

УДК 614.841.42

ЗАВИСИМОСТЬ ИЗМЕНЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА ЛАНДШАФТНЫХ ПОЖАРОВ ОТ ВАРИАЦИЙ ПОТОКОВ СУММАРНОЙ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ В РЕГИОНАХ АЗИАТСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

Холопцев Александр Вадимович^{1,2}, Шубкин Роман Геннадьевич¹, Бабенышев Сергей Валерьевич¹

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

² Государственный океанографический институт имени Н. Н. Зубова, Севастопольское отделение, г. Севастополь, Российская Федерация

Аннотация. Значительная часть общего количества ландшафтных пожаров, возникающих в том или ином месяце на территории России, приходится на ее азиатскую часть. Поэтому выявление значимых природных факторов межгодовых изменений указанного показателя для расположенных здесь регионов — актуальная проблема безопасности при чрезвычайных ситуациях. Выдвинута гипотеза о существовании регионов, где к числу таких факторов для некоторых месяцев пожароопасного сезона относятся вариации среднемесячных потоков суммарной солнечной радиации, поступающей на их территории. Установлено, что эта гипотеза справедлива для Республики Саха (Якутия), Красноярского края, Иркутской области, Ямало-Ненецкого, Чукотского и Ханты-Мансийского автономных округов. Выявленная закономерность обусловлена наличием значимой и положительной корреляции межгодовых вариаций упомянутых потоков с синхронными по отношению к ним изменениями среднемесячных температур приземного слоя атмосферы над территориями перечисленных регионов, которые по условиям погоды являются одним из факторов пожароопасности. За период 1976–2023 гг. потоки суммарной солнечной радиации для большинства месяцев пожароопасного сезона, поступающей на всю азиатскую часть России, а также на территории каждого из указанных регионов, значимо возросли, что привело к существенному потеплению их регионального климата. В период 2000–2023 гг. средние скорости увеличения этих потоков наиболее существенно повысились в регионах, относящихся к Дальневосточному федеральному округу. При дальнейшем их увеличении потепление климата выявленных регионов продолжится, а пожароопасность по условиям погоды на соответствующих территориях возрастет.

Ключевые слова: азиатская часть России, количество ландшафтных пожаров, поток суммарной солнечной радиации, среднемесячная температура воздуха, корреляция, тенденция

Для цитирования: Холопцев А. В., Шубкин Р. Г., Бабенышев С. В. Зависимость изменения количества ландшафтных пожаров от вариаций потоков суммарной солнечной радиации в регионах азиатской части России // Техносферная безопасность. 2025. № 3 (48). С. 135–150.

DEPENDENCE OF CHANGES IN THE NUMBER OF LANDSCAPE FIRES ON VARIATIONS IN TOTAL SOLAR RADIATION FLOWS IN THE REGIONS OF THE ASIAN PART OF RUSSIA

Alexander V. Kholoptsev^{1,2}, Roman G. Shubkin¹, Sergey V. Babenyshev¹

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

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

Abstract. A significant part of the total number of wildfires occurring in a given month on the territory of Russia falls on its Asian part. Therefore, the identification of significant natural factors of interannual changes in this indicator for these regions is an important problem of safety in emergencies. The authors check the hypothesis that there are regions where such factors, for some months of the fire-hazardous season, include variations in the average monthly fluxes of total solar radiation over their territories. It is established that this hypothesis is true for the Republic of Sakha (Yakutia), Krasnoyarsk Krai, Irkutsk Oblast, Yamalo-Nenets, Chukotka and Khanty-Mansi Autonomous Okrugs. The revealed regularity is caused by the presence of a significant and positive correlation of interannual variations of the mentioned fluxes with synchronous, in relation to them, changes in the average monthly temperatures of the surface layer of the atmosphere over the territories of the considered regions, which are one of the factors of increasing fire danger. For the period 1976-2023 yrs., the fluxes of total solar radiation for most months of the fire-hazardous season, coming to the entire Asian part of Russia, as well as to the territory of each of the specified regions, increased significantly, which led to a significant warming of their regional climate. In the period 2000-2023 yrs., the average rates of increase of these fluxes grew most significantly in the regions related to the Far Eastern Federal District. With their further increase, the warming of the climate of the identified regions will continue, and the forest fires risks caused by the weather conditions in the corresponding territories will increase.

Keywords: Asian part of Russia, wildfires, total solar radiation flux, average monthly air temperature, correlation, trend

For Citation: Kholoptsev A. V., Shubkin R. G., Babenyshev S. V. Dependence of changes in the number of landscape fires on variations in total solar radiation flows in the regions of the Asian part of Russia // Technospheric safety. 2025. № 3 (48). pp. 135–150.

Введение

Количество ландшафтных пожаров (далее — КЛП), возникающих за тот или иной месяц на некоторой территории, — важный показатель соответствующего ему пожар-

ного риска. Поэтому выявление природных процессов, являющихся значимыми причинами увеличения этого показателя в том или ином регионе мира, — актуальная проблема физической географии и безопасности при чрезвычайных ситуациях.

Наибольший интерес ее решение представляет для регионов, обладающих значительными лесными ресурсами и сравнительно мало населенных, т. к. значимость влияния природных факторов на динамику соответствующего им КЛП является повышенной. В России к их числу относятся регионы, расположенные на ее азиатской территории (далее — АТР).

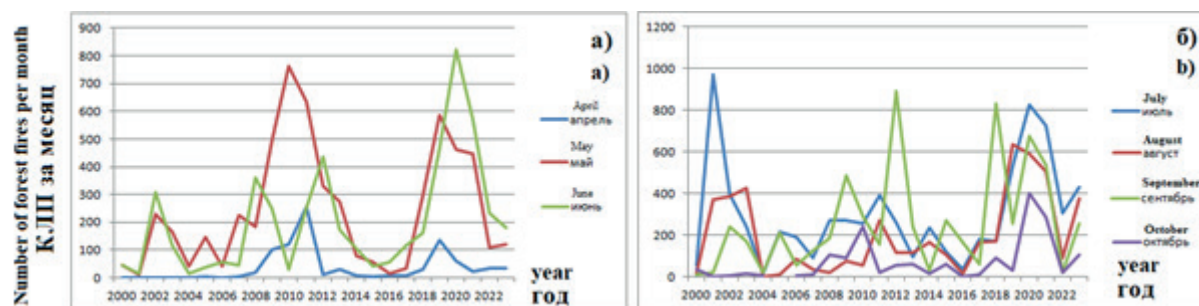


Рис. 1. Межгодовые изменения КЛП на территории Республики Саха (Якутия) в период 2000–2023 гг. (по данным [2]) для месяцев: а) апрель — июнь; б) июль — октябрь

Fig. 1. Interannual changes in the number of wildfires in the territory of the Republic of Sakha (Yakutia) in the period 2000–2023 (according to [2]) for the months: a) April — June; b) July — October

Как видно из рис. 1, максимальные и минимальные значения КЛП на территории Якутии для всех месяцев пожароопасного сезона различаются в десятки-сотни раз, что существенно усложняет адекватное планирование деятельности противопожарных подразделений, на которые возложена задача их ликвидации. Следовательно, выявление природных факторов, вызывающих подобную динамику изучаемого показателя, представляет не только теоретический, но и практический интерес.

