

Метеорология  
Подрезова Ю.А.

Научная статья

УДК 630\*431; 551\*582

doi: 10.17072/2079-7877-2024-1-138-150

## ОЦЕНКА КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ РИСКА ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ЛЕСА НА ИССЛЕДУЕМЫХ ТЕРРИТОРИЯХ ВОРОНЕЖСКОЙ И КАЛУЖСКОЙ ОБЛАСТЕЙ В СЕЗОН 2022 Г.

Юлия Андреевна Подрезова

Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова, г. Воронеж, Россия  
umbassador@mail.ru

**Аннотация.** Лесные пожары являются элементом глобального развития биосферы, фактором, который необходимо учитывать при анализе изменения климата и выборе действий для ослабления его отрицательных последствий. Рассматривается оценка рисков климатической пожароопасности в сезон 2022 г. на исследуемых территориях Воронежской и Калужской областей. Исходным материалом послужили средние суточные и срочные наблюдения показательных для этих площадей метеостанций Воронеж и Сухиничи за пожароопасный сезон с апреля по октябрь 2022 г., а также их многолетние средние месячные данные, полученные за 56-летний период 1966–2021 гг. В качестве методического подхода использован расчет по этим метеорологическим параметрам значений месячных нормированных аномалий для пяти факторов (температура воздуха, сумма осадков, относительная влажность воздуха, скорость ветра и количество гроз) и последующий сравнительный климатический анализ их с данными 2022 г. Результаты анализа позволили дать наглядное количественное описание структуры формирования климатических рисков пожароопасности для каждого месяца сезона 2022 г. по этим метеорологическим параметрам относительно многолетних климатических условий. Дополнительный переход от нормированных аномалий к бальной характеристике рисков позволил получить приближенные интегральные оценки климатических рисков по комплексу из всех пяти факторов одновременно для каждого месяца и пожароопасного сезона в целом по обеим территориям. Материалы статьи представляют интерес для специалистов по лесному хозяйству, прикладной климатологии, для студентов лесных и лесотехнических специальностей, а также могут быть полезны широкому кругу специалистов географического, биологического, экологического и природоохранного профилей.

**Ключевые слова:** Воронежская и Калужская области, пожарная опасность лесов, климатические факторы риска, анализ и численная оценка рисков

**Для цитирования:** Подрезова Ю.А. Оценка климатических факторов риска пожарной опасности леса на исследуемых территориях Воронежской и Калужской областей в сезон 2022 года // Географический вестник = Geographical bulletin. 2024. № 1(68). С. 138–150. doi: 10.17072/2079-7877-2024-1-138-150

Original article

doi: 10.17072/2079-7877-2024-1-138-150

## ASSESSMENT OF CLIMATIC FACTORS OF FOREST FIRE HAZARD RISKS FOR STUDY AREAS IN THE VORONEZH AND KALUGA REGIONS IN THE 2022 FIRE SEASON

Yuliia A. Podrezova

Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia  
umbassador@mail.ru

**Abstract.** Forest fires are considered to be an element of the global development of the biosphere, a factor that should be taken into account when analyzing climate change and choosing actions to mitigate its negative consequences. The paper provides an assessment of climate-associated fire hazard risks in the 2022 season for the study areas located in the Voronezh and Kaluga regions. The source material for the study were average daily and specific-term observations



Метеорология  
Подрезова Ю.А.

of the Voronezh and Sukhinichi weather stations, representative for these areas, for the fire season from April to October 2022 as well as their long-term average monthly data obtained for the 56-year period 1966–2021.

The methodological approach is based on calculations of the values of monthly normalized anomalies for five factors (air temperature, amount of precipitation, relative air humidity, wind speed, and the number of thunderstorms) and their subsequent comparative climatic analysis with the data from 2022. The results of the analysis made it possible to provide a clear quantitative description of the structure of the climate-associated fire hazard risks development for each month of the 2022 season according to these meteorological parameters relative to long-term climatic conditions. An additional transition from normalized anomalies to a score-based risk assessment provided the possibility to obtain approximate integral estimates of climate-associated risks for a complex of all the five factors simultaneously, for each month and the entire fire season for both study areas. The findings presented in the article are likely to be of interest to specialists in forestry, applied climatology, students majoring in disciplines related to the study of forests, forestry, and forest industry, and may also benefit a wide range of specialists in geographical, biological, ecological, and environmental fields.

**Keywords:** Voronezh and Kaluga regions, forest fire hazard, climate-associated risk factors, risk analysis and numerical assessment

**For citation:** Podrezova, Yu. A. (2024). Assessment of climatic factors of forest fire hazard risks for study areas in the Voronezh and Kaluga regions in the 2022 season. *Geographical Bulletin*. No. 1(68). Pp. 138–150. doi: 10.17072/2079-7877-2024-1-138-150

### Введение

На фоне глобальных изменений климата, в результате которых на обширных территориях Восточной Европы в ближайшие десятилетия ожидается снижение коэффициента увлажнения и прогрессивное развитие термоаридного биоклиматического тренда, негативные антропогенные воздействия на лесные экосистемы следует рассматривать как критические явления, способные усилить деструктивные процессы и вызвать тотальную деградацию лесных сообществ [8, 9, 10]. Крупные лесные пожары сопровождаются пиковыми эмиссиями CO<sub>2</sub> в атмосферу, а также уменьшают стоки атмосферного CO<sub>2</sub>, что приводит к увеличению содержания его в атмосфере и к усилению парникового эффекта [26].

Условия, возникающие в лесах и лесостепях, при которых в случае наличия источника высокой температуры и/или огня может возникнуть пожар, называют пожарной опасностью. Она обуславливается как типом лесорастительной формации, так и погодными условиями. В большинстве случаев возникновение пожаров в лесах носит антропогенный характер (неосторожное обращение с огнем), но пожары могут возникать и от других факторов, например от гроз, особенно в малонаселенных северных районах. Площадь распространения лесных пожаров во многом зависит от сочетаний погодных и климатических факторов [22].

При оценке пожарной опасности растительности необходимо учитывать сумму постоянных и переменных факторов [4, 27, 28], способных спровоцировать начало горения и распространение пожара. Выделяют факторы, влияющие на вероятность возникновения пожаров, а также на распространение пожаров. К первым можно отнести [4]:

– климатические факторы, определяющие динамику фенологического состояния растительности вследствие типичного сезонного хода погоды, сезонные изменения засушливости под действием погодных флуктуаций [21], вызванных изменениями температуры поверхности океанов и параметров циркуляции атмосферы [3, 21];

– погодные условия, которые определяют пожарное созревание лесных горючих материалов [5, 12, 13], их влияние осуществляется по трем основным направлениям: уровень засухи, представляющий баланс факторов увлажнения и высыхания; суточная динамика погодных условий (ветер, дневная температура воздуха и точки росы, дневные осадки); грозовая активность в виде сухих гроз, являющихся источником природных возгораний [6, 7, 16, 20, 24, 23];

– пирологические характеристики растительности, которые зависят от степени горения лесных участков различных типов [17, 18]. Выделяют пять классов пирологической пожарной опасности;

– антропогенные факторы [1, 2, 14, 15], тенденция действия которых проявляется в увеличении количества пожаров по мере роста населения и хозяйственного освоения территорий.

