

УДК 502.45

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ СУММАРНОЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ДЕЙСТВИЯ ОПАСНЫХ ВЕТРОВ В ЮЖНЫХ РЕГИОНАХ СИБИРИ ДЛЯ ВЕСЕННЕ-ЛЕТНИХ МЕСЯЦЕВ

Холопцев Александр Вадимович^{1,2}, Шубкин Роман Геннадьевич¹,
Проскова Наталья Юрьевна¹

¹ Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, г. Железногорск, Россия

² Севастопольское отделение ФГБУ «Государственный океанографический институт имени Н. Н. Зубова», г. Севастополь, Россия

АННОТАЦИЯ

Ветры, скорость которых превосходит безопасные значения, могут способствовать возникновению ландшафтных пожаров и усложнять их ликвидацию. Поэтому выявление современных тенденций межгодовых изменений их повторяемости над различными участками земной поверхности является актуальной проблемой не только физической географии и метеорологии, но и безопасности при чрезвычайных ситуациях.

Целью статьи является выявление значимых тенденций изменчивости суммарной продолжительности действия изучаемых ветров, характерных для весенне-летних месяцев 1991–2021 гг., а также перемен в 1961–2020 гг. климатических норм этой характеристики, которые соответствуют различным участкам территорий на юге Сибири.

Для достижения указанной цели как фактический материал использована информация глобального реанализа ERA-5. Методика исследования основана на применении стандартных методов математической статистики.

Установлено, что в современном климатическом периоде существенно изменилось по отношению к базовому периоду распределение тенденций межгодовых вариаций суммарной продолжительности действия опасных ветров, соответствующих участкам территории южной части Сибири. Выявленные тенденции свидетельствуют об усилении влияния опасных ветров на динамику рисков, связанных с возникновением ландшафтных пожаров в изучаемых регионах России.

Ключевые слова: суммарная продолжительность действия, опасный ветер, чрезвычайная ситуация, Южная Сибирь, климатическая норма, тенденция, пожарная безопасность

Current trends of changes in the total duration of hazardous winds in the southern regions of Siberia for spring-summer months

Kholoptsev Alexander Vadimovich^{1,2}, Shubkin Roman Gennadievich¹,
Proskova Natalia Yurievna¹

¹ Siberian Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of Emergencies of Russia, Zheleznogorsk, Russian Federation

² Sevastopol Branch of the State Oceanographic Institute named after N.N. Zubov, Sevastopol, Russian Federation

ABSTRACT

Wind speeds exceeding safe values can contribute to the emergence of landscape fires and complicate their liquidation. Therefore, identification of current trends of interannual changes in their frequency of occurrence over different areas of the Earth's surface is an urgent problem not only of physical geography and meteorology, but also of safety in emergency situations.

The aim of the article is to identify significant trends in the variability of the total duration of the studied winds, characteristic of the spring-summer months of 1991 - 2021, as well as changes in 1961 - 2020 climatic norms of this characteristic, which correspond to different areas of territories in southern Siberia.

To achieve the above goal, the information of the global reanalysis ERA-5 was used as factual material. The research methodology is based on the application of standard methods of mathematical statistics.

It was found that in the modern climatic period the distribution of trends of interannual variations of the total duration of hazardous winds corresponding to the areas of the territory of the southern part of Siberia has changed significantly in relation to the base period. The revealed trends indicate an increased influence of hazardous winds on the dynamics of risks associated with the occurrence of landscape fires in the studied regions of Russia.

Keywords: total duration of action, dangerous wind, emergency situation, South Siberia, climatic norm, trend, fire safety

Введение

Ветер, скорость которого выходит за пределы диапазона безопасных его значений, является одним из мощнейших экологических факторов и способен вызывать разрушения природных, техногенных объектов, повысить риски возникновения ландшафтных пожаров, а также усложняет их тушение. Поэтому выявление современных тенденций межгодовых изменений характеристик таких ветров на различных участках территории тех или иных регионов мира является актуальной проблемой не только физической географии и метеорологии, но также безопасности при чрезвычайных ситуациях.

Наибольший интерес решение этой проблемы представляет для регионов

с засушливым климатом, в которых увеличение повторяемости опасных ветров может способствовать повышению рисков возникновения засух, наносящих существенный ущерб природным экосистемам, а также лесному и сельскому хозяйству. В России многие из таких регионов расположены в южной, наиболее населенной, части территории Сибири (далее ЮС) [1].

К ним относятся: Свердловская область (1); Челябинская область (2); Курганская область (3); Тюменская область (4) с Ханты-Мансийским автономным округом (5); Омская область (6); Новосибирская область (7); Томская область (8); Кемеровская область (9); Алтайский край (10); Красноярский край (11); Республика Хакасия (12); Республика Алтай (13); Республика Тыва (14); Иркутская область (15); Республика

Бурятия (16); Забайкальский край (17); Хабаровский край (18); Амурская область (19).

С ЮС на западе граничат многие регионы европейской территории России, а на юге — страны: Казахстан, Монголия, а также Китай.

Существенной особенностью ЮС является наличие здесь значительного количества пунктов, в которых систематический мониторинг ветрового режима осуществляется соответствующими подразделениями Росгидромета [2, 3].

Значительную часть территории ЮС покрывают широколиственные и хвойные леса, лесостепи, а также степи, где ежегодно в месяцы с апреля по октябрь возникают многочисленные ландшафтные пожары. В последние годы они чаще всего возникают на территориях Иркутской области, Республики Бурятия и Красноярского края, нанося значительный ущерб их населению и экономике [4].

ЮС практически полностью относится к Сибирскому (60 – 120° в. д.) сектору Северного полушария, вследствие чего изменения ее ветрового режима связаны с переменами характеристик протекающих здесь макроциркуляционных процессов. К одним из таких характеристик относятся суммарные продолжительности действия (далее СПД) тех или иных групп атмосферной циркуляции (при выделении которых применяется типизация макроциркуляционных процессов по Б. Л. Дзердзеевскому [5, 6]).

Указанные характеристики в XX и XXI вв. претерпевали существенные изменения, особенности которых описаны в [7-10].

Н. К. Кононовой в этих изменениях выделены различные циркуляционные эпохи, последняя из которых – Меридиональная южная – охватывает период с 1957 г. по настоящее время. В указанной эпохе различают четыре периода, в которых происходили те или иные изменения СПД

меридиональных северных и южных процессов. К современному климатическому периоду относятся окончание третьего и весь четвертый периоды, за которые СПД для меридиональных южных процессов от их максимальных уровней снижались, а для меридиональных северных процессов они увеличивались [10]. Учитывая это, можно предположить, что соответствующие изменения происходили и в динамике СПД рассматриваемых ветров для различных месяцев и участков территории ЮС.

Наибольшее количество ландшафтных пожаров на территории ЮС, как правило, возникает в первой половине пожароопасного периода — в весенне-летние месяцы [11, 12]. Эта закономерность может быть отчасти обусловлена изменениями СПД ветров, воздействующих на те или иные территории ЮС и способствующих удалению влаги из находящегося на них горючего материала [13, 14].

Ветер также способен доставлять в область горения кислород, удалять из нее искры, сажу и газообразные продукты горения, что способствует быстрому распространению пламени и затрудняет тушение пожаров [15–17]. Вследствие последнего увеличение СПД опасного ветра, воздействующего на некоторую территорию, может служить значимой причиной повышения вероятности возникновения и быстрого развития на ней ландшафтного пожара. Поэтому современные тенденции изменения СПД изучаемых ветров над различными территориями ЮС целесообразно учитывать при планировании основных мероприятий функционирующих здесь подразделений ГПС МЧС России и лесной охраны.

