБ в 2012–2020 гг. практически на всей территории Сибири приводило

к снижению повторяемости лесных пожаров, которое наиболее ощутимым было в районах, где повторяемость лесных пожаров была повышена.

На рис. 3 приведены зависимости от средней долготы секторов территории Сибири соответствующих им значений разности $P1-P2$ для всех летних месяцев.

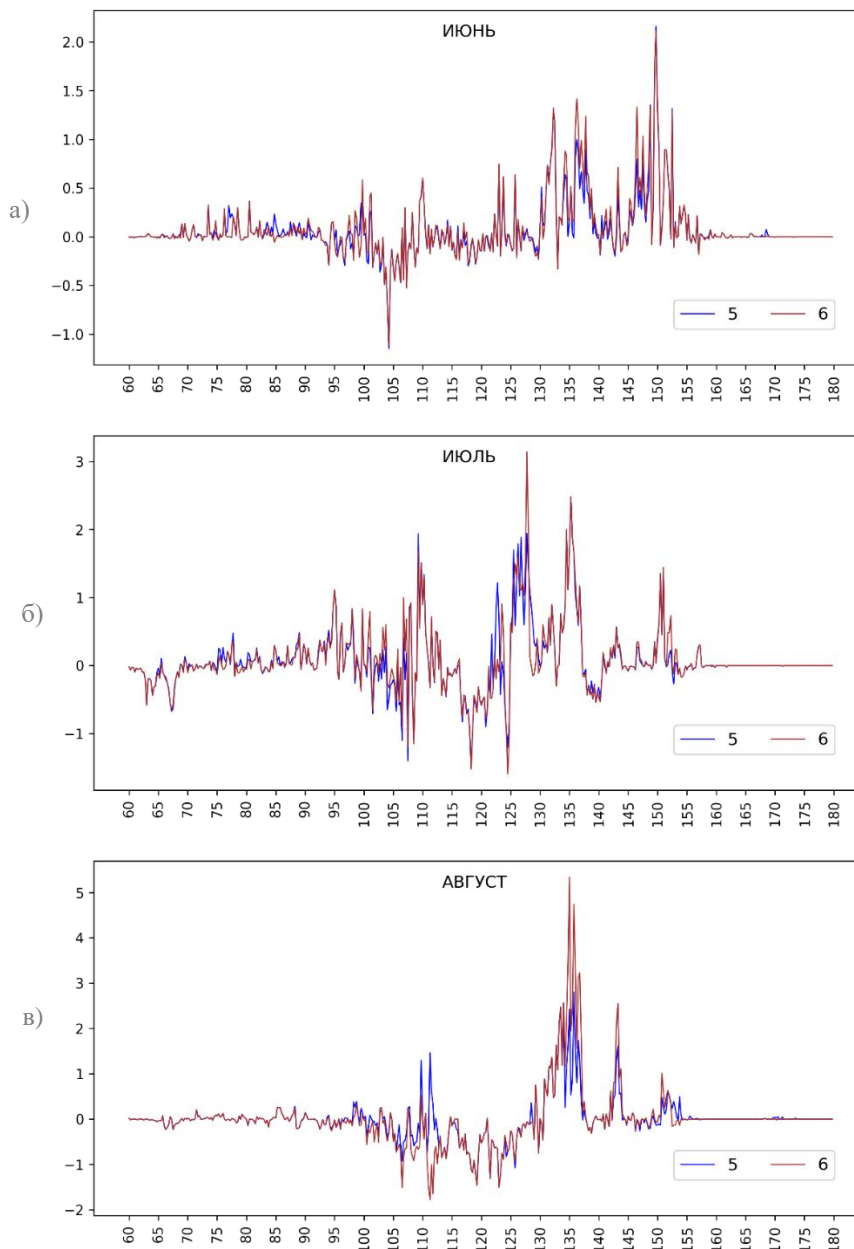


Рисунок 3. Зависимости от средней долготы секторов территории Сибири соответствующих им значений разности $P1-P2$ для месяцев:
а) июнь; б) июль; в) август

