

Научная статья
УДК 502.45
doi: 10.34987/vestnik.sibpsa.2024.26.50.020

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ МЕСЯЧНЫХ ПОТОКОВ СУММАРНОЙ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ, ПОСТУПАЮЩЕЙ НА АЗИАТСКУЮ ТЕРРИТОРИЮ РОССИИ

*Александр Вадимович Холопцев*¹

*Роман Геннадьевич Шубкин*²

*Сергей Валерьевич Бабенышев*³

Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Железногорск, Россия,

¹<https://orcid.org/0000-0002-9757-5219>

²<https://orcid.org/0000-0002-7163-8146>

³<https://orcid.org/0000-0002-4298-2036>

*Автор ответственный за переписку: Александр Вадимович Холопцев,
79501299229@yandex.ru*

Аннотация. Актуальной проблемой безопасности при чрезвычайных ситуациях является развитие существующих представлений о факторах, значимо влияющих на межгодовые вариации пожароопасности по условиям погоды на различных участках Азиатской территории России. Одним из таких факторов в те или иные месяцы пожароопасного сезона на некоторых участках могут служить изменения месячных потоков поступающей на них суммарной солнечной радиации. На многих участках к числу значимых причин этих изменений относятся вариации оптической плотности, формирующейся над ними облачности, обусловленные динамикой температуры и влажности воздуха соответствующих слоев тропосферы, а также концентраций в них атмосферных ядер конденсации. К весьма активным ядрам конденсации относятся ионы, образующиеся в воздухе в результате входа в атмосферу космических лучей, преодолевших геомагнитное поле. Следовательно, приближение к Азиатской территории России Северного Магнитного полюса способно порождать в изменениях потоков суммарной солнечной радиации, поступающей в рассматриваемые месяцы на некоторые ее участки, те или иные значимые тенденции.

Ключевые слова: Азиатская территория России, пожароопасность по условиям погоды, солнечная радиация, космические лучи, Северный Магнитный полюс, тенденция

Для цитирования: Холопцев А.В., Шубкин Р.Г., Бабенышев С.В. Современные тенденции изменений месячных потоков суммарной солнечной радиации, поступающей на Азиатскую территорию России // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2024. № 4 (35). С. 178-189. <https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2024.26.50.020>

Original article

THE RELEVANCE OF THE APPLICATION OF THE RULES FOR THE INSTALLATION OF ELECTRICAL INSTALLATIONS IN THE ORGANIZATION AND IMPLEMENTATION OF FIRE PREVENTION

*Aleksandr V. Kholoptsev*¹

*Roman G. Shubkin*²

*Sergey V. Babenishev*³

Siberian Fire and Rescue Academy EMERCOM of Russia, Zheleznogorsk, Russia,

¹<https://orcid.org/0000-0002-9757-5219>

²<https://orcid.org/0000-0002-7163-8146>

³<https://orcid.org/0000-0002-4298-2036>

Corresponding author: Aleksandr V. Kholoptsev, 79501299229@yandex.ru

Abstract. The urgent problem of safety in emergency situations is the development of existing ideas about the factors that significantly affect the inter-annual variations of fire danger by weather conditions in different parts of the Asian territory of Russia. One of such factors in certain months of the fire-hazardous season in some areas can be changes in monthly flows of total solar radiation arriving at them. At many sites, the significant causes of these changes include variations in the optical density of clouds formed above them due to the dynamics of air temperature and humidity of the corresponding troposphere layers and concentrations of atmospheric condensation nuclei in them. The very active condensation nuclei include ions formed in the air as a result of the entry into the atmosphere of cosmic rays that have overcome the geomagnetic field. Consequently, the approach of the North Magnetic Pole to the Asian territory of Russia is capable of generating certain significant trends in the changes in the fluxes of total solar radiation arriving in the months under consideration to some of its areas.

Keywords: Asian territory of Russia, fire danger by weather conditions, solar radiation, cosmic rays, the North Magnetic Pole, trend

For citation: Kholoptsev A.V., Shubkin R.G., Babenishev S.V. The relevance of the application of the Rules for the installation of electrical installations in the organization and implementation of fire prevention // Siberian Fire and Rescue Bulletin.2024. № 4 (35). С. 178-189. (In Russ.) <https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2024.26.50.020>

Межгодовые изменения пожароопасности по условиям погоды на территориях многих регионов мира оказывают существенное влияние на динамику рисков, обусловленных возникновением на них ландшафтных пожаров. Поэтому развитие существующих представлений о природных факторах, которые оказывают на них значимое влияние, является актуальной проблемой безопасности при чрезвычайных ситуациях и физической географии.