Степень опасности некоторого ветра как фактора риска возникновения ландшафтного пожара может быть охарактеризована значением модуля его скорости. Она зависит также от особенностей ландшафтов, на которые рассматриваемый ветер воздействует.

При развитии ландшафтного пожара наибольший ущерб, как правило, наносят самые мощные порывы ветра, в которых его мгновенная скорость достигает максимального уровня.

В период, предшествующий пожару, более существенное влияние на динамику риска его возникновения оказывают изменения интенсивности удаления влаги из горючего материала, обусловленные вариациями среднечасовой скорости ветра у земной поверхности [14, 18, 19]. Учитывая последнее, указанная характеристика ветра учитывалась в данной работе как основной критерий его опасности.

Так как значимое влияние на возникновение и развитие пожара способны оказывать ветры, сила которых превышает умеренную, как опасные рассматривались ветры любых румбов, для которых значение модуля среднечасовой скорости составляет не менее 7 м/с (что близко к верхней границе диапазона умеренных ветров согласно шкале Бофорта [20]).

К числу важнейших характеристик межгодовых изменений СПД в течение некоторого периода времени относится соответствующее ему среднее значение этого показателя. К ним также относится тенденция межгодовых изменений СПД, определяемая как угловой коэффициент линейного тренда соответствующего временного ряда (далее Тренд) [21].

Как одна из характеристик местного климата может рассматриваться климатическая норма СПД (далее КН), вычисляемая как среднее значение этого показателя для рассматриваемого месяца за тот или иной климатический период [22].

Тенденция перемен КН определяется путем сопоставления ее оценок для современного (1991–2020 гг.) и базового климатического периода (1961–1990 гг.).

Одним из наиболее совершенных источников информации об изменениях характеристик поля скорости ветра в зем-

ной атмосфере является глобальный реанализ ERA-5 [23, 24], который поддерживается сервисом Copernicus.

Реанализ содержит сведения об изменениях меридиональных и зональных компонентов вектора среднечасовой скорости ветра над любым пунктом земной поверхности, который совпадает с тем или иным узлом его координатной сетки с шагом 0,25 о.

Эти сведения соответствуют различным высотам над земной поверхностью и каждому часу из интервала времени с 00:00. 01.01.1959 по 23:00 31.12.2021 [25]. Тем не менее оценки значений перечисленных характеристик ветрового режима для различных месяцев и для каких-либо пунктов территории ЮС с их использованием ранее определены не были. Последнее не позволяет для таких пунктов определить вероятные тенденции дальнейших изменений СПД, а также учесть их при планировании и осуществлении на них хозяйственной деятельности.

Целью данной работы является выявление для различных участков территории ЮС и весенне-летних месяцев КН опасных ветров, значимых тенденций их перемен за 1961–2020 гг., а также значимых тенденций межгодовых изменений СПД таких ветров для периода 1991–2021 гг.

При достижении указанной цели для всех узлов координатной сетки реанализа ERA-5, которые соответствуют пунктам на территориях регионов России, относящихся к ЮС, а также для месяцев с апреля по август решены задачи:

Оценка значений КН для современного и базового климатического периодов, а также тенденций изменений этих показателей.

Сопоставление тенденций изменчивости СПД опасных ветров, оцененных для различных частей периода 1961–2021 гг.,

продолжительностью 31 и 21 год, отличающихся датами своего начала.

Результаты и их обсуждение

При решении указанных задач как фактический материал использована информация упомянутого выше реанализа ERA-5 об изменениях среднечасовых значений меридиональной и зональной составляющих скорости ветра на высоте 10 м над всеми участками земной поверхности, которые соответствует тем или иным узлам его координатной сетки. Тестирование фактического материала, которое осуществлено с применением результатов мониторинга характеристик ветра, полученных на ряде метеостанций ЮС, подтвердило его пригодность для выявления качественных закономерностей изучаемых процессов.

Как западная и восточная граница рассматриваемой в данной работе части земной поверхности выбраны отрезки меридианов $45,5^\circ$ в. д. и 126° в. д., расположенные между параллелями 60° с. ш. и 42° с. ш. Нетрудно видеть, что в эти пределы попадает не только ЮС, но и граничащие с ней страны, а также иные регионы России.

Для различных участков указанной территории и месяцев с апреля по август изучались закономерности пространственной и временной изменчивости значений СПД ветров у земной поверхности, среднечасовая скорость которых в период 1961–2021 гг. составляла не менее 7 м/с.

Методика решения первой задачи включала выполнение для каждого изучаемого пункта территории ЮС и смежных регионов и для каждого рассматриваемого месяца следующих расчетов:

Для каждого часа, относящегося к изучаемому периоду времени, основываясь на информации реанализа ERA-5, вычисление (по теореме Пифагора) значения модуля среднечасовой скорости рассматриваемого ветра.

Определение значений СПД.

Оценка значений КН для периодов 1961–1990 гг. и 1991–2020 гг.

Определение тенденции изменений в 1961–2020 гг. КН путем оценки значения R по формуле (1):

$$R = \text{КН}_{(1991-2020 \text{ гг.})} - \text{КН}_{(1961-1990 \text{ гг.})} \quad (1)$$

Оценка вероятности (P) того, что выявленная тенденция является значимой.

При нахождении P предполагалось, что моделью закона распределения вероятностей значений СПД может служить закон Рэля [26]. Последнее подтверждено применением критерия Фишера к оценке нормальности распределений вероятности значений компонентов скорости ветра.

Как модель закона распределения R выбран нормальный закон, среднее значение которого нулевое. Среднеквадратическое отклонение этого закона определялось как среднее значение соответствующих показателей, которые оценены для базового, а также современного климатического периодов.

Как пороговое значение $|R|$ для каждого рассматриваемого участка СПД и каждого месяца выбиралось такое значение этого показателя, при котором вероятность ошибочного принятия решения о значимости выявленной тенденции не превосходила 0,05.

Вторая задача решалась в два этапа. На первом этапе для каждого рассматриваемого месяца и пункта оценивались значения показателя Тренд, которые соответствовали различным отрезкам временного ряда значений СПД за 1961–2021 гг., продолжительностью 31 год. На втором этапе аналогичные исследования осуществлены для различных отрезков временного ряда значений СПД за 1991–2021 гг., продолжительность которых составила 21 год.

При оценке вероятности того, что значение показателя Тренд, выявленное для некоторого участка и месяца, является

значимым, предполагалось, что математической моделью изменений СПД может служить:

$$\text{СПД}_k = A \cdot V_k + G_k + C, \quad (2)$$

где A – оценка по методу наименьших квадратов [21] значения углового коэффициента линейного тренда процесса СПД_k (k – номер члена отрезка временного ряда СПД, учитываемого при вычислении A ; $k = 1, 2, \dots, K$; $K > 0$, целое, $22 < K < 32$);

V_k – продолжительность интервала времени, отделяющего от начала изучаемого отрезка член временного ряда с номером k (при $k = 1$ $V_k = 0$);

G_k – выборочное значение из реализации нормального случайного процесса с нулевым средним и среднеквадратическим отклонением S_k , соответствующее некоторому k ;

C – действительная константа.