Рис. 3а и рис. 1в показывают, что для июня снижение повторяемости лесных пожаров в периоды возникновения АБ отмечалось только в секторе $103,5-104,5^\circ$ в.д. (юго-запад Иркутской области). При этом из данных табл. 1 следует, что в среднем по территории Сибири при этих явлениях повторяемость лесных пожаров увеличивалась. Это увеличение было наиболее ощутимо в секторах $131,25-132,5^\circ$ в.д., $136-138^\circ$ в.д., $146,25-150,25^\circ$ в.д., (Республика Саха (Якутия)). В секторе $149,75^\circ$ в.д. при АБ количество обнаруживаемых здесь термоточек в среднем за 2012–2020 гг. превышало аналогичный показатель между этими периодами на 2.

Из рис. 3б, а также рис. 1г следует, что на территории Сибири в 2012–2020 гг. существовали сектора, где при АБ, происходивших в июле, средняя повторяемость лесных пожаров снижалась. Таких секторов было не много. Подобное имело место в секторах $106,5-110,25^\circ$ в.д. (Красноярский край), $117,5-118,5^\circ$ в.д. и $124-124,75^\circ$ в.д. (Республика Саха (Якутия)). На преобладающей части территории Сибири (кроме Западной Сибири) в периоды возникновения АБ значение разности $P1-P2$ было положительным, а во многих секторах превышало 1. Наибольшее значение этого показателя, характеризующего значимость влияния АБ на повторяемость лесных пожаров, составляло 3,14 (в секторе $127,75^\circ$ в.д. (Республика Саха (Якутия)).

Как видно из рис. 3в, еще более сильным было влияние АБ на повторяемость лесных пожаров в августе. В секторах $106,5-128^\circ$ в.д., при этих процессах повторяемость случаев обнаружения термоточек «лесной пожар» уменьшалась (значения $P1-P2$ достигали уровней меньше –1). Как следует из сравнения данного рис. и табл. 1, повторяемость лесных пожаров при АБ снижалась на территориях Западной Сибири, Красноярского края и западных улусов Республики Саха (Якутия). При этом в секторах, расположенных

восточнее ($129-136^\circ$ в.д. и $142-144^\circ$ в.д. (прочая территория Республики Саха (Якутия)), возникновение АБ приводило к значительному увеличению повторяемости лесных пожаров.

Максимальное значение $P1-P2$ для августа составляло 5,34. Подобное имело место в секторе 135° в.д., соответствующем долине реки Яна (Республика Саха (Якутия)).

Выявленные закономерности свидетельствуют о том, что летом на территориях Восточной и Северо-Восточной Сибири, климат которых является более аридным, возникновение АБ продолжительностью 5 суток и более в 2012–2020 гг. вызывало существенное увеличение повторяемости лесных пожаров. В то же время на территориях, климат которых менее аридный (Западная Сибирь и Красноярский край), возникновение АБ такой продолжительности приводило к снижению повторяемости лесных пожаров.

Аналогичные исследования, выполненные с тем же фактическим материалом для случая, когда T_{AB} составило 10 суток, показали, что при этих явлениях существенное повышение повторяемости лесных пожаров в летние месяцы происходило повсеместно, что соответствует выводам [15].

На рис. 4 представлены распределения по территории Сибири оценок повторяемости лесных пожаров для месяцев август–октябрь, построенные по информации [17].

Из рис.4 следует, что в августе–октябре 2012–2020 гг. лесные пожары происходили в основном на территориях Восточной и Северо-Восточной Сибири (Республика Саха (Якутия), Иркутская область). Повторяемость этих процессов всюду убывала от августа к октябрю.

На рис. 5 отображены зависимости $P1-P2$ в различных секторах территории Сибири от их средней долготы, для месяцев сентябрь и октябрь.