Решению рассматриваемой проблемы для различных регионов АТР посвящены работы многих отечественных авторов [1, 3–6]. Ими установлено, что к числу значимых причин квазицикличности межгодовых изменений КЛП относятся особенности процессов накопления на лесопокрытых территориях горючего материала [1, 7], а также вариаций на них пожароопасности

Установлено [1], что межгодовые изменения КЛП на территории любого из регионов АТР в период 2000–2023 гг. представляли собой сложные колебания, наложенные на те или иные линейные тренды. Как пример, на рис. 1 показаны межгодовые изменения КЛП на территории Республики Саха (Якутия) для различных месяцев пожароопасного сезона, отображенные согласно информации из [2].

по условиям погоды [8, 9] и повторяемости гроз [10, 11].

Существенной причиной изменений пожароопасности по условиям погоды являются вариации среднемесячной температуры воздуха приземного слоя атмосферы (СТВ), которая определяет интенсивность испарения влаги из горючего материала [6, 8, 12]. Поэтому значимое влияние на ее динамику оказывает потепление местного климата.

Повышение СТВ, наряду с усилением парникового эффекта и другими глобальными факторами [13, 14], может быть вызвано и соответствующими вариациями среднемесячных потоков суммарной солнечной радиации (далее — ПСР), поступающей на изучаемую местность [12, 15].

Мониторинг изменчивости этих потоков на территории регионов АТР осуществляют функционирующие в них подразделения Главной геофизической обсерватории

им. А. И. Воейкова. Полученные ими результаты представлены в [16] и учитываются при разработке глобального атмосферного реанализа ERA5 [17, 18].

Существующие представления о роли солнечной радиации в формировании температурных режимов различных регионов мира [14, 19] позволяют предположить, что на территории некоторых из них значимой причиной межгодовых изменений КЛП для каких-либо месяцев пожароопасного сезона являются вариации соответствующих им ПСР. Выявление таких регионов позволило бы учесть результаты мониторинга ПСР, поступающих на их территории, при разработке для них прогнозов пожароопасности по условиям погоды.

Тем не менее ранее регионы АТР, где межгодовые изменения ПСР для каких-либо месяцев пожароопасного сезона значимо связаны с вариациями соответствующего им КЛП, выявлены не были. Не анализировались и соответствующие им тенденции межгодовых изменений ПСР. С учетом этой информации целью работы стало выявление регионов АТР, для которых выдвинутая гипотеза для каких-либо месяцев пожароопасного сезона является справедливой, а также определение соответствующих им тенденций межгодовых изменений ПСР.

Для достижения указанной цели решены следующие задачи:

1. Выявлены участки АТР, где межгодовые изменения ПСР, соответствующие тем или иным месяцам пожароопасного сезона, значимо связаны с синхронными вариациями КЛП в каких-либо относящихся к ней регионах России.
2. Проведена оценка за 1976–2023 гг. тенденций межгодовых изменений ПСР, поступающих на выявленные участки.

3. Проведена за тот же период оценка значимости корреляции межгодовых изменений ПСР с вариациями СТВ на различных участках АТР, а также тенденций межгодовых изменений СТВ.

Материалы и методы

Для решения указанных задач как фактический материал об изменениях КЛП для тех или иных месяцев пожароопасного сезона, происходивших на территориях различных регионов России, относящихся к АТР, использована информация [2]. Упомянутые сведения охватывают период 2000–2023 гг.

Как фактический материал о вариациях ПСР и СТВ на различных участках территории Сибири использована информация о среднесуточных значениях этих показателей, представленная в реанализе ERA5 [18]. Допустимость использования упомянутой информации для решения поставленных задач подтверждена путем ее тестирования с использованием результатов фактических измерений, представленных в [16, 20].

С использованием упомянутых сведений для всех участков АТР и для каждого месяца за период январь 1976 — декабрь 2023 гг. вычислены значения ПСР и СТВ, из которых сформированы одноименные временные ряды.

При решении первой задачи изучены статистические связи между изменениями КЛП для каждого месяца пожароопасного сезона на территории того или иного региона России, относящегося к АТР, а также синхронными вариациями ПСР на всех рассматриваемых участках АТР. Решение о значимости этих связей принималось, если достоверность такого статистического вывода (оцененная по критерию Стьюдента за период 2000–2023 гг.)

составляла не менее 95 %. Поэтому задача решалась с применением метода корреляционного анализа. Перед его осуществлением в сопоставляемых рядах за указанный период скомпенсированы линейные тренды.

Пороговый уровень модуля коэффициента корреляции, соответствующий указанной достоверности, определен с учетом количества степеней свободы сопоставляемых рядов. Поскольку это количество оказалось равно 24, упомянутый уровень составил 0,42.

При решении второй и третьей задачи было принято допущение о том, что отклонения рассматриваемых значений ПСР и СТВ от соответствующих линейных трендов — случайные величины с нормальным законом распределения вероятностей. Его корректность подтверждена применением критерия Пирсона (теста нормальности).

При решении второй задачи участки территории Сибири, для которых тенденции изучаемых процессов являлись значимыми, определялись для отрезков временных рядов ПСР, соответствующих периодам 1976–1999 гг. и 2000–2023 гг.

Решение о значимости выявленной тенденции межгодовых изменений ПСР на каждом из этих отрезков продолжительностью 24 года принималось, если выполнялось условие:

$$24\text{УКЛТ} > 1,65\text{СКО},$$

где УКЛТ — угловой коэффициент линейного тренда рассматриваемого временного ряда;

СКО — среднеквадратическое отклонение значений ПСР от соответствующего линейного тренда.

При решении третьей задачи решение о значимости тенденции межгодовых изменений СТВ за период 1976–2023 гг.

принималось, если справедливым являлось неравенство:

$$64\text{УКЛТ} > 1,65\text{СКО}.$$

При оценке значимости связей между временными рядами ПСР и СТВ за тот же период применен метод корреляционного анализа и критерий Стьюдента, 99-процентный порог значимости корреляции определен как 0,4.

Как следует из изложенного, методика исследования позволяет решить все поставленные задачи. При этом методика тестирования нормальности выборок изучаемых случайных процессов, содержащих малое количество членов, не позволяет гарантировать высокую достоверность получаемых результатов. Поэтому результаты исследования рекомендуется рассматривать как носящие качественный характер.

Результаты

С применением изложенной методики для каждого месяца пожароопасного сезона определены все участки АТР, для которых межгодовые изменения в 2000–2023 гг. ПСР значимо связаны с синхронными вариациями КЛП, соответствующего каждому ее региону.