В этом случае решение о значимости A признавалось адекватным с вероятностью 0.95, если выполнялось условие:

$$|A \cdot V_k| > 1,65 \cdot S_k, \quad (3)$$

где $|x|$ – абсолютная величина x .

Поскольку продолжительность периода времени, для которого проводились исследования, составила всего 61 год, границы области возможных значений погрешностей оценок, обусловленных принятием допущений о виде законов распределения вероятности СПД изучаемых ветров, не оценивались. Следовательно, применение изложенной методики и фактического материала допустимо лишь для выявления качественных закономерностей изучаемых процессов.

С применением рассмотренной методики обе поставленные задачи решены.

При решении первой задачи для всех месяцев с апреля по август и для каждого участка изучаемой территории вычислены значения КН (1991–2020 гг.), а также КН (1961–1990 гг.), соответствующие современному и базовому климатическому периодам.

Установлено, что для августа значения этих показателей для любых участков территории России не превышают 5 ч (что значительно меньше, чем для иных месяцев). Поэтому в качестве примера, распределения в пределах ЮС с прилегающими регионами значений КН (1991–2020 гг.) представлены на рис. 1 лишь для месяцев с апреля по июль.

Как видно из рис. 1а, значения КН для апреля в современном климатическом периоде превышали 200 ч лишь в южных районах Казахстана, а также в районах Китая, расположенных на восточном участке его границы с Монголией.

В пределах территории Южной Сибири наибольшие значения КН для этого месяца, превышающие 100 ч., соответствуют одному из районов Хакасии, расположенному между отрогом Кузнецкого Алатау, хребтом Сахар и Джойским хребтом Западного Саяна (Аскизский и Бейский административно-территориальные районы).

Уровней 50–100 ч. значения КН достигали во многих районах Республик Тыва, Хакасия, Алтай, на юге Красноярского и Алтайского краев, а также на западе Иркутской области и Республики Бурятия.

На прочих участках территории ЮС значения КН для апреля не превышают 50 час.

Из рис. 1б следует, что для мая расположение участков рассматриваемой территории, где значения КН для современного климатического периода достигали наибольших уровней в сравнении с апрелем практически не изменилось, хотя их суммарная площадь значительно уменьшилась. Рассматриваемое явление отмечено также в некоторых районах европейской территории России.

Уменьшилась и общая площадь участков территории ЮС, где значения КН для мая превышают 50 ч. Такие участки для мая, как и для апреля, расположены на

юге Красноярского края, в республиках Саха и Хакасия, на юге Алтайского края и

Республики Алтай, а также на западе Иркутской области и Республики Бурятия.

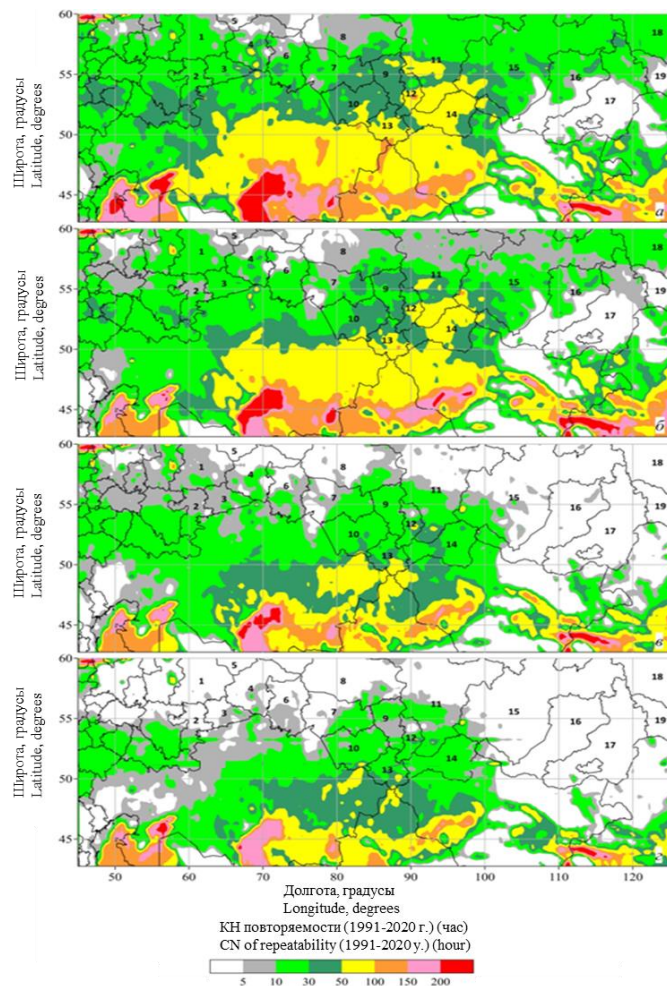


Рис. 1. Распределение по изучаемой территории значений КН (1991–2020 гг.) для месяцев: а) апрель; б) май; в) июнь; г) июль

Fig. 1. Distribution over the study area of CN values (1991–2020) for the months: a) April; b) May; c) June; d) July.

Рис. 1в показывает, что для июня суммарная площадь участков территории ЮС со смежными регионами Центральной Азии, где значения КН для современного периода достигали наибольших уровней, еще более снизилась, хотя их расположение осталось неизменным.

На территории ЮС участки, где современные значения КН превосходили 50 час., выявлены лишь на южных территориях Алтайского и Красноярского краев, седловине между горными хребтами Куз-

нецкого Алатау и Западного Саяна в Республике Хакасия и на пике Грандиозный Восточного Саяна в Иркутской области.

Как следует из рис. 1г, в современном климатическом периоде значения КН для июля в среднем по территории ЮС уменьшились. Ее участки, где значения КН в современном климатическом периоде (1991–2020гг.) превосходили 50 ч, выявлены лишь в некоторых южных районах Республики Алтай и Алтайского края, а также на западе Иркутской области.

Значения КН превосходят 200 ч лишь на некоторых участках европейской

территории России, а также на территориях южных районов Казахстана и северных районов Китая, где это явление имело место и в предыдущие месяцы.

Сопоставление рис. 1а–г показывает, что участки территории ЮС и сопредельных регионов Центральной Азии, где КН для современного климатического периода достигали наибольших значений (более 200 ч), расположены в горных районах (хребет Каратау, Казахстан), а также в пустынях (Гоби). В ЮС повышенные значения КН также соответствуют горным системам Алтая, Саян. Отсутствие таких участков в других горных районах ЮС может объясняться тем, что в них пре-

обладают ветры столь изменчивых румбов, что среднечасовые значения их скорости не превышают 7 м/с.

Исследования тенденций изменения КН для различных участков изучаемых территорий, соответствующих месяцам апрель–август, показали, что для августа тенденции к увеличению этих показателей значимы лишь на отдельных весьма небольших их участках. Поэтому на рис. 2 как пример представлены распределения по территории ЮС с прилегающими регионами Центральной Азии значений R, которые являются значимыми с вероятностью не менее 0,95.