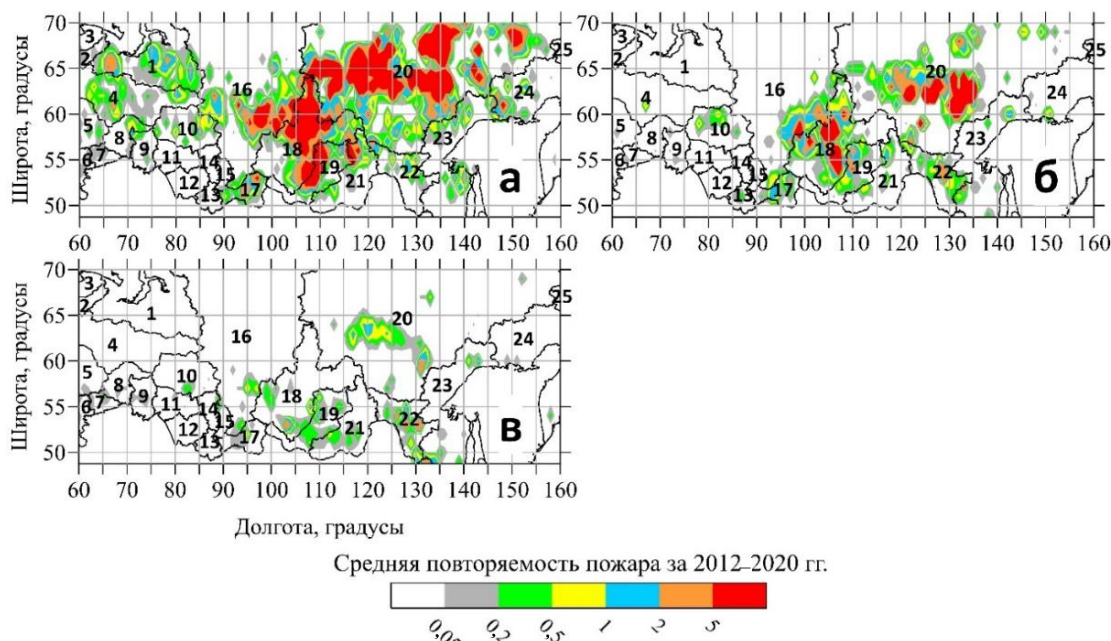


Рисунок 4. Распределение по территории Сибири средней повторяемости обнаружения термоточек типа «лесной пожар» в апреле–июле 2012–2020 гг. (по данным [17]): а) август; б) сентябрь; в) октябрь