Как пример, на рис. 2 представлены участки АТР, где в период 2000–2023 гг. корреляция межгодовых изменений соответствующих им ПСР, а также синхронных вариаций КЛП для некоторых месяцев пожароопасного сезона являлась значимой. Здесь и далее обозначены:

1 — Ненецкий автономный округ, 2 — Республика Коми, 3 — Ямало-Ненецкий автономный округ, 4 — Ханты-Мансийский автономный округ, 5 — Свердловская область, 6 — Челябинская область, 7 — Курганская

область, 8 — Тюменская область, 9 — Омская область, 10 — Новосибирская область, 11 — Томская область, 12 — Кемеровская область, 13 — Алтайский край, 14 — Республика Хакасия, 15 — Таймырский Долгано-Ненецкий район Красноярского края, 16 — Республика Саха (Якутия), 17 — Эвенкийский район Красноярского края, 18 — другие районы Красноярского края, 19 — Республика Алтай,

20 — республика Тыва, 21 — Иркутская область, 22 — Республика Бурятия, 23 — Забайкальский край, 24 — Амурская область, 25 — Хабаровский край, 26 — Магаданская область, 27 — Чукотский автономный округ, 28 — Камчатский край, 29 — Сахалинская область, 30 — Казахстан, 31 — Монгольская Народная республика, 32 — Китайская Народная республика.

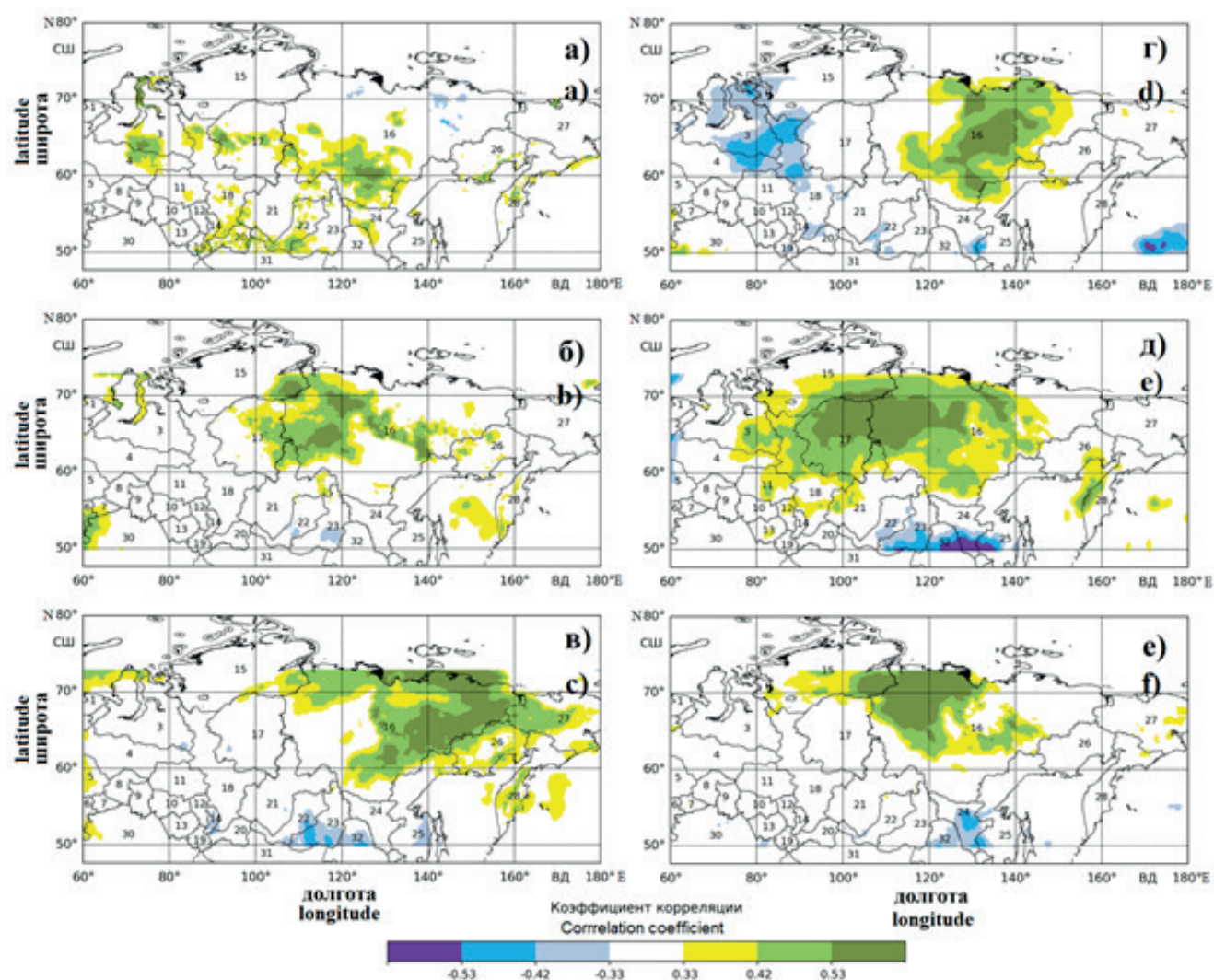


Рис. 2. Участки АТР, где в период 2000–2024 гг. корреляция межгодовых изменений КЛП и синхронных по отношению к ним вариаций ПСР значима для месяцев: а) апрель; б) май; в) июнь; г) июль; д) август; е) сентябрь

Fig. 2. Areas of the Asian Territory of Russia where, in the period 2000–2024 yrs., the correlation of interannual changes in the number of wildfires and synchronous variations in the solar radiation fluxes is significant for the months: а) April; б) May; в) June; г) July; д) August; е) September

Из рис. 2б–е видно, что участки АТР, на которых межгодовые изменения ПСР для всех месяцев с мая по сентябрь значимо связаны с синхронными вариациями КЛП, расположены в основном на территории Якутии. Для многих из этих участков достоверность вывода о значимости рассматриваемых связей превышает 99 % (порог значимости 0,53).

Для апреля (рис. 2а), а также октября (которые для многих районов (улусов) Якутии не относятся к пожароопасному сезону) суммарная площадь участков АТР, для которых изучаемые связи значимы, существенно меньше, а многие из них расположены в других регионах АТР.

Таким образом, участки АТР, где в период 2000–2023 гг. корреляция между межгодовыми изменениями ПСР и вариациями КЛП для всех месяцев пожароопасного сезона являлась значимой, в основном располагаются непосредственно на территории Якутии. Значимая корреляция временных рядов КЛП и ПСР на участках АТР, относящихся к Якутии всюду положительна. Поэтому с достоверностью не менее 95 % вариации ПСР, поступающих на выявленные участки, являются значимым фактором межгодовых изменений КЛП в Якутии, что подтверждает справедливость выдвинутой гипотезы.