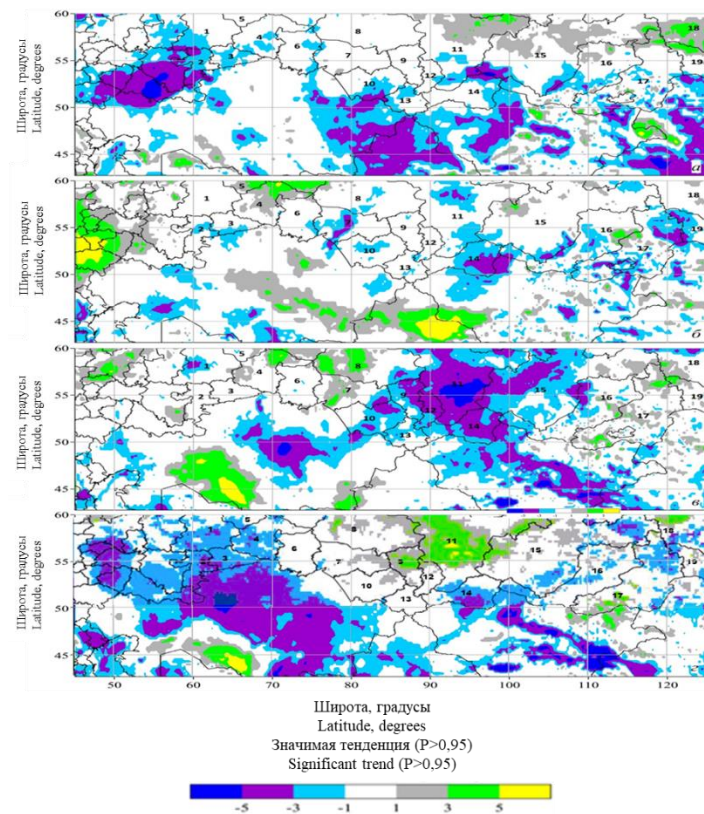


Рис. 2. Распределение по территории ЮС и смежных регионов Центральной Азии значений R, которые являются значимыми с вероятностью не менее 0,95: а) апрель; б) май; в) июнь; г) июль

Fig. 2. Distribution of R values that are significant with a probability of at least 0.95 in the territory of the South Caucasus and adjacent regions of Central Asia a) April; b) May; c) June; d) July

Рис. 2а свидетельствует о том, что для апреля на изучаемой территории преобладали участки, где значения КН в 1961–2020 гг. значительно снижались. Их снижение

происходило также практически на всей территории ЮС. Исключением являются лишь некоторые районы Красноярского и

Хабаровского краев, для которых R положительны, а вероятность их значимости превышает 0,95.

Рис. 2б показывает, что отрицательные значения R для мая на рассматриваемой территории также преобладают, что свидетельствует о снижении соответствующих значений КН для современного климатического периода по отношению к базовому периоду.

Наибольшие значения R соответствуют участкам территории Китая, где расположены горы Восточного Тянь-Шан.

Как следует из рис. 2в, на большинстве рассматриваемых территорий современные значения КН для июня значимо ниже, чем значения тех же показателей для базового климатического периода.

Наибольшие значения R (более 5 ч), выявлены на юге территории Казахстана (в районе горного хребта Каратау).

Как видно из рис. 2г, для июля наибольший по площади участок ЮС, где $R > 0$ и значимо, расположен на территориях Красноярского края и западных районов Иркутской области. Максимальные значения R (8 часов) выявлены для этого месяца на юге территории Казахстана, в районе горного хребта Каратау.

Регионы России, относящиеся к ЮС, на участках территорий которых для изучаемых месяцев $R > 0$ и с вероятностью не менее 0,95 является значимым, указаны в табл. 1.

Таблица 1

Регионы России, относящиеся к ЮС, где R (1961–2020гг.) положительны и с вероятностью не менее 0,95 значимы («+» – $R > 0$ и значимо, «-» – $R < 0$ или незначимо)

Table 1

Regions of Russia belonging to SS, where R (1961-2020) is positive and, with a probability of at least 0.95, significant ("+" – $R > 0$ and significant, "-" – $R < 0$ or not significant)

Регион/месяц Region/month	4	5	6	7	Регион/месяц Region/month	4	5	6	7
Свердловская область Sverdlovsk region	-	-	-	-	Красноярский край Krasnoyarsk Territory	+	-	-	+
Челябинская область Chelyabinsk region	-	-	-	-	Республика Хакасия Republic of Khakassia	-	-	-	+
Курганская область Kurgan region	-	-	-	-	Республика Алтай Republic of Altai	-	-	-	-
Тюменская область Tyumen region	-	+	+	-	Республика Тыва Republic of Tyva	-	-	-	-
Омская область Omsk region	-	-	-	-	Иркутская область Irkutsk region	-	+	-	+
Новосибирская область Novosibirsk region	-	-	+	+	Республика Бурятия Republic of Buryatia	-	+	+	-
Томская область Tomsk region	-	-	+	+	Забайкальский край Transbaikal Territory	+	+	+	+
Кемеровская область Kemerovo region	-	-	-	+	Хабаровский край Khabarovsk Territory	+	+	+	+
Алтайский край Altai Territory	-	-	-	+	Амурская область Amur Region	+	-	+	+

* составлено авторами

Табл 1 показывает, что количество регионов России, относящихся к ЮС, на участках территорий которых $R > 0$ и с вероятностью не менее 0,95 в 1961–2020 гг. было значимо, является наибольшим для июля и наименьшим для апреля, а также мая.

Для любых рассматриваемых месяцев такие участки присутствуют на территориях Забайкальского и Хабаровского краев.

Из сравнения рис. 2 и рис. 1 следует, что для большинства территорий ЮС, где в современном климатическом периоде КН были повышены, перемены этих показателей за 1961–2020 гг. в рассматриваемые месяцы происходили в сторону их снижения.

При решении второй задачи для рассматриваемых участков территории и для всех весенне-летних месяцев осуществлена оценка тенденций изменений СПД, которые проявлялись на различных отрезках времени длиной 31 и 21 год, принадлежащих интервалу 1991–2021 гг. При этом для каждого из них оценены значения показателя Тренд, а также с использованием изложенной методики выявлены участки и месяцы, для которых полученные оценки значимы с вероятностью не менее 0,95.

Анализ результатов, полученных на первом этапе ее решения (для отрезков времени длиной 31 год) показал, что по мере смещения года их начала от 1961 к 1991 характер распределения по изучаемой территории значений Тренд, которые являются значимыми, постепенно изменяется. При этом для 1961 – 1991 гг. расположение участков ЮС и сопредельных территорий, где в рассматриваемые месяцы значения Тренд были значимы, во многом соответствуют распределениям, показанным на рис. 2.

На отрезке времени 1991 – 2021 гг. расположение таких участков от их расположения, показанного на указанном

рисунок, отличается наиболее существенно.

Для указанного отрезка времени распределения по изучаемой территории значений показателя Тренд, которые являлись значимыми с вероятностью не ниже 0,95, показаны на рис. 3.

Из рис. 3а следует, что в период 1991 – 2021 гг, территории, для которых значения Тренд для апреля отрицательны и значимы, располагались в южной части рассматриваемого мегарегиона (они принадлежат Казахстану, Узбекистану, Монголии, республикам Хакасия, Алтай, Тыва, а также Алтайскому краю).

Территории, для которых Тренд > 0 , преобладали в его северной части (на территории ЮС).

Рис. 4б показывает, что для мая практически на тех же территориях зафиксированы противоположные тенденции (Тренд > 0), которые на территориях республик Хакасия, Алтай, Тыва, Бурятия, Алтайского края и Иркутской области могли внести ощутимый вклад в произошедшие здесь изменения горимости их ландшафтов.