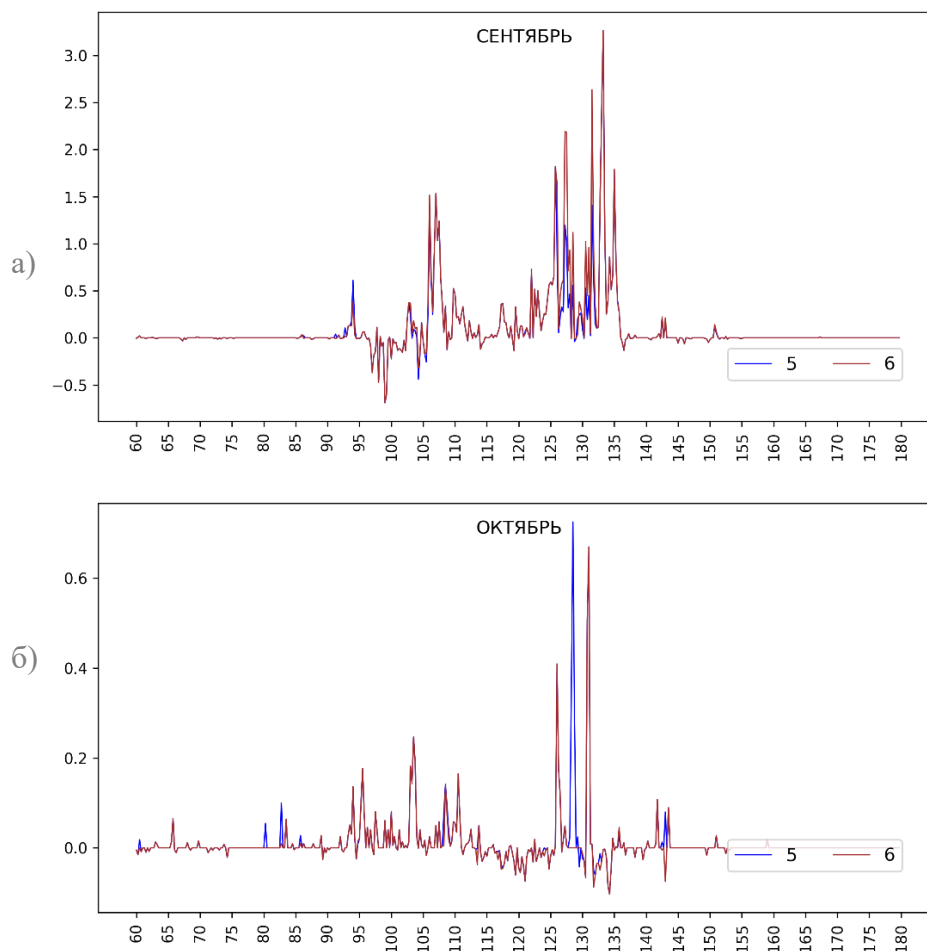


Рисунок 5. Зависимости от средней долготы секторов соответствующих им значений разности $P1-P2$ для месяцев: а) сентябрь; б) октябрь

Рис. 5 свидетельствует о том, что в сентябре и октябре сектора, в которых возникновение АБ приводило к изменениям повторяемости лесных пожаров, располагались в основном на территориях Восточной Сибири. Как следует из табл. 1 и рис. 4, 5 и, для указанных месяцев при возникновении АБ повторяемость лесных пожаров в 2012–2020 гг. увеличивалась.

По данным рисунка 5а и 4б не трудно заметить, что для сентября, при возникновении АБ, увеличение повторяемости лесных пожаров происходило в секторах $106–107^\circ$ в. д. (Иркутская область), $126–128^\circ$ в. д. $132–136^\circ$ в. д. (Республика Саха (Якутия)). Рис. 5б и 4в позволяют заключить, что для октября аналогичное явление происходило в секторе $128–130^\circ$ в. д. (на территории республики Саха (Якутия)).

Таким образом, из рис. 1–5 следует, что АБ, возникающие в месяцы повышенной пожароопасности, оказывают наиболее существенное влияние на изменения повторяемости лесных пожаров на тех территориях, где значения этой характеристики являлись повышенными. В апреле и мае возникновение АБ приводит к снижению повторяемости лесных пожаров, при $T_{АБ}$ в пределах от 5 до 10 суток. В летние месяцы, при $T_{АБ} = 5$ или 6 суток, возникновение АБ на территориях Восточной и Северо-Восточной Сибири, как правило, приводит к увеличению повторяемости лесных пожаров. При этом на территориях Западной Сибири и Красноярского края повторяемость лесных пожаров несколько уменьшается. При $T_{АБ} = 10$ суток повторяемость лесных пожаров летом повышается во всех секторах территории Сибири. В осенние месяцы при любой длительности АБ возникновение этих процессов приводит к повышению повторяемости лесных пожаров в Восточной Сибири.

Дискуссия

Полученные результаты в полной мере соответствуют существующим представлениям об АБ и их последствиях [11–13, 15]. Они также подтверждают справедливость существующих представлений о

причинах возникновения лесных пожаров и факторах, способствующих их развитию [3–5].

Пространственное соответствие расположений областей, где повторяемость лесных пожаров в 2012–2020 гг. была повышена, а также секторов, в которых АБ оказывали наиболее сильное влияние на нее, не удивительно, поскольку ширина фронта учитываемых АБ превышала 10° . Пространственные масштабы областей, где повторяемость лесных пожаров была повышенной, значительно меньше, вследствие чего основное влияние на расположение выявляемых секторов оказывала именно она. Последнее подтверждают и выявленные сезонные изменения значений разности $P1–P2$, пиковое значение которой приходится на август.