К факторам, влияющим на распространение пожаров, относят [4]:

*Метеорология*  
*Подрезова Ю.А.*

– рельеф, который влияет на скорость распространения пожара по склону [12, 17, 21];  
– гидрологический режим (речной сток), который рассматривается как интенсивность спада стока и показывает емкость водоносных горизонтов и их способность подпитывать верхние слои почвы за счет капиллярного поднятия. В случае, если внешние резервы истощаются, увеличивается уровень засухи, следовательно, возрастает пожарная опасность территории [11, 25].

Как известно [4, 19], одним из главных метеорологических факторов, влияющих на возможность возникновения и развития лесных пожаров, является высокая температура воздуха при одновременном отсутствии или малых суммах осадков, что предопределяет установление режима засушливых погод с низкой относительной влажностью воздуха. Относительная влажность является фактором, определяющим вид пожара: при влажности 40–50 % и выше преобладающими являются низовые пожары, при ее снижении до 30 % пожароопасность существенно возрастает, а при 20 % низовые пожары могут переходить в верховые. Ветровой режим оказывает значительное воздействие на процессы высыхания горючего материала лесов, а также может способствовать распространению уже возникших пожаров. Наконец, грозы опасны, прежде всего, тем, что молниевые разряды на землю могут приводить к возгоранию леса.

В Воронежской и Калужской областях большинство природных пожаров происходит вследствие антропогенной деятельности человека. Этот общеизвестный факт также подтверждается МЧС России [31]. По данным официальных новостных сайтов, всего за 2022 г. в Воронежской области было 14 лесных пожаров [33], а в Калужской – 4 пожара [30].

Целью настоящего исследования было: 1) проведение сравнительного анализа пожароопасности сезона 2022 г. на исследуемых территориях Воронежской и Калужской областей относительно характерных для них многолетних климатических условий (климатических норм) по комплексу из пяти метеорологических факторов, включающих температуру воздуха, осадки, относительную влажность воздуха, скорость ветра и количество гроз; 2) количественное описание структуры формирования пожароопасности для каждой из территорий в месячном разрезе и по сезону в целом; 3) получение приближенной бальной оценки совместного влияния комплекса всех пяти факторов для каждой из площадей.

Необходимо отметить, что приводимые данные о лесных пожарах и пожароопасных ситуациях за сезон 2022 г. на исследуемых территориях в данной работе даются впервые. В задачи этого исследования не входил анализ синоптических ситуаций и барических образований, наблюдавшихся в регионах в пожароопасный период, а статистически обобщенные и многолетние сведения такого рода в свободном доступе, к сожалению, отсутствуют как по пожарам, так и по синоптическим ситуациям.

### **Объекты и методика исследований, исходные данные**

Объектами настоящего исследования являются климатические факторы риска развития пожарной опасности для исследуемых территорий, располагающихся в Воронежской и Калужской областях. Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (№ ФЗУР2022–0009) «Разработка превентивной технологии контроля лесной пожарной опасности с использованием дистанционного зондирования с помощью БПЛА», поэтому исследуемые территории в вышеописанных областях были выбраны как лесные и лесостепные пробные площади, подходящие для реализации вышеуказанного государственного задания, а показательные метеорологические станции – как наиболее близкие, длинно-рядные и с открытым доступом к данным. В Воронежской области использованы многолетние наблюдения (56-летний период 1966–2021 гг.) метеостанции Воронеж, а в Калужской – Сухиничи за температурой воздуха, количеством выпадающих осадков, относительной влажностью воздуха, средней скоростью ветра и количеством гроз, а также

*Метеорология*  
*Подрезова Ю.А.*

данные их 8-срочных наблюдений за 2022 г. Все исходные данные находятся в свободном доступе на сайте ВНИИГМИ-МЦД [29], а также на сайте «Погода и климат» [32].

Климатические расчеты сводились к следующему:

1. Для каждого месяца по каждой метеорологической величине (температура, осадки и др.) вычислялись их многолетние климатические месячные значения  $x_n$  (климатические нормы за 1966–2021 гг.).

2. По значениям норм  $x_n$  рассчитывались месячные аномалии  $\Delta x_m$  для пожароопасного сезона 2022 г. (с апреля по октябрь) как  $\Delta x_m = x_m - x_n$ , где  $x_m$  – среднее (суммарное для осадков) месячное значение за 2022 г. с учетом их знака, имеющие размерности метеорологических величин.

3. Затем вычислялись безразмерные нормированные месячные аномалии  $\delta_m = \Delta x_m / x_n * 100$  %, выражаемые в %, что позволило оперировать ими в дальнейшем для нахождения средних значений по каждому климатическому параметру (эти аномалии явились основным исходным материалом для сравнительного климатического анализа).

4. Каждое нормированное значение аномалии  $\delta_m$  относилось по модулю по предложенной нами шкале аномалий, показанных в первой строке табл. 1, к одной из 14 градаций, заданных с шагом в 20 % и имеющих границы: 0–20, 20–40, 40–60...260–280 %; при этом сохранялся полученный в п. 2 знак аномалии.

Каждой градации шкалы нормированных аномалий табл. 1 приписывался рейтинговый балл риска климатической пожароопасности 1, 2, 3...14; при этом знак балла определялся как знаком нормированной аномалии  $\delta_m$ , так и характером воздействия климатической характеристики на пожароопасность. Так, для температуры воздуха, скорости ветра и количества гроз, для которых положительные значения аномалий увеличивают пожароопасность, соответствующему им баллу приписывался знак плюс (отрицательным приписывался знак минус). Напротив, для осадков и относительной влажности воздуха, для которых положительные значения аномалий уменьшают пожароопасность, соответствующему им баллу приписывался знак минус (отрицательным приписывался знак плюс). Таким образом, положительным значениям баллов соответствовало увеличение пожароопасности, а отрицательным – уменьшение пожароопасности.

Таблица 1

Рейтинговая шкала баллов для оценки климатических рисков пожароопасности,  
соответствующая шкале нормированных аномалий

Rating scale of scores for assessing climatic risks of fire hazard, corresponding to the scale of normalized anomalies

Шкала нормированных аномалий, %	0–20	20–40	40–60	...	260–280
Шкала баллов рисков	1	2	3	...	14

Полученные таким образом нормированные аномалии и соответствующие им рейтинговые баллы с учетом их знаков явились основным фактическим материалом сравнительного климатического анализа, используемого в настоящей работе. При этом «сравнительность» (или относительность) результатов анализа означает, что все качественные и количественные выводы о степени пожароопасности носят не абсолютный характер, так как получены в плане их относительного сравнения со средними климатическими условиями или нормами.