При решении второй задачи для каждого месяца определены участки АТР, где в периоды времени 1976–1999 гг. и 2000–2023 гг. с применением изложенной методики были выявлены те или иные значимые тенденции межгодовых изменений ПСР. Установлено, что для каждого периода времени и каждого месяца на АТР существовали

как участки, где ПСР значимо увеличивались, так и участки, где этот показатель значимо снижался.

Зависимости от месяца долей общей площади участков АТР, где показатель ПСР в периоды 1976–1999 гг. и 2000–2023 гг.: а) значимо снижался (N-); б) значимо повышался (N+); в) значения разности $M = (N+) - (N-)$, — приведены на рис. 3.

Из рис. 3 понятно, что на АТР существовали многочисленные участки, где ПСР в периоды 1976–1999 гг. и 2000–2024 гг. как значимо повышались, так и значимо снижались.

В оба периода времени для всех месяцев, кроме марта (2000–2024 гг.) и сентября (1976–1999 гг.), доли общей площади АТР, приходящиеся на участки, где ПСР возрастали, были значительно больше, чем аналогичные показатели для участков, где ПСР снижались.

Темпы увеличения N+ в период 2000–2023 гг. существенно повысились в сравнении с 1976–1999 гг. для июня и сентября. Значимо снизились они лишь для марта.

Как видно из рис. 3, в среднем за год показатель ПСР, поступающих на АТР, за период 1976–2023 гг. существенно увеличился. Повысилась за 2000–2023 гг. и средняя скорость этого процесса, что внесло соответствующий вклад в потепление регионального климата, а также повышение пожароопасности по условиям погоды.

С использованием изложенной методики для каждого месяца пожароопасного сезона определены участки АТР, где за 1976–1999 гг. и 2000–2023 гг. преобладали те или иные значимые тенденции межгодовых изменений ПСР.

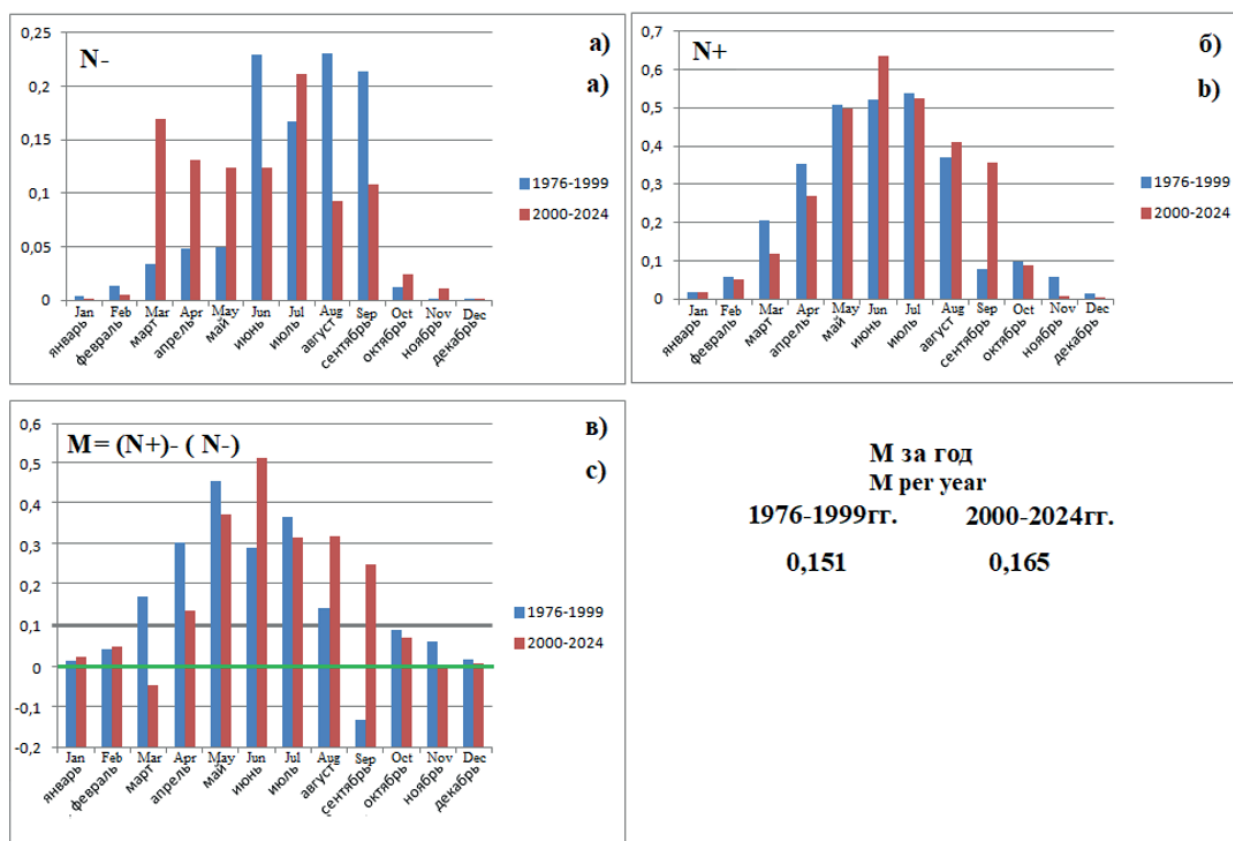


Рис. 3. Доли общей площади участков АТР, где в периоды 1976–1999 гг. и 2000–2024 гг. показатель ПСР: а) значимо снижался (N-); б) значимо повышался (N+); в) значения разности $M = (N+) - (N-)$

Fig. 3. Shares of the total area of the Asia territory of Russia, where solar radiation flux in the periods 1976–1999 yrs. and 2000–2024 yrs.: а) significantly decreased (N-); б) significantly increased (N+); c) the difference $M = (N+) - (N-)$

Как пример, на рис. 4 отображены участки АТР, где для месяцев с апреля по июнь на изучаемых отрезках времени преобладали те или иные значимые тенденции межгодовых изменений ПСР.

Из рис. 4а и 4б следует, что участки, где ПСР для апреля в период 1976–2023 гг. значимо повышаются с наибольшей скоростью (более 4 000 Дж/м²·год), преобладают в южной части территории Сибири. При этом суммарная пло-

щадь таких участков в 2000–2023 гг. оказалась несколько меньше, чем в 1976–1999 гг.

Рис. 4в и 4г показывают, что в период 1976–1999 гг. участки, где ПСР для мая значимо повышались, преобладали в южной части АТР. В период 2000–2023 гг. количество таких участков на юге АТР существенно уменьшилось, однако на севере Красноярского края и в Ямало-Ненецком автономном округе оно значительно возросло.