Из этого следует, что выявленные расположения секторов, где изменения повторяемости лесных пожаров при АБ наиболее ощутимы, при осуществлении аналогичных исследований для другого интервала времени могут измениться. Подобное предположение основано на том, что горимость тех или иных лесопокрываемых территорий зависит не только от метеоусловий, но и от запасов на них горючего материала, в изменениях которых присутствуют свои циклы, зависящие от соответствующих им лесобразующих пород. Поэтому вопрос о статистической устойчивости расположений выявленных секторов нуждается в дополнительном исследовании, которое станет возможным лишь по прошествии еще нескольких лет.

Следует отметить также, что кроме АБ меридионального типа (на учете свойств которых построена применявшаяся методика обнаружения) над территорией Сибири возможны также АБ, обусловленные крупномасштабной неустойчивостью зонального потока (блокирование расщепляющегося типа и омега-блокирование). Такие АБ применявшейся методикой обнаружения этих процессов не учитываются. Вследствие этого, полученные

результаты могут лишь качественно соответствовать действительности. Тем не менее, АБ меридионального типа над Сибирью преобладают, вследствие чего нам представляется, что полученные результаты к действительности весьма близки.

Выявленные закономерности свидетельствуют о целесообразности учета изменений повторяемости АБ при среднесрочном и долгосрочном прогнозировании повторяемости лесных пожаров на территории Сибири в месяцы с июня по сентябрь (когда эти процессы способствуют повышению горимости лесов).

Как следует из полученных результатов, при АБ, происходящих в апреле и мае, повторяемость лесных пожаров в Сибири снижается, а при тех же процессах в июне–сентябре – повышается. Последнее свидетельствует о существенности влияния на последствия АБ меридионального типа характеристик подстилающей поверхности, над которой распространяются соответствующие ВАВ, что целесообразно учитывать при совершенствовании методик долгосрочного прогнозирования лесных пожаров. Поскольку на состояние подстилающей поверхности существенно влияют антропогенные факторы (вырубка лесов, антропогенное загрязнение окружающей среды и др.), зависят от них и рассматриваемые последствия возникновения АБ. Указанную связь целесообразно учитывать при планировании подразделениями ГПС МЧС РФ профилактических мероприятий в зонах своей ответственности.

Выводы

Таким образом, полученные результаты подтверждают справедливость существующих представлений о том, что АБ меридионального типа при любой своей продолжительности (начиная с $T_{AB} = 5$ суток) оказывают существенное влияние на развитие лесных пожаров. Из них следует, что в месяцы апрель и май при возникновении АБ повторяемость лесных пожаров снижается, а в летние и осенние месяцы – повышается (наиболее существенно в августе). Чем больше T_{AB} , тем с большей вероятностью при возникновении над территорией Сибири АБ, в месяцы июнь–октябрь повторяемость лесных пожаров повышается. При $T_{AB} = 10$ суток это явление происходит всегда и повсеместно. АБ оказывают наиболее ощутимое влияние на изменения повторяемости лесных пожаров на тех территориях, где повторяемость лесных пожаров повышена. Вследствие этого их прогнозы для таких территорий целесообразно учитывать при планировании основных мероприятий подразделений ГПС МЧС РФ.

Перспективным направлением дальнейших исследований в области совершенствования методик долгосрочного прогнозирования лесных пожаров является разработка методики выявления АБ, учитывающей все виды блокирования, а также оценка тенденций междекадных изменений повторяемости АБ над различными лесопокрытыми территориями.

Литература

1. Информационная система дистанционного мониторинга Федерального агентства лесного хозяйства: официальный сайт. URL: https://pushkino.aviales.ru/main_pages/index.shtml (дата обращения: 22.09.2022).
2. Тимофеева С. С., Гармышев В. В. Оценка пожарной опасности субъектов Российской Федерации Сибирского федерального округа на основе комплексного показателя пожарных рисков // *Фундаментальные исследования*. 2015. № 2 (14). С. 3059–3064.
3. Воробьев Ю. Л., Акимов В. А., Соколов Ю. И. Лесные пожары на территории России: Состояние и проблемы. М., 2004. 312 с.
4. Дроздова Т. И., Сороковикова Е. В. Анализ лесных пожаров в Иркутской области в 2010–2019 гг. // *XXI век. Техносферная безопасность*. 2021. № 6 (1). С. 29–41.
5. Чуйков А. М., Сметанкина Г. И., Дорохова О. В. Проблемы снижения уровня пожарной опасности территорий, расположенных в зоне риска лесных пожаров // *Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций*. 2019. № 1 (10). С. 465–468.