Наибольший интерес ее решение представляет для России и других стран, на территориях которых в основном сосредоточены лесные ресурсы нашей планеты [1]. В России оно наиболее актуально для ее регионов, расположенных на Азиатской части ее территории (далее АТР), где находится основная часть ее бореальных лесов (тайги) и ежегодно возникают многочисленные ландшафтные пожары [2].

В регионах России, расположенных на АТР, основной причиной этих пожаров является жизнедеятельность ее населения. Несмотря на то, что населенность многих таких регионов не велика, экологические риски, обусловленные ландшафтными пожарами на их территориях, значительно выше, чем в среднем по стране. Причиной этого является огромная площадь пожароопасных ландшафтов и меньшее количество сил и средств, которые могут быть направлены на ликвидацию пожаров. К тому же более половины лесов в таких регионах расположены на ненаселенных территориях (в т.н. зонах контроля), где тушение пожаров не предусмотрено. Вследствие этого до 90% суммарной площади участков территории России, проходимых огнем за год (далее ППО) и более половины общего количества, возникающего здесь ландшафтных пожаров (далее КЛП), приходится на АТР

Наиболее существенно зависят от изменений пожароопасности по условиям погоды вариации КЛП, зависимости которых от времени для АТР в 2000-2020 гг. представляли собой сложные колебания, в которых присутствовали возрастающие тренды.

Выявлению причин возникновения указанных тенденций посвящены работы многих отечественных ученых [3,8], которые отмечают, что в 2000-2020 гг. существенную роль в этом играли природные факторы.

Один из таких факторов повышение на АТР среднемесячных температур воздуха приземного слоя атмосферы (далее СТВ), которое вызывает более интенсивное испарение влаги

из образующегося здесь горючего материала. Наибольшую опасность указанный процесс представляет для месяцев пожароопасного сезона [3,8].

Существенное влияние на темпы повышения СТВ в регионах АТР, наряду с факторами глобального потепления климата, оказывают также иные факторы. Один из них - изменения месячных потоков поступающей на те или иные участки их территорий суммарной солнечной радиации (далее ПСР) – главного источника энергии, поддерживающего на них тот или иной термический режим [13].

Такие изменения, как правило, обусловлены вариациями средней продолжительности светового дня, средней высоты Солнца над горизонтом, а также оптической плотности облачности. Причинами вариаций указанной характеристики облачности могут служить изменения температуры и влажности воздуха соответствующих слоев атмосферы, а также концентраций в них атмосферных ядер конденсации [14].

К числу наиболее активных ядер конденсации относятся присутствующие в воздухе ионы, которые образовались под воздействием вторичных частиц и γ -излучения, которые возникают при входе в атмосферу протонов – основной разновидности частиц космических лучей [15,16]. Поэтому причинами изменений оптической плотности облачности над различными участками АТР могут являться вариации потоков таких протонов, (далее ПКЛ) [17].

Изменения ПКЛ, достигающих магнитосферы Земли, вследствие Форбуш-эффекта, значимо и отрицательно коррелированы с вариациями солнечной активности [16,21]. Зависят они также от состояния геомагнитного поля, преграждающего путь в атмосферу заряженным частицам, с недостаточно большой энергией. Минимальный уровень энергии протонов, позволяющий им входить в атмосферу над той или иной местностью, зависит от ее магнитной широты (φ).

С увеличением магнитной широты этот уровень уменьшается ($\sim \cos^4(\varphi)$). При этом амплитуда межгодовых изменений ПКЛ, соответствующих такому участку, многократно возрастает [22]. Над Магнитными полюсами нашей планеты протоны с любой энергией проникают из космоса в атмосферу беспрепятственно, а амплитуда колебаний ПКЛ в циклах солнечной активности максимальна.

Вторичные частицы и γ - излучение, образовавшиеся под воздействием ПКЛ, не только ионизируют воздух тропосферы, но и нагревают его.

Если этот воздух является достаточно влажным, его ионизация активизирует конденсацию водяного пара, что приводит к увеличению оптической плотности облачности и уменьшению ПСР [17]

Если водяной пар, присутствующий в таком воздухе не насыщен, при его ионизации конденсация не возникает, а его нагревание повышает интенсивность испарения влаги с поверхности содержащихся в нем капель.