Как следует из рис. 4в, для июня участки, где Тренд > 0 , располагались в основном в западной части изучаемой территории, в то время как в ее восточной части преобладали участки с отрицательными значениями Тренд (СПД опасных ветров снижались).

Из рис. 4г видно, что для июля характер распределения по территории региона рассматриваемых участков сохранился, но суммарная площадь тех из них, где Тренд > 0 , существенно увеличилась.

Как нетрудно заметить из рис. 4д, для августа для всех территорий ЮС характерно либо Тренд < 0 (Тренд значимо), либо Тренд незначимо.

Участки рассматриваемого региона, где Тренд > 0 , Тренд < 0 , прилегают к ЮС либо с запада, либо с юга.

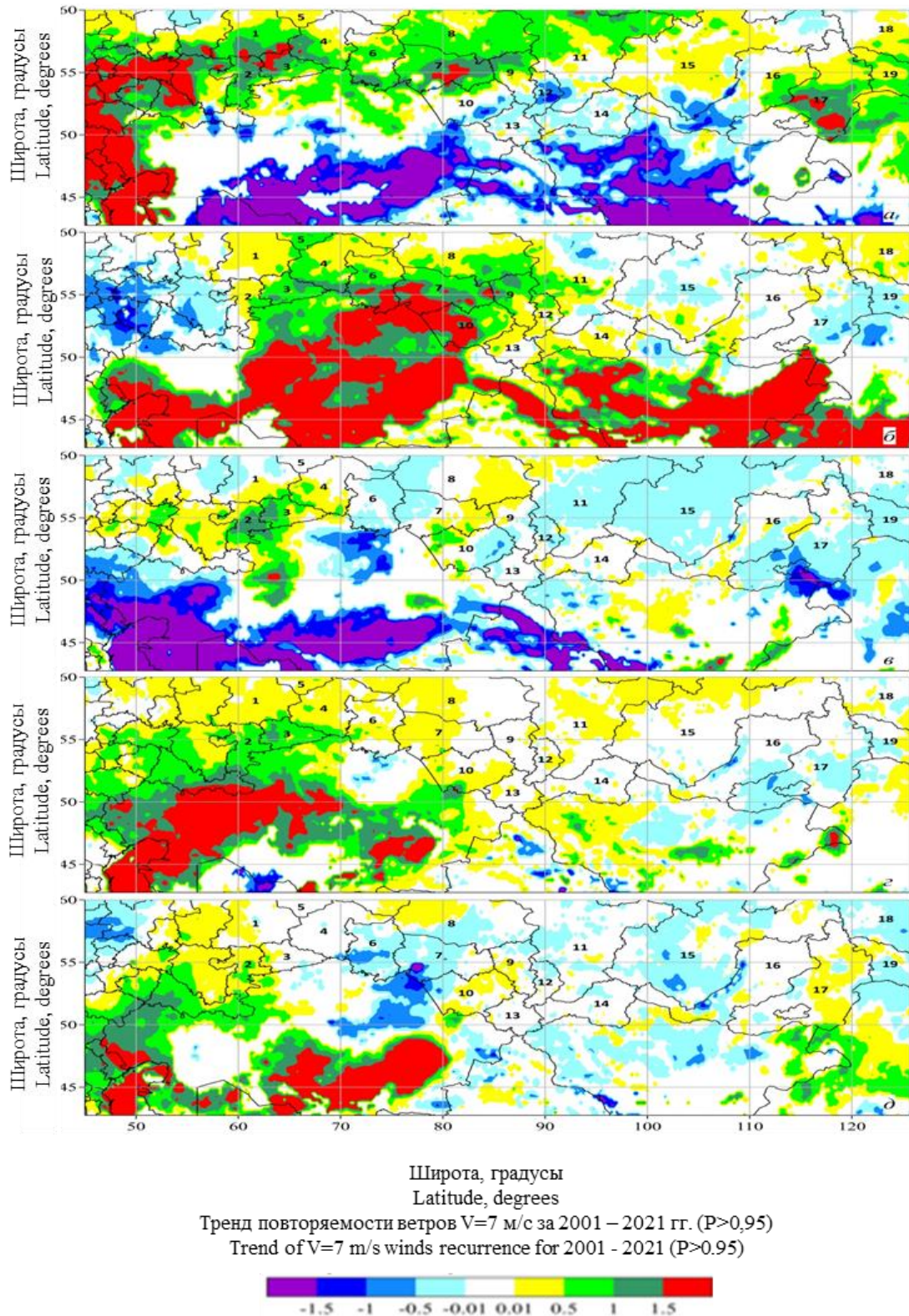


Рис. 4. Распределения по территории ЮС с прилегающими регионами значений показателя Тренд, оцененных за 2001 – 2021 гг. (Тренд > 0; P > 0,95): а) апрель; б) май; в) июнь; г) июль; д) август

Fig. 4. Distributions over the SW territory, with adjacent regions, of Trend values estimated for 2001 – 2021, (Trend > 0; P > 0.95): a) April; b) May; c) June; d) July; e) August

Информация о регионах России, относящихся к ЮС, на территориях которых есть участки, где показатель Тренд положителен и значим с $P > 0,95$, представлена в табл. 2.

Из сравнения табл. 1 и 2 видно, что для периода 1991 – 2021 гг. общее количество рассматриваемых регионов России, где выявленная тенденция к увеличению

СПД была значимой, существенно превосходило количество регионов, где R значимо и положительно.

Максимальные различия количества регионов с указанными тенденциями выявлены для апреля (13 против 4) и мая (13 против 5). Минимальны их различия для июня (7 против 7).

Таблица 2

Регионы России, относящиеся либо граничащие с ЮС, на участках территорий которых для изучаемых месяцев значения показателя Тренд (1991–2021гг.) > 0 и с $P > 0,95$, являются значимыми (в ней обозначено: «+» – $R > 0$ – значимо, «–» незначимо или $R < 0$)

Table 2

Regions of Russia, belonging to or bordering the SS, where the Trend (1991-2021) indicator values for the months under study are > 0 and with $P > 0.95$ are significant (it is marked: "+" – $R > 0$ – significant, "-" not significant or $R < 0$)

Регион/месяц Region/month	4	5	6	7	8	Регион/месяц Region/month	4	5	6	7	8
Свердловская область Sverdlovsk region	+	-	-	+	+	Красноярский край Krasnoyarsk Territory	+	+	-	+	-
Челябинская область Chelyabinsk region	-	-	+	+	+	Республика Хакасия Republic of Khakassia	-	+	-	+	-
Курганская область Kurgan region	-	-	+	+	-	Республика Алтай Republic of Altai	-	+	-	+	+
Тюменская область Tyumen region	+	-	+	+	+	Республика Тыва Republic of Tyva	+	+	-	-	-
Омская область Omsk region	+	-	+	+	-	Иркутская область Irkutsk region	+	+	-	+	+
Новосибирская область Novosibirsk region	+	+	-	+	-	Республика Бурятия Republic of Buryatia	+	+	+	-	+
Томская область Tomsk region	+	+	+	+	-	Забайкальский край Transbaikal Territory	+	+	-	-	+
Кемеровская область Kemerovo region	+	+	-	-	-	Хабаровский край Khabarovsk Territory	+	+	+	+	+
Алтайский край Altai Territory	-	+	-	+	+	Амурская область Amur Region	+	-	-	-	+

* составлено авторами

Сопоставление рис. 3 и 2 свидетельствует о том, что за 1961 – 2021 гг. тенденции изменения рассматриваемых характеристик ветрового режима ЮС существенно изменились. Данный вывод соответствует представлениям о вероятных

последствиях произошедшей смены периодов Меридиональной южной циркуляционной эпохи, которые имели место для Сибирского сектора Северного полушария.