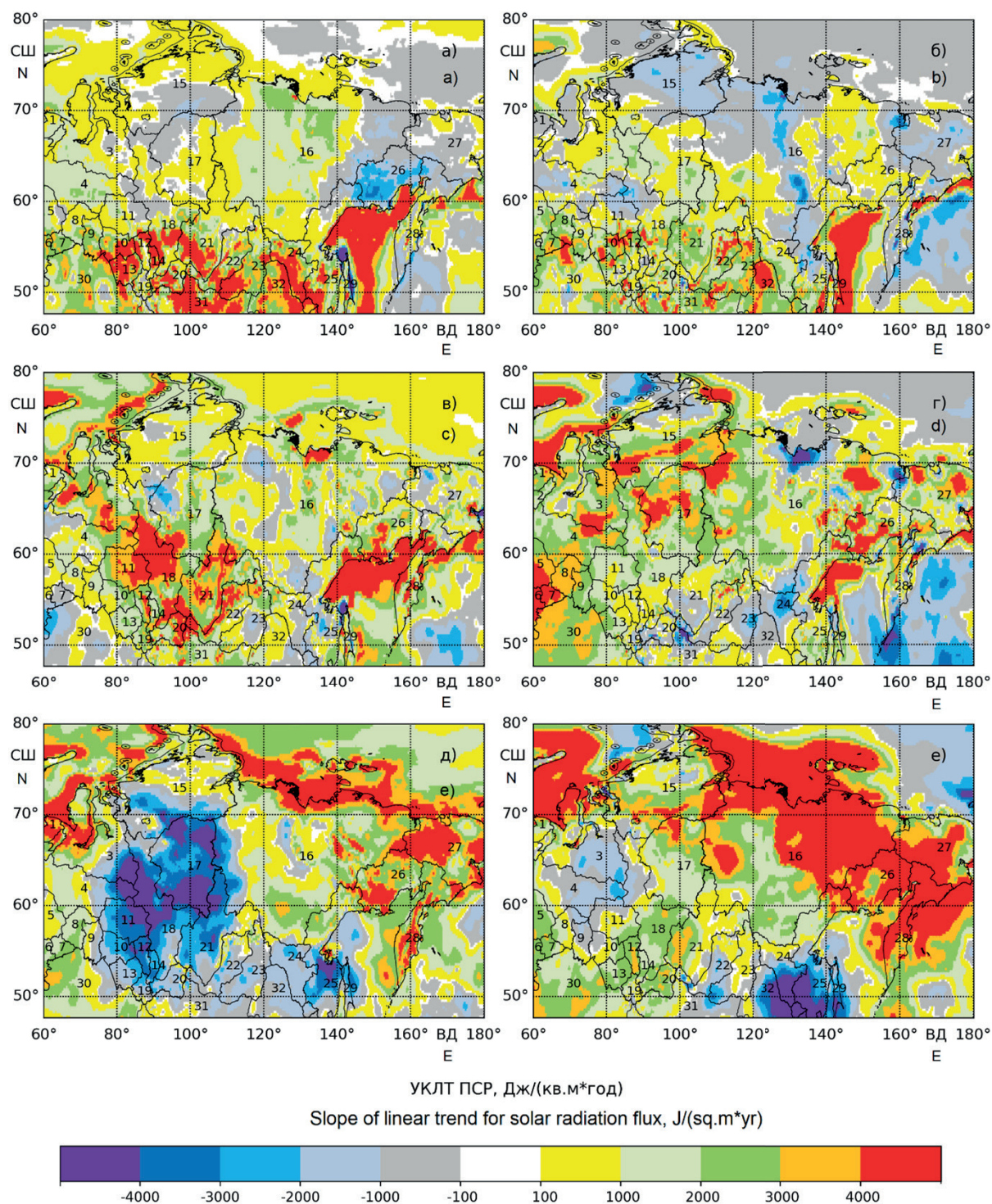


Рис. 4. Участки АТР, где в 1976–1999 гг. и 2000–2023 гг. преобладали значимые тенденции межгодовых изменений ПСР для месяцев: а) апрель (1976–1999 гг.); б) апрель (2000–2023 гг.); в) май (1976–1999 гг.); г) май (2000–2023 гг.); д) июнь (1976–1999 гг.); е) июнь (2000–2023 гг.)

Fig. 4. Regions of Asian territory of Russia where significant trends in interannual changes in the solar radiation fluxes prevailed in 1976–1999 yrs. and 2000–2023 yrs. the months: a) April (1976–1999 yrs.); b) April (2000–2023 yrs.); c) May (1976–1999 yrs.); d) May (2000–2023 yrs.); e) June (1976–1999 yrs.); f) June (2000–2023 yrs.)

При этом на территории Булунского и Усть-Янского улусов (районов) Якутии за 1976–1999 гг. показатель ПСР значительно повысился, а за 2000–2023 гг. значительно снизился.

Как видно из рис. 4*д* и 4*е*, участки АТР, где ПСР для июня в оба изучаемых периода значительно повышалась, преобладали на севере территории Якутии, Ямало-Ненецкого и Чукотского автономных округов. В то же время на территориях Красноярского и Хабаровского краев наблюдались противоположные тенденции.

В 2000–2023 гг. суммарная площадь участков территории Якутии, где ПСР значительно повышались — со скоростью более 4 000 Дж/(м²·год) — по сравнению с 1976–1999 гг., значительно увеличилась. На территории Хабаровского, Приморского края и Амурской области в 2000–2023 гг. существенно возросла площадь участков, где ПСР с такой же скоростью снижались.

В то же время на территории Красноярского края участков, где ПСР значительно снижались — со скоростью не менее 2 000 Дж/(м²·год) — в указанный период не выявлено, а на территориях Ямало-Ненецкого и Ханты-Мансийского автономных округов их суммарная площадь существенно уменьшилась.

Аналогичным образом установлено, что для июля суммарные площади участков АТР, где ПСР значительно снижались, в 2000–2023 гг. наиболее существенно увеличились, по сравнению с 1976–1999 гг. на территории Якутии и Чукотского автономного округа.

Общая площадь участков, где средняя скорость изменений ПСР для июля значительно повысилась, в 2000–2023 гг. возросла на территории Красноярского края, Ямало-Ненецкого автономного округа, но снизилась в Иркутской и Томской областях, а также в Ханты-Мансийском автономном округе. Для августа и в особенности для сентября суммарные площади участков АТР, где ПСР значительно повысились, возросли в Ханты-Мансийском автономном округе, Якутии, Красноярском и Хабаровском краях.

При решении третьей задачи для всех месяцев пожароопасного сезона выявлены участки АТР, где за период современного потепления климата (1976–2023 гг.) СТВ значительно повысилась. Как пример, на рис. 5 показаны участки АТР, соответствующие месяцам с апреля по июнь.

Из рис. 5 очевидно, что за период современного потепления климата значения СТВ для рассматриваемых месяцев, соответствующие всем участкам АТР, значительно увеличились, что подтверждает справедливость выводов [21, 22].