В таком воздухе при увеличении ПКЛ оптическая плотность облачности снижается, а ПСР, поступающей на соответствующие территории, возрастает.

Следовательно, чем больше ПКЛ и суммарная энергия протонов, входящих за единицу времени в атмосферу над рассматриваемым участком земной поверхности, тем больше суммарные потоки поступающего на него γ - излучения, и вторичных частиц, тем сильнее их влияние на облачность и ПСР. Поэтому, интенсивность влияния на оптическую плотность облачности изменений ПКЛ, входящих в атмосферу над различными участками АТР, значимо зависят от удаления этих участков от Северного Магнитного полюса (далее Полюс).

Расположение Полюса впервые было определено Джеймсом Россом в 1831 г. В указанное время Полюс находился на мысу Аделаида (полуостров Бутия, Канадский Арктический архипелаг)

В дальнейшем было установлено, что координаты Полюса с течением времени изменяются. Начиная с 1900 года, он ускоренно перемещался в сторону полуострова Таймыр (АТР) и к 2024 г. преодолел уже почти 2400 км.

Если в начале XX века Полюс за год приближался к берегам России на десятки-сотни метров, то в период 2000-2017 гг. его средняя скорость увеличилась до 55 км/год. В период с 2018 по 2024 гг., по оценкам ученых Британской геологической службы (BGS), скорость движения Полюса впервые с начала XX века несколько уменьшилась.

Цель: проверка справедливости выдвинутой гипотезы и определение регионов России, относящихся к АТР, где ПСР для некоторого месяца пожароопасного сезона за период 2000-2024 гг. значимо возрос.

Задачи:

1. Выявление участков АТР, для которых тенденции межгодовых изменений ПСР для месяцев пожароопасного сезона за период 2000-2025 гг. являлись значимыми.

2. Определение участков АТР, на которых тенденции межгодовых изменений СТВ для месяцев пожароопасного сезона за период 2000-2025 гг. являлись значимыми, а их знаки совпадали со знаками тенденций ПСР

При решении указанных задач, как фактический материал об изменениях ПСР и СТВ над АТР использована информация реанализа ERA5 [30], которая получена с применением математических моделей IMERG.

При верификации упомянутых моделей учитывались результаты как наземных, так и спутниковых наблюдений за изменениями потоков солнечной радиацией, которые ассимилировались и обрабатывались с использованием цикла 41r2 Интегрированной системы прогнозирования (IFS).

Реанализ ERA-5 поддерживается Европейским центром среднесрочных прогнозов и производится службой по изменению климата Copernicus. Представленная в нем информация описывает изменения среднечасовых температур воздуха на высоте 2м над пунктами земной поверхности, соответствующими узлам координатной сетки Меркатора с шагом 0,25°, а также часовых потоков суммарной солнечной радиации, поступающие в эти пункты. Она соответствует периоду с 0 часов 1.01.1940 по настоящее время.

При тестировании результатов упомянутого реанализа использованы результаты мониторинга СТВ и ПСР, который в 2000-2023гг. проводился в некоторых пунктах АТР. Упомянутые результаты получены из [База данных РСБД].

Тестирование подтвердило допустимость использования информации из указанного реанализа в качестве фактического материала.

Методика исследования предполагала формирование из результатов реанализа ERA5 временных рядов, состоящих из среднемесячных значений ПСР и СТВ, которые соответствуют каждому месяцу и каждому узлу его координатной сетки, расположенному в пределах территории АТР и акватории прилегающих к ней морей.

По этим рядам оценены тенденции, характерные для их межгодовых изменений за период 2000-2024гг.

Как показатель тенденции каждого изучаемого процесса, рассматривалось значение углового коэффициента линейного тренда соответствующего временного ряда (далее УКЛТ), оцененное за рассматриваемый период времени длиной 25 лет.

Тенденция с достоверностью не ниже 95% признавалась значимой, если выполнялось условие:

$$25*УКЛТ > 1,65*СКО \quad (1)$$

где: СКО – среднеквадратическое отклонение разности членов изучаемого временного ряда и соответствующих по времени значений его линейного тренда, которое полагалось нормальной случайной величиной.

Как следует из изложенного, предположение о нормальности закона распределения разности членов изучаемого временного ряда, а также соответствующих им по времени значений его линейного тренда не проверялось. Поэтому результаты, полученные с применением изложенной методики, следует рассматривать как носящие качественный характер.