Аналогичные исследования, выполненные на втором этапе решения второй

задачи, показали, что распределения показателя Тренд, соответствующие различным отрезкам времени продолжительностью 21 год, которые относятся к интервалу 1991 – 2021 гг., обладают существенными элементами подобия. Соответствие между ними проявляется в наибольшей степени для отрезка времени 2001 – 2021 гг. К примеру, на рис. 4 представлены распределения по территории ЮС со смежными регионами значений показателя Тренд, соответствующие месяцам апрель – август, а также указанному отрезку времени, которые значимы с вероятностью не ниже 0,95.

Из рис. 4 видно, что для всех рассматриваемых месяцев большинство участков рассматриваемой территории, где для интервала времени 2001 – 2021 гг.

значения показателя Тренд положительны и значимы при $P > 0,95$, расположены в целом так же как, и для 1991–2021 гг.. При этом суммарная площадь таких участков для интервала 2001 – 2021 гг. значительно больше, что свидетельствует об усилении

в этот период влияния ветра на любые, зависящие от него процессы, в том числе на изменения пожароопасности и горимости изучаемых ландшафтов.

Информация о регионах России, относящихся к ЮС, а также смежных с ними, на территориях которых есть участки, где для изучаемых месяцев Тренд > 0 и $P > 0,95$, представлена в таб. 3.

Таблица 3

Регионы России, относящиеся к Южной Сибири, на территориях которых для изучаемых месяцев есть участки, где значения Тренд (2001–2021гг.) положительны и значимы при $P > 0,95$ (обозначено: «+» – Тренд > 0 и значимо, «-» – Тренд < 0 или незначимо)

Table 3

Russian regions belonging to South Siberia, in the territories of which there are areas where Trend (2001–2021) is positive and significant at $P > 0.95$ (marked: "+" – Trend > 0 and significant, "-" – Trend < 0 or not significant)

Регион/месяц Region/month	4	5	6	7	8	Регион/месяц Region/month	4	5	6	7	8
Свердловская область Sverdlovsk region	+	+	+	+	+	Красноярский край Krasnoyarsk Territory	+	+	+	+	+
Челябинская область Chelyabinsk region	+	+	+	+	+	Республика Хакасия Republic of Khakassia	+	+	+	+	-
Курганская область Kurgan region	+	+	+	+	+	Республика Алтай Republic of Altai	+	+	-	+	+
Тюменская область Tyumen region	+	+	+	+	+	Республика Тыва Republic of Tyva	+	+	+	+	+
Омская область Omsk region	+	+	-	+	-	Иркутская область Irkutsk region	+	+	-	+	+
Новосибирская область Novosibirsk region	+	+	+	+	-	Республика Бурятия Republic of Buryatia	+	+	+	+	+
Томская область Tomsk region	+	+	+	+	+	Забайкальский край Transbaikal Territory	+	+	+	+	+
Кемеровская область Kemerovo region	+	+	+	+	+	Хабаровский край Khabarovsk Territory	+	+	+	+	+
Алтайский край Altai Territory	+	+	+	+	+	Амурская область Amur Region	+	+	-	+	+

*составлено авторами

Из табл. 3 следует, что наибольшее количество рассматриваемых регионов России, где на временном интервале 2001 – 2021 гг. значения Тренд > 0 и значимы, приходится на апрель, май, а также июль. Из сопоставления табл. 3 и табл. 2 следует, что для указанных месяцев количество регионов России, которые относятся к ЮС или граничат с ней, в которых СПД опасных ветров значительно увеличились, существенно возросло. Вместе с тем наибольшее увеличение количества таких регионов в 2001 – 2021 гг. по сравнению с 1991 – 2021 гг. произошло для июня и июля.

Как видно из сравнения рис. 3 и 4, увеличились не только количество и площади участков изучаемой территории, где значения Тренд значимы и положительны, но и соответствующие им абсолютные значения этого показателя. Последнее отчасти обусловлено уменьшением длины изучаемых отрезков временных рядов, для которых вычисляются значения Тренд, что подтвердило сравнение рис. 4 с рисунками, отражающими аналогичные распределения для других отрезков изучаемых временных рядов продолжительностью 21 год, которые относятся к интервалу 1991 – 2021 гг.

Вместе с тем это сравнение показало, что рассматриваемый эффект в наибольшей мере проявляется для последнего отрезка указанного интервала, который соответствует 2001 – 2021 гг.

Все это указывает на то, что в XXI в. произошла активизация ветрового режима территорий ЮС, а также прилегающих к ним регионов России и Центральной Азии. Значения СПД опасных ветров на многих участках таких территорий в любые весенне-летние месяцы современного климатического периода значимо увеличивались. В наибольшей степени этот эффект, по-видимому, проявлялся в июне и июле – в месяцы, для которых факторы потепления климата ЮС действовали

наиболее мощно [27, 28]. Последнее позволяет связать выявленные изменения ветрового режима ЮС с происходящей активизацией таких факторов.

Выявленные перемены рассматриваемых характеристик ветрового режима ЮС и сопредельных регионов России и Центральной Азии соответствуют существующим представлениям [7–10] об изменениях в XX – XXI вв. СПД макроциркуляционных процессов над Северным полушарием нашей планеты. Из упомянутых представлений следует, что рассматриваемый временной интервал (1961 – 2021 гг.) соответствует Меридиональной южной циркуляционной эпохе, в течение которой тенденции изменений СПД макроциркуляционных процессов неоднократно менялись.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что выявленные перемены тенденций динамики СПД опасных ветров в изучаемом регионе на различных частях этого интервала качественно соответствуют происходившим в то же время переменам тенденций изменений соотношения между СПД меридиональных южных и меридиональных северных процессов в Сибирском секторе Северного полушария. Это может служить одним из подтверждений справедливости предположения о наличии такого соответствия.

Новыми фактами, установленными в результате исследования, являются выявленные расположения участков территории ЮС, а также прилегающих к ней регионов России и Центральной Азии, на которых в целом за 1961 – 2020 гг., а также в современном периоде СПД возникающих над ними изучаемых ветров увеличивались. На таких участках риски возникновения опасных природных явлений (в том числе ландшафтных пожаров), которые обусловлены действием этих ветров, увеличиваются.

Наиболее существенный вопрос, нуждающийся в дополнительном изуче-

нии, состоит в оценке возможности применения полученных результатов для прогнозирования дальнейших изменений СПД рассматриваемых ветров на каких-либо участках территории ЮС. Его решение предполагает осуществление для различных участков этих территорий и разных месяцев оценки устойчивости тенденций, которые соответствуют более коротким отрезкам времени, относящимся к современному климатическому периоду. Поэтому выявление участков территории ЮС, для которых наличие устойчивости подтвердится, является перспективным направлением дальнейших исследований.

Выводы

Таким образом установлено:

Распределения по территориям регионов России, относящихся к южной части Сибири и сопредельным регионам мира, тенденций изменений рассматриваемых показателей ветрового режима для весенне-летних месяцев, соответствующих современному климатическому периоду, значительно отличаются от аналогичных характеристик для базового климатического периода.