6. Расчет комплексного показателя пожарной опасности в лесах. URL: <http://method.meteorf.ru/danger/fire/calculate/calculate.html> (дата обращения: 22.09.2022).
7. Сверлова Л. И. Метод оценки пожарной опасности в лесах по условиям погоды с учетом поясов атмосферной засушливости и сезонов года. Хабаровск, 2000. 46 с.
8. Егармин П. А., Каверзин И. В. Методика краткосрочного прогнозирования пожарной опасности в лесах по условиям погоды // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2010. № 26. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-kratkosrochnogo-prognozirovaniya-pozharnoy-opasnosti-v-lesah-po-usloviyam-pogody> (дата обращения: 22.09.2022).
9. ГОСТ Р 22.1.09-99. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование лесных пожаров. М., 1999. 11 с.
10. Мохов И. И. и др. Блокинги в Северном полушарии и Евроатлантическом регионе: оценки изменений по данным реанализа и модельным расчетам // Доклады Академии наук. 2013. Т. 449. № 5. С. 1–5.
11. Дзердзеевский Б. Л. Циркуляционные механизмы в атмосфере северного полушария в XX столетии. М., 1968. 240 с.
12. Мохов И. И. Атмосферные блокинги и связанные с ними климатические аномалии. Нелинейные волны. 2016. URL: <https://docplayer.com/35005034-Atmosfernye-blokingi-i-svyazannye-s-nimi-klimaticheskie-anomalii.html> (дата обращения: 22.09.2022).
13. Холощев А. В., Батраков Г. Ф. Вторжения арктического воздуха и обмен между тропосферой и нижней стратосферой // Процессы в геосредах. 2021. № 2 (28). С. 1155–1160.
14. Хромов С. П., Петросянц М. А. Метеорология и климатология. М., 2012. 584 с.
15. Мохов И. И. Экстремальные атмосферные и гидрологические явления в российских регионах: связь с Тихоокеанской декадной осцилляцией // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. 2021. Т. 500. № 2. С. 183–188.
16. Золотокрылин А. Н. и др. Сравнительные исследования засух 2010 и 2012 г. на Европейской территории России по метеорологическим и MODIS данным // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2013. Т. 10. № 1. С. 246–253.
17. База данных «Координаты термических точек». URL: <https://www.mchs.gov.ru/ministerstvo/otkrytoe-ministerstvo/otkrytye-dannye/7707034952-ThermoPoints> (дата обращения: 22.09.2022).
18. Hersbach H., Dee D. ERA5 reanalysis is in production // ECMWF Newsletter. 2016. Vol. 147. P. 7.
19. IMERG: Integrated Multi-satellitE Retrievals for GPM | NASA. URL: <https://gpm.nasa.gov/data/imerg> (дата обращения: 22.09.2022).