Наиболее существенным потепление климата АТР было в ее Арктической зоне для июня, которому соответствуют максимальные средние значения ПСР на всех широтах Северного полушария.

Как следует из сравнения рис. 5*в* с рис. 4*д* и 4*е*, расположения участков АТР, где для июня за период современного потепления глобального климата произошло наиболее существенное повышение СТВ, а также наибольшее увеличение ПСР, во многом совпадают.

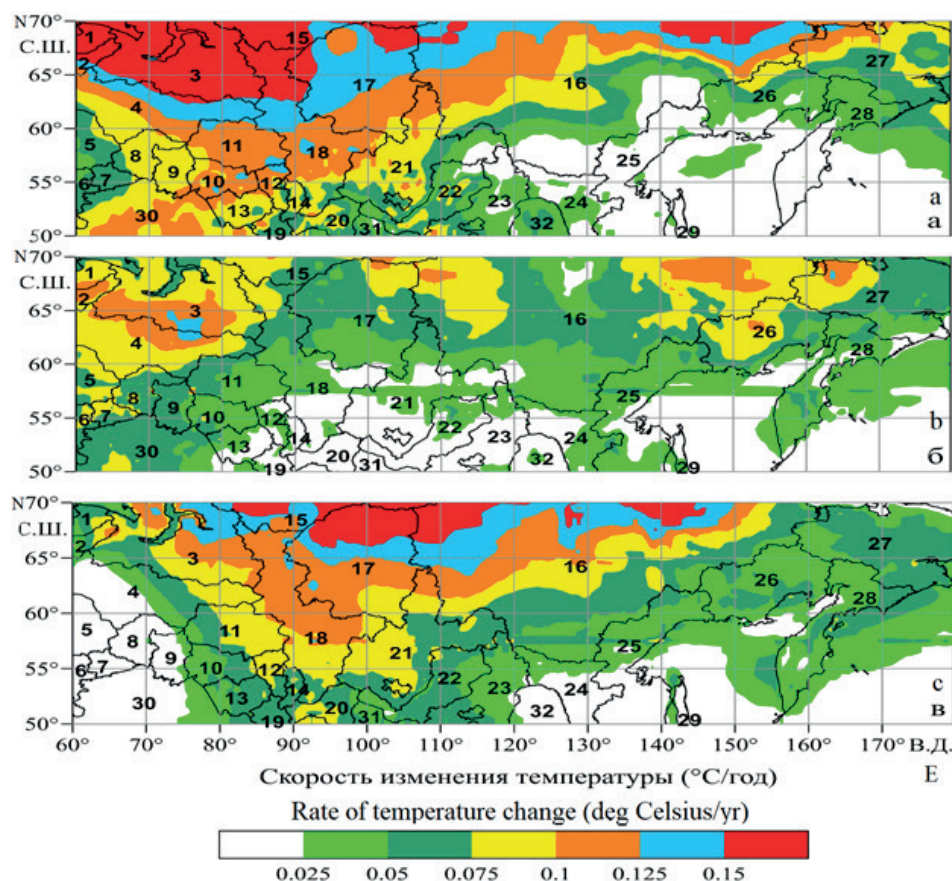


Рис. 5. Участки АТР, где средняя скорость повышения СТВ за 1976–2023 гг. превышала тот или иной уровень для месяцев: а) апрель; б) май; в) июнь

Fig. 5. Regions of the Asian territory of Russia where the average rate of increase in average monthly air temperatures for 1976–2023 yrs. exceeded a certain level, for the months: a) April; b) May; c) June

На рис. 6 представлены участки АТР, для которых корреляция межгодовых изменений ПСР для месяцев с апреля по июнь с синхронными по отношению к ним вариациями СТВ является значимой.

Как следует из рис. 6, для рассматриваемых месяцев корреляция межгодовых изменений ПСР с синхронными вариациями СТВ является значимой практически на всех участках АТР, на которых отсутствует снежный покров. Аналогичные выводы получены и для месяцев с июля по октябрь. Из этого следует, что на всей АТР для месяцев с мая по сентябрь межгодовые изменения ПСР являются значи-

мыми факторами СТВ, а значит и пожароопасности по условиям погоды, и КЛП.

Следовательно, при дальнейшем увеличении ПСР, поступающих на территории выявленных регионов АТР, одним из вероятных является сценарий будущего, при котором СТВ для месяцев с мая по сентябрь в тех же регионах увеличится. Вопрос о причинах выявленного увеличения ПСР на АТР нуждается в дополнительном изучении.

Таким образом, справедливость выдвинутой гипотезы подтверждена, все поставленные задачи решены, а цель исследования достигнута.