### Результаты и их обсуждение

**Основные особенности климата Воронежской и Калужской областей.** Климат обеих исследуемых областей умеренно континентальный с хорошо выраженными сезонами года: умеренно жарким и влажным летом и умеренно холодной зимой. Для его численной характеристики и сопоставления многолетних данных с метеорологическими условиями пожароопасного сезона 2022 г. по метеостанциям Воронеж и Сухиничи были вычислены месячные нормы

*Метеорология*  
*Подрезова Ю.А.*

основных климатических характеристик за 1966–2021 гг. и их наблюдаемые среднемесячные значения с апреля по октябрь 2022 г., которые представлены в табл. 2.

Таблица 2

Многолетние нормы за 1966–2021 гг. (числитель) и среднемесячные значения за пожароопасный сезон 2022 г. (знаменатель) исследуемых климатических параметров по данным метеорологических станций Воронеж и Сухиничи  
Multi-year norms for 1966–2021 (numerator) and average monthly values for the 2022 fire season (denominator) of the studied climatic parameters according to the data of the Voronezh and Sukhinichi weather stations

Параметр	Месяц и год												Год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Станция Воронеж (Воронежская область)													
Температура воздуха, °С	-7,2	-6,8	-1,1	$\frac{8,4}{10,2}$	$\frac{15,3}{11,8}$	$\frac{18,7}{20,5}$	$\frac{20,5}{20,9}$	$\frac{19,3}{23,4}$	$\frac{13,4}{11,9}$	$\frac{6,7}{8,7}$	0,2	-4,7	6,9
Осадки, мм	44	36	34	$\frac{41}{55}$	$\frac{45}{37}$	$\frac{68}{50}$	$\frac{64}{122}$	$\frac{54}{31}$	$\frac{53}{135}$	$\frac{46}{95}$	47	49	580
Относительная влаж. воздуха, %	83	80	76	$\frac{64}{68}$	$\frac{60}{58}$	$\frac{66}{64}$	$\frac{67}{67}$	$\frac{65}{56}$	$\frac{71}{78}$	$\frac{77}{81}$	84	85	73
Сред. скорость ветра, м/с	3,3	3,3	3,2	$\frac{3,0}{2,8}$	$\frac{2,6}{2,9}$	$\frac{2,4}{2,1}$	$\frac{2,2}{2,2}$	$\frac{2,2}{1,8}$	$\frac{2,4}{2,2}$	$\frac{2,8}{2,4}$	3,1	3,4	3,3
Частота гроз, ед.	0	2	1	$\frac{3}{4}$	$\frac{7}{2}$	$\frac{15}{14}$	$\frac{13}{24}$	$\frac{8}{11}$	$\frac{3}{0}$	$\frac{2}{3}$	0	2	56
Станция Сухиничи (Калужская область)													
Температура воздуха, °С	-7,9	-7,3	-1,9	$\frac{6,3}{5,0}$	$\frac{13,0}{10,4}$	$\frac{16,4}{17,9}$	$\frac{18,1}{18,2}$	$\frac{16,7}{19,8}$	$\frac{11,2}{9,0}$	$\frac{5,2}{6,8}$	-0,9	-5,4	5,3
Осадки, мм	39	33	33	$\frac{38}{144}$	$\frac{56}{57}$	$\frac{76}{107}$	$\frac{83}{157}$	$\frac{66}{20}$	$\frac{56}{115}$	$\frac{56}{81}$	47	44	626
Относительная влаж. воздуха, %	86	83	77	$\frac{69}{78}$	$\frac{67}{59}$	$\frac{73}{70}$	$\frac{76}{75}$	$\frac{76}{69}$	$\frac{80}{83}$	$\frac{83}{82}$	88	88	79
Сред. скорость ветра, м/с	3,5	3,4	3,2	$\frac{3,0}{2,5}$	$\frac{2,7}{2,2}$	$\frac{2,4}{1,6}$	$\frac{2,2}{1,5}$	$\frac{2,2}{2,0}$	$\frac{2,6}{1,9}$	$\frac{3,1}{1,8}$	3,3	3,5	2,9
Частота гроз, ед.	0	2	1	$\frac{4}{0}$	$\frac{8}{1}$	$\frac{14}{19}$	$\frac{14}{30}$	$\frac{8}{4}$	$\frac{3}{0}$	$\frac{2}{1}$	1	1	56

Из данных этой таблицы следует, что средняя многолетняя годовая температура воздуха на станции Воронеж составляет 6,9 °С, а на станции Сухиничи, в соответствии с ее более северным положением, она равна 5,3 °С. Для всего периода пожароопасного сезона, с апреля по октябрь, для обеих территорий характерны положительные среднемесячные температуры с их максимумом в июле, составляющим для станции Воронеж 20,5 °С, а для Сухиничи 18,1 °С. В распределении осадков по обеим станциям проявляются следующие закономерности: минимальное количество наблюдается в феврале и марте (около 35 мм в месяц), затем оно увеличивается, достигая максимума в июне-июле (64–83 мм в месяц), и постепенно снижается к зиме (39–44 мм в месяц). При этом осенью осадков выпадает несколько больше, чем весной. Их средняя многолетняя годовая сумма за 56 лет составила по Воронежу 580 мм и по Сухи-

*Метеорология*  
*Подрезова Ю.А.*

ничи 626 мм. На территории обеих областей отмечается высокая и близкая по величине относительная влажность воздуха, средняя годовая величина которой по 56-летним наблюдениям равна для Воронежа 73 % и для Сухиничи 79 %. Следуя в противофазе годовому ходу температуры воздуха, относительная влажность имеет более низкие значения с апреля по август (60–76 %), увеличиваясь в холодное время года (80–88 %). При этом годовой ход влажности в Сухиничи выражен более слабо, чем в Воронеже. По многолетним данным, среднее годовое число гроз по обоим станциям весьма велико (56 случаев). Максимальное количество гроз отмечается в июне и июле (13–15 случаев), совпадая с максимумом осадков в эти же месяцы. Для исследуемых территорий в течение всего года характерны низкие средние месячные скорости ветра, которые меняются в пределах 2,2–3,5 м/с (при этом они несколько выше в холодное время года).