С применением указанного фактического материала и изложенной методики, для каждого месяца определены все участки АТР и прилегающих к ним морских акваторий, соответствующие расположенным на них узлам реанализа ERA-5, для которых тенденции изменений ПСР за 2000-2024 гг. были признаны значимыми.

Установлено, что вычисленные по критерию (1) пороговые уровни значимости УКЛТ для различных пунктов изучаемого мега региона и разных месяцев несколько различаются, но в среднем составляют 737,13 (Дж/м²*год). Их значения с вероятностью не выше 0,95 не превосходят 1000 (Дж/м²*год). Поэтому указанное значение выбрано как уровень, превышение которого модулем УКЛТ позволяет соответствующую тенденцию рассматривать как значимую.

Учитывая это, для каждого месяца определены общие количества участков АТР, для которых выявлены значимые тенденции к увеличению ПСР, к их снижению, а также их разность. Значения отношений этих показателей к общему количеству узлов реанализа ERA-5, попадающих в пределы АТР, представлены в Табл.1.

Табл.1. Отношения общих количества участков АТР, для которых выявлены значимые тенденции к увеличению ПСР (А), к их снижению (V), а также их разности (А-V), к общему количеству узлов реанализа ERA-5, находящихся в ее пределах N (N=62749).

Месяц	A/N	V/N	(A-V)/N	Месяц	A/N	V/N	(A-V)/N
Январь	0,018	0,001	0,018	Август	0,410	0,093	0,317
Февраль	0,051	0,005	0,046	Сентябрь	0,358	0,109	0,249
Март	0,117	0,169	-0,051	Октябрь	0,089	0,024	0,065
Апрель	0,269	0,131	0,138	Ноябрь	0,008	0,011	-0,003
Май	0,499	0,124	0,375	Декабрь	0,004	0,001	0,004
Июнь	0,637	0,124	0,513	Год	0,249	0,083	0,165
Июль	0,526	0,211	0,314	-	-	-	-

Как следует из Табл.1, для всех месяцев, кроме марта и ноября, количество участков АТР, для которых ПСР в период 2000-2024 гг. значимо возрастало, превосходит количество ее участков, где ПСР значимо убывало. В среднем за год количества участков АТР, где ПСР возрастало, в 3 раза больше, чем тех участков, где ПСР убывало, что указывает на изменения этих характеристик, как на один из региональных факторов потепления климата.

Значения представленных в Табл.1 показателей превосходят их среднегодовые уровни для месяцев апрель - сентябрь. Поэтому существенный интерес представляет выявление искомым регионов России, относящихся к АТР, именно для этих месяцев.

На Рис.1 показаны расположения участков АТР, для которых в межгодовых изменениях ПСР за указанный период выявлены значимые тренды, соответствующие месяцам апрель –июнь.