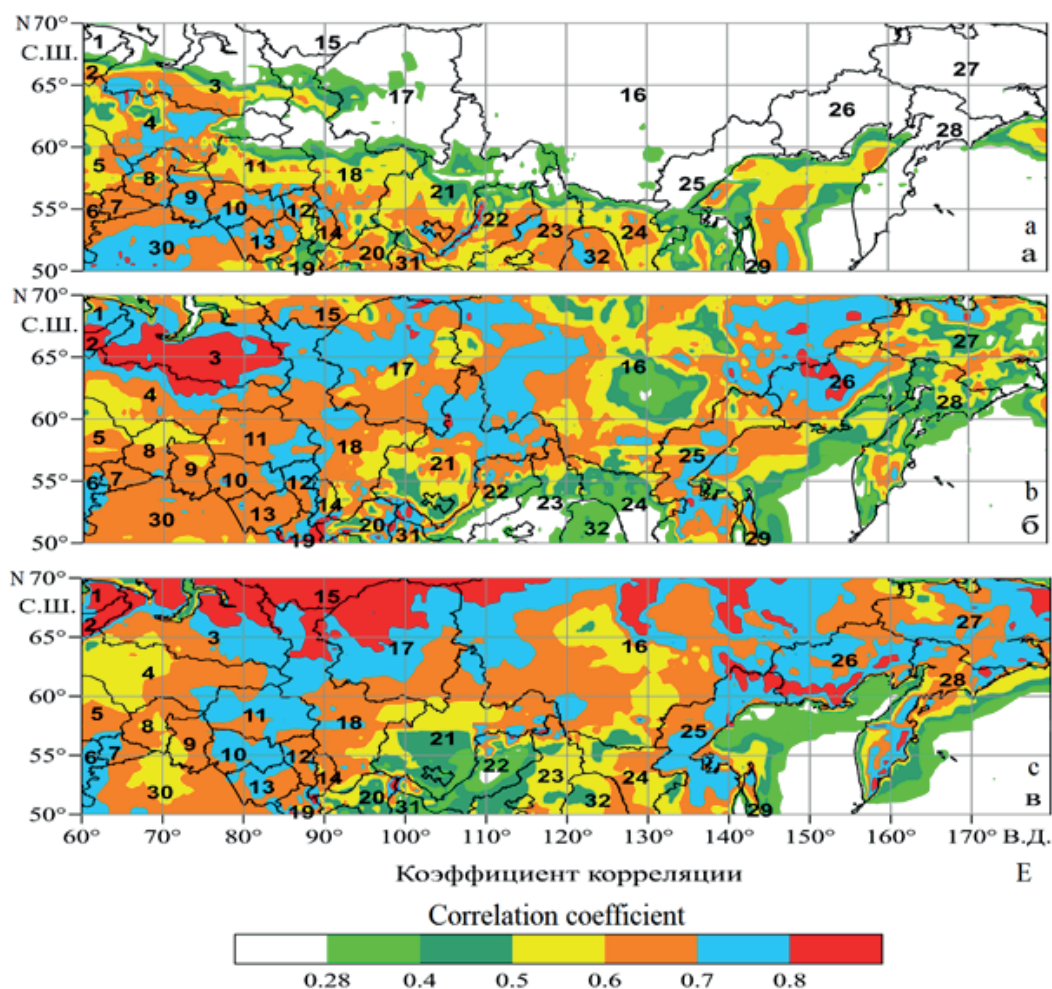


Рис. 6. Участки АТР, где корреляция межгодовых изменений СТВ с синхронными вариациями ПСР за 1976–2023 гг. являлась значимой и положительной для месяцев: а) апрель; б) май; в) июнь

Fig. 6. Regions of the Asian territory of Russia where the correlation of interannual changes in average monthly air temperature of the surface layer of the atmosphere with synchronous variations in average monthly fluxes of total solar radiation for 1976–2023 yrs. was significant and positive for the months: a) April; b) May; c) June

Дискуссия

Из полученных результатов следует, что они в полной мере соответствуют существующим представлениям об изменениях температурного режима различных участков АТР, произошедших за период современного потепления климата [21, 22]. Они также подтверждают справедливость выводов о роли в этих процессах вариаций потоков суммарной солнечной радиации [12, 15], а также о значимых факторах пожароопасности по условиям погоды на АТР [3, 4, 6, 8]. Вместе с тем некоторые установленные

факты обладают существенной научной новизной.

К ним относятся:

- 1) расположение участков АТР, где межгодовые изменения ПСР значимо и положительно коррелированы с синхронными вариациями КЛП на территориях Якутии и других регионов АТР;
- 2) к числу факторов потепления климата АТР для месяцев пожароопасного сезона в период 1976–2023 гг. относилось увеличение средних по этой территории ПСР;
- 3) расположение участков АТР, на которых межгодовые изменения ПСР

для месяцев пожароопасного сезона в тот же период были значимо связаны с синхронными вариациями СТВ, и при этом в обоих процессах присутствовали значимые возрастающие тренды.

Выводы

Таким образом, в статье установлено:

1) значимым фактором межгодовых изменений количества ландшафтных пожаров, возникающих в том или ином месяце пожароопасного сезона на территориях Республики Саха (Якутия), Красноярского края, Иркутской области, Ямало-Ненецкого, Чукотского и Ханты-Мансийского автономных округов в период 1976–2023 гг. являлись синхронные по отношению к ним вариации потоков суммарной солнечной радиации, поступающей на эти территории;

2) причиной этого является наличие значимой положительной корреляции межгодовых вариаций этих потоков с синхронными изменениями среднемесячных температур воздуха в приземном слое атмосферы над такими территориями;

3) при дальнейшем увеличении потоков суммарной солнечной радиации, поступающей на территории рассмотренных регионов азиатской территории России, в указанных регионах вероятно увеличение пожароопасности по условиям погоды, а также количества возникающих ландшафтных пожаров;

4) актуальной проблемой безопасности при чрезвычайных ситуациях является выявление причин увеличения потоков суммарной солнечной радиации, поступающей в месяцы пожароопасного сезона на территории регионов азиатской территории России.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Шубкин Р. Г., Ширинкин П. В. Результаты долгосрочного прогнозирования крупномасштабных лесных пожаров в Байкальском регионе // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2016. № 3. С. 35–38. URL: http://vestnik.sibpsa.ru/wp-content/uploads/2016/v3/N3_9-12.pdf (дата обращения: 25.01.2025).

2. Информационная система дистанционного мониторинга Федерального агентства лесного хозяйства : офиц. сайт. URL: https://pushkino.aviales.ru/main_pages/index.shtml (дата обращения: 25.01.2025).

3. Ландшафтные пожары тайги Центральной Сибири / Э. Н. Валендик [и др.] // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2014. № 3. С. 73–86.

4. Воробьев Ю. Л., Акимов В. А., Соколов Ю. И. Лесные пожары на территории России: состояние и проблемы / под общ. ред. Ю. Л. Воробьева ; МЧС России. М., 2004. 312 с.

5. Коровин Г. Н., Зукерт Н. В. Влияние климатических изменений на лесные пожары в России // Климатические изменения: взгляд из России / под ред. В. И. Данилова-Данильяна. М., 2003. С. 69–98.

6. Нестеров В. Г. Горимость леса и методы ее определения. М., 1949. 76 с.
7. Демаков Ю. М. Влияние факторов среды на рост деревьев в сосняках Республики Марий Эл : монография. Йошкар-Ола, 2023. 480 с.
8. Сверлова Л. И. Метод оценки пожарной опасности в лесах по условиям погоды с учетом поясов атмосферной засушливости и сезонов года. Хабаровск, 2000. 46 с.
9. Дроздова Т. И., Сороковикова Е. В. Анализ лесных пожаров в Иркутской области в 2010–2019 гг. // XXI век. Техносферная безопасность. 2021. № 6 (1). С 29–41.
10. Тарасов Л. В. Ветры и грозы в атмосфере Земли. Долгопрудный, 2011. 286 с.
11. Холопцев А. В. Изменения повторяемости сухих гроз при современном потеплении климата на примере некоторых районов Якутии и Красноярского края // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2024. № 2 (62). С. 82–97.
12. Хргиан А. Х. Физика атмосферы. Л., 1969. 644 с.
13. The Physical Science Basis : Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / T. F. Stocker et al. Cambridge, 2013. 1535 pp. URL: <https://archive.ipcc.ch/report/ar5/wg1/lncs> (date of application: 25.01.2025).
14. Котляков В. М. О причинах и следствиях современных изменений климата // Солнечно-земная физика. 2012. № 21. С. 110–114.
15. Матвеев Л. Т. Основы общей метеорологии. Физика атмосферы. Л., 1984. 751 с.
16. РСБД Актинометрия : база данных // Главная геофизическая обсерватория имени А. И. Воейкова : сайт. URL: <https://clck.ru/3P8cY3> (дата обращения: 12.02.2025).
17. From ERA-Interim to ERA5: the considerable impact of ECMWF's next-generation reanalysis on Lagrangian transport simulations / L. Hoffmann et al. // Atm. Chem. Phys. 2019. № 19. pp. 3097–3124.
18. ERA5 reanalysis of hourly data on pressure levels from 1979 to present : database. URL: <https://cds.climate.copernicus.eu/datasets/reanalysis-era5-pressure-levels> (date of application: 25.01.2025).
19. Федоров В. М. Солярная теория изменений климата // Окружающая среда и энерговедение. 2021. № 2. С. 78–95.
20. Банк данных об изменениях метеоусловий в различных регионах мира : сайт. URL: <https://tutiempo.net/clima> (дата обращения: 25.01.2025).
21. Анисимов О. А., Жильцова Е. Л. Об оценках изменений климата XX и начала XXI веков по данным наблюдений на территории России // Метеорология и гидрология. 2012. № 6. С. 95–107.
22. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. СПб., 2022. 124 с.