В отличие от мало меняющегося поля скоростей ветра, поле приземных направлений ветра в течение года существенно изменяется (табл. 3). Причиной является то, что оно определяется сильно меняющейся по сезонам общей циркуляцией атмосферы и сильно зависит от местных условий. При этом заметим, что при полностью равномерной повторяемости направлений по всем 8 румбам значение повторяемости каждого из румбов составляло бы 12,5 %. Поэтому при анализе значения повторяемостей, превышающие 12,5 %, можно условно рассматривать как повышенные или преобладающие по отношению к этой условной средней. По данным табл. 3, для станций Воронеж и Сухиничи в пожароопасный сезон 2022 г. имела место следующая картина изменения поля направлений ветра: относительно равномерная повторяемость направлений ветра по всем румбам в апреле сменяется преобладанием З, ЮЗ и СЗ румбов в мае, потом в июне и июле к этим направлениям добавляются С, СВ и В (ЮВ для Сухиничи) румбы. В августе уже преобладают только В и СВ направления, к октябрю происходит перестройка поля направления ветра к осенне-зимнему типу с преобладанием ветров З, СЗ (ЮЗ) и Ю направлений. Повторяемость штилей для обеих территорий по месяцам в целом мала, меняется в диапазоне 0–9 %.

Таблица 3

Повторяемость (в %) направлений ветра по 8 румбам и штилей по метеостанциям  
Воронеж/Сухиничи за пожароопасный сезон 2022 г.  
Frequency (%) of wind directions at 8 points and calm at the Voronezh/Sukhinichi weather stations  
for the 2022 fire season

Румб	Месяцы						
	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь
С	14/20	10/13	23/10	19/10	10/7	7/4	11/9
СВ	14/16	6/6	15/16	9/11	30/21	6/9	4/2
В	6/17	5/6	2/12	5/7	33/44	10/17	6/6
ЮВ	13/6	8/4	7/3	11/8	13/10	13/14	11/4
Ю	15/16	9/9	4/4	6/2	2/4	10/5	15/11
ЮЗ	11/8	10/19	5/16	3/10	2/5	13/13	10/29
З	9/10	29/30	15/23	20/27	6/3	18/22	15/25
СЗ	14/4	17/13	23/11	23/16	3/1	19/10	20/8
Штили	4/3	6/0	7/5	5/9	2/4	4/6	9/4

**Характеристика климатических рисков пожароопасного сезона 2022 г. по данным о нормированных аномалиях.** Согласно приведенной выше методике, была составлена итоговая табл. 4, в которой для станций Воронеж (Воронежская область) и Сухиничи (Калужская область) в период пожароопасного сезона с апреля по октябрь 2022 г. даны месячные значения нормированных климатических аномалий (верхняя часть таблицы) и соответствующих им рейтинговых баллов пожароопасности (нижняя часть таблицы). Напомним, что нулевым значениям аномалий соответствует равенство климатических условий текущего месяца или сезона 2022 г. в целом их многолетним средним (климатическим) нормам. Значениям аномалий,

*Метеорология*  
*Подрезова Ю.А.*

равным 100 %, соответствует отклонение этих условий от норм на величину самих норм метеорологических величин.

Таблица 4

Значения нормированных аномалий климатических факторов, рассчитанных относительно их норм за 1966–2021 гг. (в %), и соответствующие им баллы рейтинговых рисков по станциям Воронеж и Сухиничи в пожароопасный сезон 2022 г.

Normalized anomalies of climatic factors calculated relative to their norms for 1966–2021 (%), and the corresponding rating risk scores for the Voronezh and Sukhinichi weather stations in the 2022 fire season

Параметр	Месяцы пожароопасного сезона 2022 г.							Сезон	
	4	5	6	7	8	9	10	Сумма	Сред.
Значения (%) и знак нормированных аномалий по станциям Воронеж (первая строка) и Сухиничи (вторая строка)									
Температура воздуха	21	-23	10	2	21	-11	29	49	7,0
	-20	-21	9	0,5	19	-20	-32	-0,5	-0,1
Осадки	34	-18	-26	91	-42	157	107	303	43,3
	281	1	40	88	-69	105	46	492	70,3
Относительная влажность	7	-3	-2	-1	-13	9	6	3	0,4
	13	-13	-4	-2	-9	4	-0,3	-11	-1,6
Скорость ветра	-8	9	-13	1	-16	-8	-16	-51	-7,3
	-19	-15	-31	-29	-8	-25	-43	-170	-24,3
Частота гроз	52	-72	-5	82	39	-100	50	46	6,6
	-100	-87	39	122	-47	-100	-38	-211	-30,1
Значения и знак рейтинговых баллов климатических рисков по станциям Воронеж (первая строка) и Сухиничи (вторая строка)									
Температура воздуха	2	-2	1	1	2	-1	2	5	0,7
	-2	-2	1	1	1	-1	2	0	0,0
Осадки	-2	1	2	-5	3	-8	-6	-15	-2,1
	-14	-1	-3	-5	4	-6	-3	-28	-4,0
Относительная влажность	-1	1	1	1	1	-1	-1	1	0,1
	-1	1	1	1	1	-1	1	3	0,4
Скорость ветра	-1	1	-1	1	-1	-1	-1	-3	-0,4
	-1	-1	-2	-2	-1	-2	-3	-12	-1,7
Частота гроз	3	-4	-1	5	2	-6	3	2	0,3
	-6	-5	2	7	-3	-6	-5	-16	-2,3
Σ Воронеж	1	-3	2	3	7	-17	-3	-10	-1,4
Ср.зн. Воронеж	0,2	-0,6	0,4	0,6	1,4	-3,4	-0,6	-2	-0,3
Σ Сухиничи	-24	-8	-1	2	2	-16	-8	-53	-7,6
Ср.зн. Сухиничи	-4,8	-1,6	-0,2	0,4	0,4	-3,2	-1,6	-10,6	-1,5

Аномалии и баллы представлены в таблице по каждому климатическому параметру в двух строчках: первая соответствует станции Воронеж, вторая – станции Сухиничи. В двух последних столбцах таблицы приведены суммы аномалий по каждому параметру за сезон и их средние по сезону значения (суммирование и осреднение выполнено по строкам). Дополнительно в последних 4 строчках в нижней части таблицы для каждого месяца приведены суммы аномалий и рейтинговых баллов по всем 5 факторам и их средние значения по этим факторам (суммирование и осреднение выполнено по столбцам).

Выполним сначала анализ полученных данных о рисках пожароопасности сезона 2022 г. по каждому из 5 климатических факторов на исследуемых территориях Воронежской и Калужской областей по полученным значениям нормированных аномалий, помещенных в верхней части табл. 4, следуя традиционному климатическому подходу.

*Температура воздуха.* На обеих станциях, несмотря на сравнительно близкое их расположение, нормированные аномалии температуры менялись по месяцам сезона 2022 г. случайным образом, не совпадая ни по величине, ни по знаку. Их близкие значения наблюдались лишь в отдельных случаях, например в июле, когда аномалия по Воронежу равнялась 21 %, а

Метеорология  
Подрезова Ю.А.