References

1. Informacionnaya sistema distancionnogo monitoringa Federal'nogo agentstva lesnogo hozyajstva: oficial'nyj sajt. URL: https://pushkino.aviales.ru/main_pages/index.shtml (data obrashcheniya: 22.09.2022).
2. Timofeeva S. S., Garmyshev V. V. Ocenka pozharnoj opasnosti sub"ektov Rossijskoj Federacii Sibirskogo federal'nogo okruga na osnove kompleksnogo pokazatelya pozharnyh riskov // Fundamental'nye issledovaniya. 2015. № 2 (14). S. 3059–3064.
3. Vorob'ev YU. L., Akimov V. A., Sokolov YU. I. Lesnye pozhary na territorii Rossii: Sostoyanie i problemy. M., 2004. 312 s.
4. Drozdova T. I., Sorokovikova E. V. Analiz lesnyh pozharov v Irkutskoj oblasti v 2010–2019 gg. // XXI vek. Tekhnosfernaya bezopasnost'. 2021. № 6 (1). S. 29–41.
5. Chujkov A. M., Smetankina G. I., Dorohova O. V. Problemy snizheniya urovnya pozharnoj opasnosti territorij, raspolozhennyh v zone riska lesnyh pozharov // Sovremennye tekhnologii obespecheniya grazhdanskoj oborony i likvidacii posledstvij chrezvychajnyh situacij. 2019. № 1 (10). S. 465–468.
6. Raschet kompleksnogo pokazatelya pozharnoj opasnosti v lesah. URL: <http://method.meteorf.ru/danger/fire/calculate/calculate.html> (data obrashcheniya: 22.09.2022).
7. Sverlova L. I. Metod ocenki pozharnoj opasnosti v lesah po usloviyam pogody s uchetoм pojasov atmosfernoj zasushlivosti i sezonov goda. Habarovsk, 2000. 46 s.
8. Egarmin P. A., Kaverzin I. V. Metodika kratkosrochnogo prognozirovaniya pozharnoj opasnosti v lesah po usloviyam pogody // Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa. 2010. № 26. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodika-kratkosrochnogo-prognozirovaniya-pozharnoy-opasnosti-v-lesah-po-usloviyam-pogody> (data obrashcheniya: 22.09.2022).
9. GOST R 22.1.09-99. Bezopasnost' v chrezvychajnyh situacijah. Monitoring i prognozirovanie lesnyh pozharov. M., 1999. 11 s.
10. Mohov I. I. i dr. Blokingi v Severnom polusharii i Evroatlanticheskom regione: ocenki izmenenij po dannym reanaliza i model'nym raschetam // Doklady Akademii nauk. 2013. T. 449. № 5. S. 1–5.
11. Dzerdzeevskij B. L. Cirkulyacionnye mekhanizmy v atmosfere severnogo polushariya v XX stoletii. M., 1968. 240 s.

12. Mohov I. I. Atmosfernye blokingi i svyazannye s nimi klimaticheskie anomalii. Nelinejnye volny. 2016. URL: <https://docplayer.com/35005034-Atmosfernye-blokingi-i-svyazannye-s-nimi-klimaticheskie-anomalii.html> (data obrashcheniya: 22.09.2022).
13. Holopcev A. V., Batrakov G. F. Vtorzheniya arkticheskogo vozduha i obmen mezhdou troposferoj i nizhnej stratosferoj // *Processy v geosredah*. 2021. № 2 (28). S. 1155–1160.
14. Hromov S. P., Petrosyanc M. A. *Meteorologiya i klimatologiya*. M., 2012. 584 s.
15. Mohov I. I. Ekstremal'nye atmosfernye i gidrologicheskie yavleniya v rossijskih regionah: svyaz' s Tihookeanskoj dekadnoj oscillyaciej // *Doklady Rossijskoj akademii nauk. Nauki o Zemle*. 2021. T. 500. № 2. S. 183–188.
16. Zolotokrylin A. N. i dr. Sravnitel'nye issledovaniya zasuh 2010 i 2012 g. na Evropejskoj territorii Rossii po meteorologicheskim i MODIS dannym // *Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. 2013. T. 10. № 1. S. 246–253.
17. Baza dannyh «Koordinaty termicheskikh toček». URL: <https://www.mchs.gov.ru/ministerstvo/otkrytoe-ministerstvo/otkrytie-dannye/7707034952-ThermoPoints> (data obrashcheniya: 22.09.2022).
18. Hersbach H., Dee D. ERA5 reanalysis is in production // *ECMWF Newsletter*. 2016. Vol. 147. P. 7.
19. IMERG: Integrated Multi-satellitE Retrievals for GPM | NASA. URL: <https://gpm.nasa.gov/data/imerg> (data obrashcheniya: 22.09.2022).