Суммарные площади участков изучаемых территорий, где для любых отрезков длиной 31 год, относящихся к интервалу времени 1961 – 2021 гг., преобладали

значимые тенденции к увеличению суммарной продолжительности действия опасных ветров, значительно больше, чем значения этих показателей в целом для указанного интервала. Наибольшее увеличение этих площадей выявлено для месяцев апрель и май, а также для отрезка времени с 1991 по 2021 гг.

Рассматриваемые распределения в пределах изучаемой территории значимых тенденций к увеличению суммарной продолжительности действия опасных ветров для различных частей современного климатического периода продолжительностью 21 год, соответствующих всем весенне-летним месяцам, обладают существенным подобием. Подобие таких распределений для отрезка времени 2001 – 2021 гг., а также распределения тех же характеристик для интервала 1991 – 2021 гг. является наибольшим.

Выявленные закономерности свидетельствуют о целесообразности учета выявленных тенденций изменений суммарной продолжительности действия опасных ветров для весенне-летних месяцев при планировании основных мероприятий функциональных подсистем РСЧС, зоны ответственности которых расположены на территориях регионов России, находящихся в южной части Сибири.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Доклад о климатических рисках на территории Российской Федерации // meteoinfo.ru : сайт. URL: <https://meteoinfo.ru/images/media/books-docs/klim-riski-2017.pdf> (дата обращения: 05.06.2024).
2. Анисимов О. А., Жильцова Е. Л. Об оценках изменений климата 20 и начала 21 веков по данным наблюдений на территории России // Метеорология и гидрология. 2012. № 6. С. 95–107.
3. Climate changes in Siberia / P. Ya. Groisman and others // Regional Environmental Changes in Siberia and Their Global Consequences / eds. P. Ya. Groisman, G. Gutman. Dordrecht : Springer Environmental Science and Engineering, 2013. Pp. 57–109.
4. Информационная система дистанционного мониторинга Федерального агентства лесного хозяйства : официальный сайт. URL: https://pushkino.aviales.ru/main_pages/index.shtml (дата обращения: 05.06.2024).
5. Дзердзеевский Б. Л. Циркуляционные механизмы в атмосфере Северного полушария в XX столетии // Материалы метеорологических исследований. М. : ИГ АН СССР : Междувед. геофиз. комитета при Президиуме АН СССР, 1968. 240 с.
6. Дзердзеевский Б. Л., Курганская В. М., Витвицкая З. М. Типизация циркуляционных механизмов в северном полушарии и характеристика синоптических сезонов // Тр. н.-и. учреждений / Гл. упр. гидрометеорол. службы при Совете Министров СССР. Сер. 2. Синоптическая метеорология. М. ; Л. : Гидрометиздат, 1946. 80 с.

7. Кононова Н. К. Классификация циркуляционных механизмов Северного полушария по Б. Л. Дзедзеевскому // М. : Институт географии РАН : Воентехиниздат. 2009. 372 с.
8. Морозова С. В., Полянская Е. А., Кононова Н. К. Об изменении степени континентальности климата в степной зоне России // Материалы IX международного симпозиума «Степи Северной Евразии». Оренбург : ОГУ, 2021. 575-579 с.
9. Кононова Н. К. Колебания циркуляции атмосферы Северного полушария в период 1899–2019 гг. и связь с ними опасных природных процессов в Сибири в 2019 г. // Современные тенденции и перспективы развития гидрометеорологии в России : материалы III Всероссийской науч.-практ. конф., Иркутск, 25–27 ноября 2020 г. Иркутск : Иркутский государственный университет, 2020. С. 27–35.
10. Kononova N. K. A. R. Lupo Changes in the Dynamics of the Northern Hemisphere Atmospheric Circulation and the Relationship to Surface Temperature in the 20th and 21st Centuries // Atmosphere. 2020. 11, 255 Pp. 2–14.
11. Проблемы и перспективы охраны лесов от пожаров / М. А. Шешуков [и др.] // Сибирский лесной журнал. 2020. № 2. С. 14–20.
12. Шубкин Р. Г. Ширинкин П. В. Результаты долгосрочного прогнозирования крупномасштабных лесных пожаров в Байкальском регионе // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2016. № 3 (3). С. 35–38.
13. Сравнительные исследования засух 2010 и 2012 гг. на Европейской территории России по метеорологическим и MODIS данным / Золотокрылин А. Н. [и др.] // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2013. Т. 10, № 1. С. 246–253.
14. Нестеров В. Г. Горимость леса и методы ее определения. М. : Гослесбумиздат, 1949. 76 с.
15. Нестеров В. Г. Вопросы управления природой. М. : Лесная промышленность, 1981. 263 с.
16. 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.
17. Мозырев Н. К. Корнишин В. А., Кошкаров В. С. Пожарная безопасность лесов Fire safety of forests // Вестник современных исследований. 2019. № 2.1 (29). С. 60–63.
18. Сверлова Л. И. Метод оценки пожарной опасности в лесах по условиям погоды с учетом поясов атмосферной засушливости и сезонов года. Хабаровск, 2000. 46 с.
19. Соколова Г. В. Метод долгосрочного прогноза показателей пожарной опасности в лесах Приамурья на основе учета параметров атмосферной циркуляции // Лесной журнал. 2014. № 5 (341). С. 50–62.
20. Huler S. Defining the Wind: The Beaufort Scale, and How a 19th-Century Admiral Turned Science into Poetry // New York : Crown Publishers, 2004. 290 p.
21. Айвазян С. А., Мхитарян В. С. Прикладная статистика и основы эконометрики. М. : Юнити, 1998. 1022 с.
22. Руководящие указания ВМО по расчету климатических норм / ВМО. 2017. № 1203. 21 с.
23. Hersbach H., Dee D. ERA5 reanalysis is in production // ECMWF Newsletter. 2016. Vol. 147. P. 7.
24. E. Hólm et al. J.-N.: The ERA5 global reanalysis, Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 146, 1999–2049, <https://doi.org/10.1002/qj.3803>, 2020. (Нет заглавия, уточните этот источник его не удается найти).
25. Результаты реанализа ERA5 hourly data on pressure levels from 1979 to present : база данных. URL: <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/reanalysis-era5-pressure-levels?tab=form> (дата обращения: 05.06.2024).
26. Перов А. И. Статистическая теория радиотехнических систем. М. : Радиотехника, 2003. 400 с.
27. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
28. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. М. : Изд-во Росгидромета, 2014. 1009 с.

REFERENCES

1. Report on Climate Risks on the Territory of the Russian Federation. St. Petersburg, 2017; 106. (rus).
2. Anisimov O.A. Zhiltsova E.L. On estimates of climate change in Russian regions in the XX century and early XXI century based on observational data. Meteorology and Hydrology. 2012; 6: 95–107. (rus).
3. Groisman P.Ya. [et. al.] Climate changes in Siberia. Regional Environmental Changes in Siberia and Their Global Consequences. P.Ya. Groisman, G. Gutman (Ed.). Dordrecht, Springer Environmental Science and Engineering, 2013; 57–109.