по Сухиничи 19 %. В результате среднее по сезону значение для Воронежа было положительным и составило 7,0 %, а для Сухиничи было отрицательным, равным -0,1 %. В целом колебания аномалий по месяцам сезона соответствовали для Воронежа диапазону -23...+29 %, а для Сухиничи -32...+19 %. При этом, как и следовало ожидать, наибольшие отклонения наблюдались для граничных месяцев пожароопасного сезона. Практически совпадал с климатической нормой по температуре только июль с аномалиями, равными 0,5 % для Сухиничи и 2 % для Воронежа. В результате можно сказать, что по колебаниям температуры воздуха сезон 2022 г. был типичным и не носил какого-то исключительного характера.

*Осадки.* Осадки являются одной из самых изменчивых во времени и пространстве метеорологических величин. Поэтому в сезон 2022 г. диапазон месячных нормированных аномалий осадков оказался много шире, чем для температуры: для Воронежа он составил -42...+157 %, а для Сухиничи -69...281 %. При этом средние сезонные значения аномалий на обеих станциях были положительны, составляя для Воронежа 43 %, а для Сухиничи 70 %. Таким образом, в пожароопасный сезон 2022 г. осадки на станции Воронеж превышали норму сезона (равна 371 мм) на 41 %, а на станции Сухиничи (равна 431 мм) на 58 %. В сентябре 2022 г. на станции Воронеж осадки превышали норму, равную 53 мм, в 1,57 раза, а на станции Сухиничи в апреле превышали норму, равную 41 мм, даже в 2,81 раза. В результате по режиму осадков эти месяцы на соответствующих территориях были наименее пожароопасными, превышая характерные многолетние условия в 1,5 и 2,8 раза. В сезон 2022 г. наиболее пожароопасными по режиму осадков на обеих станциях был август, когда на станции Воронеж нормированная аномалия равнялась -42 %, а на станции Сухиничи -69 %. Наиболее близким к многолетним условиям влияния на пожароопасность на обеих станциях был май, когда по Воронежу нормированные аномалии составили -18 %, а по станции Сухиничи всего +1 %.

*Относительная влажность воздуха.* Относительная влажность воздуха имеет шкалу измерений от 0 до 100 %, и поэтому физические пределы ее временной и пространственной изменчивости значительно сужены по сравнению со всеми остальными метеорологическими характеристиками табл. 4 (следует также постоянно помнить, что единицы измерений относительной влажности выражаются в %, чтобы при анализе не допустить путаницы самих значений влажности и нормированных аномалий). Малым размером шкалы относительной влажности, а не климатическими особенностями пожароопасного сезона 2022 г., прежде всего, объясняются небольшие абсолютные значения нормированных уклонений, полученных в табл. 4. Так, для сезона в целом по станции Воронеж (норма влажности сезона 67 %) нормированная аномалия была положительна, но составила всего 0,3 %. По станции Сухиничи (норма влажности сезона 75 %) сезонная нормированная аномалия была отрицательной и равной -1,2 %. Пределы изменений месячных нормированных аномалий влажности в сезон 2022 г. были по обеим станциям примерно одинаковы: Воронеж - -13...9 %, Сухиничи - -13...+13 %. Все это говорит о том, что вклад относительной влажности в колебания месячных рисков пожароопасности в сезон 2022 г. был малым и примерно соответствовал многолетним нормам.

*Скорость ветра.* Напомним, что пространственная и временная изменчивость модуля скорости ветра на исследуемых территориях сравнительно мала. Малы и сами скорости ветра, месячные нормы которых составляют в пожароопасный сезон 1,8–3 м/с (табл. 2). Сезонные значения нормированных аномалий скоростей в 2022 г. оказались по обеим станциям отрицательными и заметно различными: для Воронежа аномалия равна -7,3 %, а для Сухиничи -24,3 %. Диапазон месячных значений аномалий по станции Воронеж был разно знаковым и составил -16...+9 %, а по станции Сухиничи он был значительно шире и одновременно соответствовал только отрицательным значениям -43...-8 %. При этом для Воронежа июль практически совпадал с климатической нормой (нормированная аномалия равна 1 %), а для Сухиничи таких месяцев в сезоне не было. Таким образом, для территории Воронежской области в сезон 2022 г. вклад колебаний средних месячных скоростей ветра в степень пожароопасности



Метеорология  
Подрезова Ю.А.

был сравнительно мал и изменялся по знаку. Напротив, для исследуемой территории Калужской области, где скорости ветра в сезон 2022 г. были значительно ниже норм, их вклад в пожароопасность был отрицательным (снижал ее) и более существенным.

*Частота гроз.* Многолетнее годовое число случаев с грозой (примем для краткости как частота гроз) в исследуемых районах велико и по обеим станциям равно 56. При этом количество гроз пожароопасного периода 2022 г. для Воронежа – 58, а для Сухиничи – 55. Одновременно временная и пространственная изменчивость частоты гроз здесь также значительна. Поэтому диапазоны колебаний нормированных месячных аномалий частоты гроз в сезон 2022 г. по обеим станциям оказались по размаху аналогичными осадкам: по станции Воронеж диапазон составил -100...82 %, а по станции Сухиничи был еще шире – -100...122 %. При этом средние по сезону значения аномалий равнялись по Воронежу 6,6 %, а по Сухиничи -30,1 %. Такое различие средних значений по станциям (при достаточной близости ширины диапазонов) объясняется тем, что по Воронежу знакопеременные слагаемые при суммировании в значительной мере компенсировались, тогда как для Сухиничи этого не произошло. Можно сделать главный вывод, что в сезон 2022 г. для исследуемой территории Воронежской области вклад повышенной частоты гроз в пожароопасность в апреле, июле, августе и октябре был положительным и существенным, когда аномалии составляли от 39 до 82 %. Напротив, в мае и сентябре, когда аномалии составляли -72 и -100 %, он был также значительным, но отрицательным. Только в июне влияние частоты грозы было близко к многолетней норме (аномалия -5 %). Для исследуемой территории Калужской области вклад гроз в изменение рисков пожароопасности по месяцам во все месяцы был существенным. В апреле, мае, августе, сентябре и октябре, пожароопасность снижалась, когда аномалии были отрицательными и колебались от -38 до -100 %, а в июне и июле она повышалась, когда аномалии были положительными и изменялись в пределах от 39 до 122 %.

*Характеристика климатических рисков пожароопасного сезона 2022 г. по рейтинговой шкале баллов.* Анализ рисков пожароопасности сезона 2022 г. по исследуемым территориям Воронежской и Калужской областей, выполненный по каждому климатическому фактору по бальным данным о рисках (расчеты которых приведены в нижней части табл. 4), приводит к результатам, совпадающим с анализом, полученным по величинам аномалий. В этом случае, по существу, меняется только численная шкала оценок. По этой причине этот анализ здесь не повторяется. Заметим только, что такой анализ в баллах риска мог быть выполнен изначально как самодостаточный вместо анализа аномалий.