REFERENCES

1. 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. pp. 35–38. URL: http://vestnik.sibpsa.ru/wp-content/uploads/2016/v3/N3_9-12.pdf (date of application: 25.01.2025).

2. Information system of remote monitoring of the Federal Forestry Agency : official website. URL: https://pushkino.aviales.ru/main_pages/index.shtml (date of application: 25.01.2025).
3. Landscape fires of the taiga of Central Siberia / E. N. Valendik et al. // Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Geographical series. 2014. № 3. pp. 73–86.
4. Vorobyov Yu. L., Akimov V. A., Sokolov Yu. I. Forest fires in Russia: Status and problems / Under the general editorship of Yu. L. Vorobyov ; EMERCOM of Russia. M., 2004. 312 p.
5. Korovin G. N., Zukert N. V. The impact of climate change on forest fires in Russia // Climate change: a view from Russia / Edited by V. I. Danilov-Danilyan. M., 2003. pp. 69–98.
6. Nesterov V. G. Forest flammability and methods of its determination. M., 1949. 76 p.
7. Demakov Yu. M. Influence of environmental factors on tree growth in pine forests of the Mari El Republic : monograph. Yoshkar-Ola, 2023. 480 p.
8. 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 p.
9. Drozdova T. I., Sorokovikova E. V. Analysis of forest fires in the Irkutsk region in 2010–2019 // XXI century. Technosphere safety. 2021. № 6 (1). pp. 29–41.
10. Tarasov L. V. Winds and thunderstorms in the Earth's atmosphere. Dolgoprudny, 2011. 286 p.
11. Kholoptsev A. V. Changes in the frequency of dry thunderstorms during modern climate warming: the example of some areas of Yakutia and Krasnoyarsk Krai // Bulletin of the Volga State Technological University. Series: Forest. Ecology. Nature management. 2024. № 2 (62). pp. 82–97.
12. Khragian A. Kh. Physics of the atmosphere. Leningrad, 1969. 644 p.
13. The Physical Science Basis : Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / T. F. Stocker et al. Cambridge, 2013. 1535 pp. URL: <https://archive.ipcc.ch/report/ar5/wg1/lncs> (date of application: 25.01.2025).
14. Kotlyakov V. M. On the causes and consequences of modern climate changes // Solar-terrestrial physics. 2012. № 21. pp. 110–114.
15. Matveev L. T. Fundamentals of General Meteorology. Physics of the Atmosphere. Leningrad, 1984. 751 p.
16. RSDB Actinometry : database / The Voeikov Main Geophysical Observatory. URL: <https://clck.ru/3P8cY3> (date of application: 12.02.2025).
17. From ERA-Interim to ERA5: the considerable impact of ECMWF's next-generation reanalysis on Lagrangian transport simulations / L. Hoffmann et al. // Atm. Chem. Phys. 2019. № 19. pp. 3097–3124.
18. ERA5 reanalysis of hourly data on pressure levels from 1979 to present : database. URL: <https://cds.climate.copernicus.eu/datasets/reanalysis-era5-pressure-levels> (date of application: 25.01.2025).
19. Fedoroff V. M. Solar theory of climate change // Environment and Energology. 2021. № 2. pp. 78–95.
20. A database of changes in weather conditions in various regions of the world : website. URL: <https://tutiempo.net/clima> (date of application: 25.01.2025).
21. 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. pp. 95–107.
22. The Third Assessment Report on Climate Change and its Consequences in the Russian Federation. General Summary. St. Petersburg, 2022. 124 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Холопцев Александр Вадимович, д-р геогр. наук, профессор Государственного океанографического института имени Н. Н. Зубова, Севастопольское отделение (299053, Российская Федерация, г. Севастополь, Университетская ул., д. 33); профессор кафедры контрольно-надзорной деятельности Сибирской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России (662972, Российская Федерация, г. Железнодорожск, ул. Северная, д. 1); AuthorID: 467295; ORCID: 0000-0002-9757-5219; e-mail: kholoptsev@mail.ru

Шубкин Роман Геннадьевич, канд. техн. наук, доцент кафедры контрольно-надзорной деятельности Сибирской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России (662972, Российская Федерация, г. Железнодорожск, ул. Северная, д. 1); AuthorID: 159572; Scopus Author ID: 57704690300; ORCID: 0000-0002-7163-8146; e-mail: r.shubkin@yandex.ru

Бабенышев Сергей Валерьевич, канд. физ.-мат. наук, профессор кафедры физики, математики и информационных технологий Сибирской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России (662972, Российская Федерация, г. Железнодорожск, ул. Северная, д. 1); AuthorID 14494; ORCID: 0000-0002-4298-2036; e-mail: sergei.babyonyshev@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Alexander V. Kholoptsev, Dr. Sci. (Geogr.), Professor, Sevastopol Branch of the State Oceanographic Institute named after N. N. Zubov, Sevastopol (33 Universitetskaya str. Sevastopol 299053, Russian Federation); Professor of the Chair of Control and Supervisory Activities, Siberian Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of EMERCOM of Russia (1 Severnaya str., Zheleznogorsk, 662972, Russian Federation); ID RISC: 467295; ORCID: 0000-0002-9757-5219; e-mail: kholoptsev@mail.ru

Roman G. Shubkin, Cand. Sci. (Eng.), Associate Professo of the Chair of Control and Supervisory Activities, Siberian Fire and Rescue Academy of the State Fire and Rescue Service of EMERCOM of Russia (1 Severnaya str., Zheleznogorsk, 662972, Russian Federation); ID RISC: 159572; Scopus Author ID: 57704690300; ORCID: 0000-0002-7163-8146; e-mail: r.shubkin@yandex.ru

Sergey V. Babenyshev, Cand. Sci. (Eng.), Professor of the Chair of Physics, Mathematics and Informational Technologies, Siberian Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of EMERCOM of Russia (1 Severnaya str., Zheleznogorsk, 662972, Russian Federation); ID RISC: 14494; ORCID: 0000-0002-4298-2036; e-mail: sergei.babyonyshev@mail.ru

Поступила в редакцию 04.04.2025
Одобрена после рецензирования 11.06.2025
Принята к публикации 15.09.2025