4. Information system of remote monitoring of the Federal Forestry Agency: official site. Moscow. URL [Electronic text]. Access mode: https://pushkino.aviales.ru/main_pages/index.shtml. (rus).
5. Dzerdzeyevsky B.L. Circulation mechanisms in the atmosphere of the Northern Hemisphere in the 20th century. Proceedings of Meteorological Research, ed. by IG AS USSR and Intern. Geophys. Committee under the Presidium of the USSR Academy of Sciences. Moscow, 1968; 240. (rus).
6. Dzerdzeyevsky B.L., Kurgan V.M., Vitvitskaya Z.M. Typization of Circulation Mechanisms in the Northern Hemisphere and Characteristics of Synoptic Seasons. Proc. of Research Institutions of the Hydrometeorological Service at the USSR Council of Ministers. Ser. 2. Synoptic Meteorology; Vol. 21. Central Institute of Forecasts. Moscow, Gidrometizdat, 1946; 80. (rus).
7. Kononova N.K. Classification of the Northern Hemisphere circulation mechanisms according to B.L. Dzerdzeyevsky. Moscow, IG RAS. Voentekhnizdat, 2009; 372. (rus).
8. Morozova S.V., Polyanskaya E.A., Kononova N.K. On changes in the degree of climate continentality in the steppe zone of Russia / Proceedings of the IX International Symposium "Steppes of Northern Eurasia". Orenburg: OGU, 2021. DOI: 10.24412/cl-36359-2021-575-579. (rus).
9. Kononova, N. K. Fluctuations of the Northern Hemisphere atmospheric circulation in the period 1899-2019 and the connection with them of dangerous natural processes in Siberia in 2019. Modern trends and prospects for the development of hydrometeorology in Russia: Proceedings of the III All-Russian Scientific and Practical Conference, Irkutsk, November 25-27, 2020. Irkutsk, Irkutsk State University, 2020; 27-35. (rus).
10. Kononova N.K., Lupo A.R. Changes in the Dynamics of the Northern Hemisphere Atmospheric Circulation and the Relationship to Surface Temperature in the 20th and 21st Centuries. Atmosphere, 2020; 11(255): 2-14. DOI:10.3390/atmos11030255. (rus).
11. Sheshukov M.A., Kovalev A.P., Orlov A.M., Pozdnyakova V.V. Problems and prospects of forest protection from fires. Siberian Forest Journal. 2020; 2: 14-20. <https://doi.org/10.15372/SJFS20200202>. (rus).
12. Shubkin R.G., Shirinkin P.V. Results of long-term forecasting of large-scale forest fires in the Baikal region. Siberian Fire and Rescue Bulletin. 2016; 3(3): 35-38. (rus).
13. Zolotokrylin A.N., Titkova T.B., Cherenkova E.A., Vinogradova V.V. Comparative studies of 2010 and 2012 droughts in the European territory of Russia using meteorological and MODIS data. Modern problems of Earth remote sensing from space. 2013; 10(1): 246-253. (rus).
14. Nesterov V.G. Forest burning and methods of its determination. Moscow, Goslesbumizdat, 1949; 76. (rus).
15. Nesterov V.G. Issues of nature management. Moscow, Lesn. Promst, 1981; 263. (rus).
16. Chuikov A. M., Smetankina G.I., Dorokhova O.V. Problems of reducing the level of fire danger of territories located in the risk zone of forest fires. Modern technologies for civil defense and emergency response. 2019; 1(10): 465-468. (rus).
17. Mozyrev N. K., Kornishin V. A., Koshkarov V. S. Fire safety of forests Fire safety of forests. Bulletin of Modern Research. 2019; № 2.1(29): 60-63. (rus).
18. Sverlova L.I. Method of estimation of fire danger in forests by weather conditions taking into account atmospheric aridity belts and seasons of the year. Khabarovsk. 2000; 46. (rus).
19. Sokolova G. V. Method of long-term forecasting of fire danger indicators in the forests of Priamurye on the basis of atmospheric circulation parameters. Izvestia vysshee obrazovaniya vysshee obrazovaniya. Forestry journal. 2014; № 5(341): 50-62. (rus).
20. Huler, S. Defining the Wind: The Beaufort Scale, and How a 19th-Century Admiral Turned Science into Poetry. New York: Crown Publishers. 2004; 290.
21. Aivazyan S.A., Mkhitarjan V.S. Applied Statistics and Fundamentals of Econometrics. Moscow, Unity, 1998; 1022. (rus).
22. WMO Guidelines for the Calculation of Climate Norms. WMO No. 1203. 2017; 21: 23.
23. Hersbach H., Dee D. ERA5 reanalysis is in production. ECMWF Newsletter. 2016; 147: 7.
24. Hólm E., Janisková M., Keeley S., Laloyaux P., Lopez P., Lupu C., Radnoti G., de Rosnay P., Rozum I., Vamborg F., Villaume S., and Thépaut J.N.: The ERA5 global reanalysis, Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 146, 1999-2049. <https://doi.org/10.1002/qj.3803>, 2020.
25. Database Results of ERA5 reanalysis of hourly data on pressure levels from 1979 to present. [Electronic resource]. Access mode: <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/reanalysis-era5-pressure-levels?tab=form> DOI: 10.24381/cds.bd0915c6.
26. Perov A. I. Statistical theory of radio engineering systems. Moscow, Radiotekhnika, 2003; 400. (rus).
27. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151.

28. Second assessment report of Roshydromet on climate change and its consequences on the territory of the Russian Federation. - Moscow: Roshydromet Publishing House, 2014; 1009.

Информация об авторах

Холопцев Александр Вадимович, доктор географических наук, профессор кафедры контрольно-надзорной деятельности, Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Россия, Красноярский край, г. Железногорск, ул. Северная, д. 1; РИНЦ ID: 467295; ORCID: 0000-0002-9757-5219; e-mail: kholoptsev@mail.ru

Шубкин Роман Геннадьевич, кандидат технических наук, доцент, заместитель начальника академии по учебной работе, Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Россия, Красноярский край, г. Железногорск, ул. Северная, д. 1; РИНЦ ID: 159572; Scopus Author ID: 57704690300; ORCID: 0000-0002-7163-8146; e-mail: r.shubkin@yandex.ru

Проскова Наталья Юрьевна, преподаватель кафедры контрольно-надзорной деятельности, Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Россия, Красноярский край, г. Железногорск, ул. Северная, д. 1; РИНЦ ID: 1191233; ORCID: 0009-0000-0068-2968; e-mail: knd@sibpsa.ru

Information about the authors

Alexander V. Kholoptsev, Grand PhD in Geography, Professor of the department of control and supervisory activities, Siberian Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of Emergencies of Russia, st. Severnaya, d. 1, Zheleznogorsk, 662972, Russian Federation; ID RISC: 467295; ORCID: 0000-0002-9757-5219; e-mail: kholoptsev@mail.ru

Roman G. Shubkin, Cand. Sci. (Eng), Associate Professor, Deputy head of the academy for academic affairs, Siberian Fire and Rescue Academy of the State Fire and Rescue Service of the Ministry of Emergencies of Russia, st. Severnaya, d. 1, Zheleznogorsk, 662972, Russian Federation; ID RISC: 159572; Scopus Author ID: 57704690300; ORCID: 0000-0002-7163-8146; e-mail: r.shubkin@yandex.ru

Natalia Yu. Proskova, lecturer at the department of control and supervision, Siberian Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of Emergencies of Russia, st. Severnaya, d. 1, Zheleznogorsk, 662972, Russian Federation; ID RISC: 1191233; ORCID: 0009-0000-0068-2968; e-mail: knd@sibpsa.ru