Представляется весьма важным попытаться получить интегральные по всем 5 факторам оценки рисков пожароопасности сезона 2022 г. по обеим исследуемым территориям, исходя из шкалы бальных оценок. К сожалению, пока нет каких-либо надежно установленных весовых оценок вклада отдельного климатического фактора в общий риск пожароопасности. Поэтому в самом первом приближении можно задать влияние различных факторов «равновеликими», и тогда для этой цели становится возможным использовать предложенную выше линейную шкалу баллов. Используем это допущение и будем оперировать с баллами как с рейтинговыми оценками. В результате можно рассчитать интегральные суммы и средние значения баллов-рисков по столбцам-факторам, как это сделано в последних четырех строках табл. 4, и получить следующие приближенные оценки рисков пожароопасности в сезон 2022 г. для каждой из площадей, выраженные в баллах:

1. Значения месячных интегральных рисков как средних по всем пяти факторам.
2. Значения средних для сезона интегральных рисков по всем месяцам и факторам.
3. Значение различий интегральных месячных и сезонных рисков для 2022 г.

4. Разумеется, полученные выводы, как и выводы, вытекающие из анализа аномалий, будут носить характер оценок, сделанных относительно многолетней средней картины, т.е. климатической нормы. При этом положительный знак риска всегда соответствует повышению

Метеорология  
Подрезова Ю.А.

уровня пожароопасности в сезон 2022 г. по сравнению с климатической нормой, а отрицательный знак соответствует аналогичному снижению такого уровня.

По данным станции Воронеж получено, что месячные значения интегральных рисков в сезон 2022 г. менялись от -3,4 балла в сентябре, когда риск пожаров был минимальным, до 1,4 балла в августе, когда риск пожаров был максимальным. При этом минимальная пожароопасность в сентябре обеспечивалась в основном повышенными суммами осадков, давших индивидуальный вклад в -8 баллов, и пониженной частотой гроз, давших индивидуальный вклад в -6 баллов. Максимальная пожароопасность в августе обеспечивалась положительным вкладом повышенной температуры воздуха (+2 балла), суммой осадков (+3 балла) и частотой гроз (+2 балла). В результате среднее значение интегрального по всем пяти факторам и семи месяцам сезонного риска по станции Воронеж составило всего -0,3 балла. Это означает, что в целом сезон 2022 г. на исследуемой территории Воронежской области был лишь немного менее пожароопасен по сравнению с климатической нормой.

По данным станции Сухиничи имеем, что месячные значения интегральных рисков в сезон 2022 г. менялись от -4,8 балла в апреле, когда риск пожаров был минимальным, до 0,4 балла в июле и августе, когда риск пожаров был максимальным. Сравнение этих данных с полученными по станции Воронеж уже говорит о том, что на исследуемой территории Калужской области сезон 2022 г. был менее пожароопасным, чем в Воронежской. При этом минимальная пожароопасность в апреле обеспечивалась в основном повышенными суммами осадков (давших вклад в -14 баллов) и пониженной частотой гроз (-6 баллов). Максимальная пожароопасность в июле обеспечивалась в основном повышенной частотой гроз (+7 баллов), а в августе пониженными суммами осадков (+4 балла). В результате среднее значение интегрального риска по всем 5 факторам и 7 месяцам сезонного риска по станции Сухиничи составило -1,5 балла. Таким образом, сезон 2022 г. на исследуемой территории Калужской области, как и в Воронежской области, также был менее пожароопасен по сравнению с многолетней картиной.

Теперь можно сравнить интегральные средние по сезону 2022 г. риски пожароопасности в баллах по данным станций Воронеж и Сухиничи: для станции Воронеж риск равен -0,3, а для станции Сухиничи он равен -1,5. Следовательно, на обеих станциях пожароопасность в сезон 2022 г. была пониженной по сравнению с многолетней картиной, но по станции Сухиничи это понижение было выражено гораздо резче.

### Заключение

Исследуемые территории, выбранные для изучения пожароопасности в Воронежской и Калужской областях, располагаются в условиях типичного умеренно континентального климата средних широт с хорошо выраженными сезонами года – умеренно жарким и влажным летом и умеренно холодной зимой. Приводится краткая характеристика их климатических условий по многолетним данным показательных метеостанций Воронеж и Сухиничи за 1966–2021 гг. Для оценок климатических рисков пожароопасности исследуемых территорий в сезон 2022 г. с их многолетними средними условиями были рассчитаны нормированные месячные аномалии (относительно многолетних норм за 1966–2021 гг.) по обеим станциям для пяти метеорологических факторов: температура воздуха, сумма осадков, относительная влажность воздуха, скорость ветра и число случаев с грозой. Это позволило получить для обеих площадок численные оценки влияния каждого из этих факторов на риски пожароопасности в каждый из 7 месяцев (с апреля по октябрь) пожароопасного сезона 2022 г. Оказалось, что, несмотря на относительную близость их расположения и общих климатических условий, структуры рисков пожароопасности для каждой из площадей в тот или иной из семи месяцев пожароопасного сезона 2022 г. и для сезона в целом в значительной мере носили индивидуальный характер, зависящий от их местоположения и местных климатических особенностей. Общим для обеих

*Метеорология*  
*Подрезова Ю.А.*

площадок оказалось то, что сезон 2022 г. не имел особо аномального климатического характера для их пожароопасности, а вписывался в типичные средние многолетние колебания. Однако для обеих площадок установлен факт существенных случайных не синхронных для них колебаний в отдельные месяцы режимов температуры воздуха, осадков и частоты гроз, которые вносят основной вклад во временную и пространственную изменчивость пожароопасности. При этом вклад скорости ветра и влажности воздуха, хотя и был меньшим, но все же оставался заметным. Это говорит о целесообразности подхода с обязательным одновременным учетом целого спектра климатических факторов. Используемая рейтинговая шкала баллов позволила установить, что пожароопасность исследуемой территории Калужской области в сезон 2022 г. была заметно ниже, чем Воронежской области, для которой она была близка к многолетней норме. С помощью этой шкалы получена также месячная картина рисков пожароопасности по каждой из площадок по всем пяти использованным факторам одновременно.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (№ ФЗУР2022–0009) «Разработка превентивной технологии контроля лесной пожарной опасности с использованием дистанционного зондирования с помощью БПЛА».

**Библиографический список**

1. Андреев Ю.А. Влияние антропогенных и природных факторов на возникновение пожаров в лесах и населенных пунктах: автореф. дис. на соиск. уч. степ. д-ра техн. наук. М., 2003. 45 с.
2. Андреев Ю.А., Ларченко Г.Ф. Социально-психологические аспекты рекреационных посещений леса и возникновение пожаров // Лесные пожары и борьба с ними. М.: ВНИИ ПО, 1987. С. 251–263.
3. Гинзбург Б.М., Соколова Г.В. Влияние температуры поверхности океанов и алеутской депрессии на лесопожарную обстановку в районах Дальнего Востока // Метеорология и гидрология. 2014. № 7. С. 52–62.
4. Глаголев В.А. Оценка и прогноз возникновения пожаров растительности на территории Еврейской Автономной области: дис. на соиск. уч. степ. канд. геогр. наук. М.: ИКАРП ДВО РАН, 2015. 147 с.
5. Гриценко М.В., Гаврилова В.М. Возникновение лесных пожаров в связи с условиями погоды // Лесное хозяйство. 1952. № 4. С. 64–65.
6. Иванов В.А., Москальченко С.А., Пономарев Е.И. Влияние нарушенных лесных территорий на частоту пожаров в Нижнем Приангарье // Хвойные бореальной зоны. 2009. Т. 26, № 2. С. 249–254.
7. Иванов В.А., Матвеев П.М. Оценка территории Красноярского края по условиям возникновения лесных пожаров от гроз // Вестник Сибирского государственного технологического университета. 1999. № 2. С. 3–10.
8. Исаев А.С., Суходольский В.Г., Хлебопрос Р.Г. Метамоделные подходы к описанию критических явлений в лесных экосистемах // Лесоведение. 2010. № 2. С. 3–13.
9. Коба В.П., Жигалова Т.П. Климатические факторы и динамика пожаров в лесах горного Крыма // Лесоведение. 2014. № 2. С. 52–58.
10. Коломыйц Э.Г. Прогноз влияния глобальных изменений климата на зональные экосистемы Волжского бассейна // Экология. 2006. № 6. С. 429–439.
11. Кулик В.В., Лобанов С.А. Гидрологический прогноз лесных пожаров и их предотвращение // Экологический вестник Приморья. 2002. № 6. URL: <http://bookre.org/reader?file=76707> (дата обращения 30.11.2022).
12. Курбатский Н.П. Методические указания для опытной разработки местных шкал пожарной опасности в лесах. Л., 1954. 31 с.
13. Курбатский Н.П. Пожарная опасность в лесу и ее измерение по местным шкалам // Лесные пожары и борьба с ними. М.: АН СССР, 1963. С. 5–30.
14. Курбатский Н.П. Прогнозирование лесных пожаров с помощью ЭВМ // Лесное хозяйство. 1976. № 7. С. 51–55.
15. Курбатский Н.П., Доррер Г.А., Доргов Б.И. Расчет распределения источников пожара в лесу // Лесное хозяйство. 1978. № 7. С. 76–78.
16. Матвеев С.М., Чеботарев В.В. Дендроклиматическое исследование сосняков Усманского бора и моделирование пожароопасных сезонов // Лесной журнал. 2002. № 2. С. 36–42.
17. Мелехов И.С. Борьба с лесными пожарами. М.: Гослестехиздат, 1938. 68 с.
18. Мелехов И.С. Лесные пожары и борьба с ними. Архангельск: Севкрайгиз, 1934. 46 с.
19. Ожогин И.М. Связь между влажностью воздуха и лесными пожарами // Лесное хозяйство. 1939. № 8. С. 20–24.
20. Пономарев Е.И., Сухинин А.И. Методика картирования и среднесрочного прогнозирования пожарной опасности лесов по условиям погоды // География и природные ресурсы. 2002. № 4. С. 112–114.
21. Софронов М.А. Влияние рельефа на лесные пожары в Западном Саяне // Лесные пожары и борьба с ними. М.: АН СССР, 1964. С. 127–138.
22. Тарко А.М., Курбатова А.И., Григорец Е.А. Применение методов системного анализа в исследовании лесных пожаров на территории Российской Федерации // Географическая среда и живые системы. 2021. № 1. С. 17–41. doi: 10.18384/2712-7621-2021-1-17-41
23. Шевцов Е.Г. Вероятностный метод спутникового обнаружения и контроля энергетических параметров пожаров в лесах Восточной Сибири: автореф. дис. канд. тех. наук. Красноярск, 2012. 20 с.

*Метеорология*  
*Подrezова Ю.А.*

24. Шевцов Е.Г., Сухинин А.И., Пономарев Е.И. Исследование влияния погодных условий на возникновение пожаров от гроз // Хвойные бореальной зоны. 2008. Т. 25, № 1, 2. С. 47–50.
25. Широкова М.Р. Лесистость бассейнов – один из основных факторов формирования экстремальных расходов воды в зоне муссонного климата // Гидрологические расчеты, комплексное использование и охрана водных ресурсов Приморского края. Владивосток: ДВНИГМИ. 1978. С. 96–98.
26. Шерстюков Б. Г. Лесные пожары. Глава 7 в монографии Росгидромета «Методы оценки последствий изменения климата для физических и биологических систем»: науч. ред. С.М. Семенов. М.: Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 2012. С. 299–300.
27. Davis K.P. Forest fire: control and use McGraw Hill. New York, 1959. 584 p.
28. Hayes G.L. Where and when to measure forest fire danger // Journal of Forestry. 1944. Vol. 42, № 10. P. 744–751.
29. Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных [Электронный ресурс]. URL: <http://meteo.ru/data> (дата обращения 12.11.2022).
30. Информационное агентство ТАСС [Электронный ресурс]. URL: <https://tass.ru/obschestvo/16137617> (дата обращения 10.11.2022).
31. Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий [Электронный ресурс]. URL: [https://mchs.gov.ru/deyatelnost/bezopasnost-grazhdan/prirodnyepozhary\\_6](https://mchs.gov.ru/deyatelnost/bezopasnost-grazhdan/prirodnyepozhary_6) (дата обращения 10.11.2022).
32. Погода и климат [Электронный ресурс]. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/> (дата обращения 13.11.2022).
33. Сетевое издание «МОЁ! Online» [Электронный ресурс]. URL: <https://moe-online.ru/news/society/1138741> (дата обращения 10.11.2022).

**References**

1. Andreev Ju.A. (2003), Influence of anthropogenic and natural factors on the occurrence of fires in forests and settlements, Extended abstract of Doctor's thesis, Moscow, Russian.
2. Andreev Ju.A., Larchenko G.F. (1987), Socio-Psychological Aspects of Recreational Forest Settlements and Features of Fires, *Lesnye pozhary i bor'ba s nimi*, Moscow, pp. 251–263.
3. Ginzburg B.M., Sokolova G.V. (2014), The influence of ocean surface temperature and the Aleutian depression on the forest fire situation in the regions of the Far East, *Meteorologija i gidrologija*, no. 7, pp. 52–62.
4. Glagolev V.A. (2015), Ocenka i prognoz vozniknovenija pozharov rastitel'nosti na territorii Evrejskoj Avtonomnoj oblasti, Candidate's thesis, IKARP DVO RAN, Moscow, Russian.
5. Gricenko M.V., Gavrilova V.M. (1952), The occurrence of forest fires due to weather conditions, *Lesnoe hozjajstvo*, no. 4, pp. 64–65.
6. Ivanov V.A., Moskal'chenko S.A., Ponomarev, E.I. (2009), The impact of disturbed forest areas on the frequency of fires in the Lower Angara region, *Hvojnye boreal'noj zony*, vol. 26, no. 2, pp. 249–254.
7. Ivanov V.A., Matveev P.M. (1999), Assessment of the territory of the Krasnoyarsk Territory according to the conditions for the occurrence of forest fires from thunderstorms, *Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta*, no. 2, pp. 3–10.
8. Isaev A.S., Suhodol'skij V.G., Hlebopros R.G. (2010), Metamodel approaches to the description of critical phenomena in forest ecosystems, *Lesovedenie*, no. 2, pp. 3–13.
9. Koba V.P., Zhigalova T.P. (2014), Climatic factors and dynamics of fires in the forests of the Crimean Mountains, *Lesovedenie*, no. 2, pp. 52–58.
10. Kolomyc Je.G. (2006), Forecast of the impact of global climate change on the zonal ecosystems of the Volga basin, *Ekologija*, no. 6, pp. 429–439.
11. Kulik V.V., Lobanov S.A. (2002), Hydrological forecast of forest fires and their prevention, *Ekologicheskij vestnik Primor'ja*, no. 6, available at: <http://bookre.org/reader?file=76707> (Accessed 30.11.2022).
12. Kurbatskij N.P. (1954), Metodicheskie ukazaniya dlja opytnoj razrabotki mestnyh shkal pozharnoj opasnosti v lesah, [Guidelines for the Pilot Development of Local Forest Fire Hazard Scales], Leningrad, Russia.
13. Kurbatskij N.P. (1963), Fire danger in the forest and its measurement according to local scales, *Lesnye pozhary i bor'ba s nimi*, AN SSSR, Moscow, Russia, pp. 5–30.
14. Kurbatskij N.P. (1976), Forecasting forest fires using a computer, *Lesnoe hozjajstvo*, no. 7, pp. 51–55.
15. Kurbatskij, N.P., Dorrer, G.A., Dorogov, B.I. (1978), Calculation of the distribution of fire sources in the forest, *Lesnoe hozjajstvo*, no. 7, pp. 76–78.
16. Matveev S.M., Chebotarev, V.V. (2002), Dendroclimatic study of pine forests in Usmansky pine forest and modeling of fire seasons, *Lesnoj zhurnal*, no. 2, pp. 36–42.
17. Melehov I.S. (1938), Bor'ba s lesnymi pozharami, [Fighting forest fires], Moscow, Russia.
18. Melehov I.S. (1934), Lesnye pozhary i bor'ba s nimi, [Forest fires and fighting them], Arhangel'sk, Russia.
19. Ozhogin I. M. (1939) Relationship between air humidity and forest fires, *Lesnoe hozjajstvo*, no. 8, pp. 20–24.
20. Ponomarev E.I., Suhinin, A.I. (2002), Methodology for mapping and medium-term forecasting of forest fire hazard according to weather conditions, *Geografija i prirodnye resursy*, no. 4, pp. 112–114.
21. Sofronov M.A. (1964), Influence of relief on forest fires in the Western Sayan, *Lesnye pozhary i bor'ba s nimi*. Moscow, pp. 127–138.
22. Tarko A. M., Kurbatova A. I. Grigorec, E. A. (2021), Application of system analysis methods in the study of forest fires in the territory of the Russian Federation, *Geograficheskaja sreda i zhivye sistemy*, no. 1, pp. 17–41. doi: 10.18384/2712-7621-2021-1-17-41.
23. Shevcov E.G. (2012), Probabilistic method of satellite detection and control of fire parameters in the forests of Eastern Siberia, Extended abstract of candidate's thesis, Krasnojarsk, Russia.

Метеорология  
Подрезова Ю.А.

24. Shevcov E.G., Suhinin A.I., Ponomarev E.I. (2008), Investigation of the influence of weather conditions on the occurrence of fires from thunderstorms, *Hvojnye boreal'noj zony*, vol. 25, no. 1–2, pp. 47–50.
25. Shirokova M.R. (1978), The forest cover of basins is one of the main factors in the formation of extreme water discharges in the monsoon climate zone, *Gidrologicheskie raschety, kompleksnoe ispol'zovanie i ohrana vodnyh resursov Primorskogo kraja*, Vladivostok, pp. 96–98.
26. Sherstjukov B. G., Semenov S.M. (2012), “*Lesnye pozhary. Glava 7 v monografii Rosgidrometa Metody ocenki posledstvij izmenenija klimata dlja fizicheskikh i biologicheskikh sistem*”, [Forest fires. Chapter 7 in the monograph of Russian hydromet “Methods for assessing the consequences of climate change for physical and biological systems], *Federal'naja sluzhba po gidrometeorologii i monitoringu okruzhajushhej sredy*, Moscow, Russia pp. 299–300.
27. Davis K.P. (1959), *Forest fire: control and use* McGraw Hill, New York, 584 p.
28. Hayes G.L. (1944), Where and when to measure forest fire danger, *Journal of Forestry*, vol. 42, no. 10, pp. 744–751.
29. Research Institute of Hydrometeorological Information – World Data Center, available at: <http://meteo.ru/data> (Accessed 12.11.2022).
30. TASS News Agency, available at: <https://tass.ru/obschestvo/16137617> (Accessed 10.11.2022).
31. The Ministry of the Russian Federation for Civil Defence, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters, available at: [https://mchs.gov.ru/deyatelnost/bezopasnost-grazhdan/prirodnye-pozhary\\_6](https://mchs.gov.ru/deyatelnost/bezopasnost-grazhdan/prirodnye-pozhary_6) (Accessed 10.11.2022).
32. Weather and climate, available at: <http://www.pogodaiklimat.ru> (Accessed 13.11.2022).
33. Online publication «МОЁ! Online», available at: <https://moe-online.ru/news/society/1138741> (Accessed 10.11.2022).

Статья поступила в редакцию: 13.09.23, одобрена после рецензирования: 22.10.2023, принята к опубликованию: 14.03.2024.

The article was submitted: 13 September 2023; approved after review: 22 October 2023; accepted for publication: 14 March 2024.

Информация об авторе

**Юлия Андреевна Подрезова**

кандидат географических наук, старший научный сотрудник, научно-исследовательский отдел, Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова; 394087, Россия, г. Воронеж, ул. Тимирязева 8

e-mail: [umbassador@mail.ru](mailto:umbassador@mail.ru)

Information about the author

**Yuliia A. Podrezova**

Candidate of Geographical Sciences, Senior Researcher, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov; 8, Timiryazeva st., Voronezh, 394087, Russia