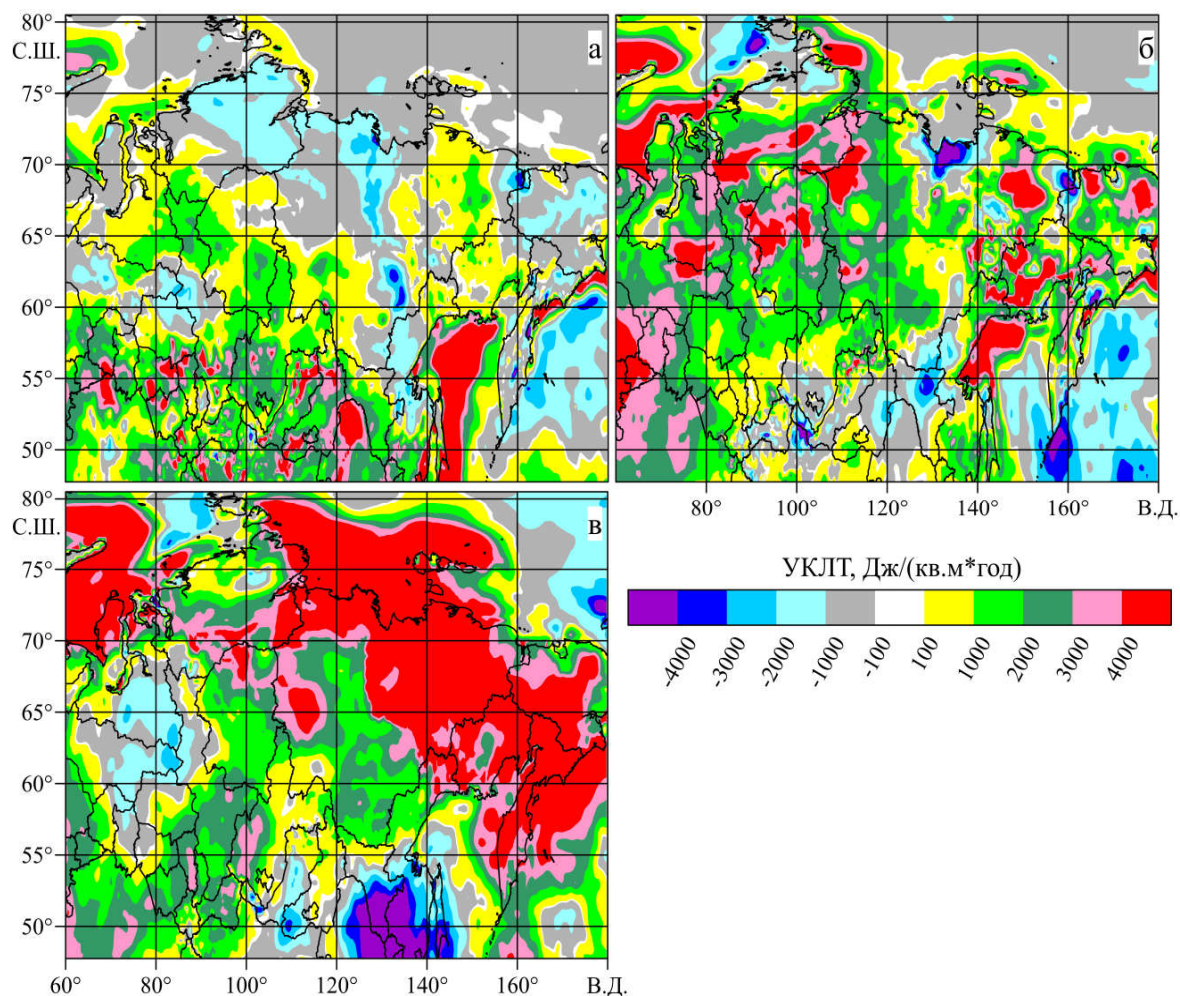


Рис.1. Участки АТР, для которых тенденции к увеличению ПСР в период 2000-2023гг. с достоверностью 95% признаны значимыми для месяцев: а)апрель; б)май; в)июнь

Как видно из Рис.2а, в 2000-2023 гг. на АТР существовали участки, где в межгодовых изменениях ПСР для апреля имели место значимые тенденции, как к их увеличению, так и к их уменьшению.

Значимое снижение ПСР (со средней скоростью более 1000 Дж/(м²*год)) для апреля выявлено для территорий Таймырского (Долгано-Ненецкого) района Красноярского края, районов центральной части Якутии, Комсомольского, Николаевского, имени Полины Осипенко, Солнечного, Тугуро-Чумиканского и Ульчского районов Хабаровского края, а также Ханты-Мансийского и Чукотского Автономного округа.

При таких тенденциях межгодовых изменений ПСР, повторяемость облачности над выявленными территориями увеличивается, средние температуры воздуха, а также пожароопасность по условиям погоды снижаются.

Учитывая состояние снежного покрова перечисленных районов для апреля, фактическое снижение пожароопасности по условиям погоды за 2000-2024гг. произошло лишь на территории Солнечного и Комсомольского района Хабаровского края (на прочих территориях горючий материал в апреле еще покрыт снегом).

Территории, для которых в те же годы ПСР для апреля увеличивались с такой же средней скоростью, обнаружены во всех регионах АТР. При этом их участки, где УКЛТ ПСР превышало 4000 Дж/(м²*год), выявлены в лишь в регионах, расположенных в пределах зоны 53-57°с.ш, где снежный покров в апреле сошел, а горючий материал высох. Вследствие этого на таких

территориях повысились и пожароопасность по условиям погоды. В выявленных районах в 2000-2024 гг. чаще всего происходили и ландшафтные пожары.

Практически для всех морских акваторий у берегов Сибири в изменениях ПСР для апреля значимых тенденций не выявлено.

Рис.2б показывает, что суммарная площадь участков АТР, где за 2000-2024 гг. ПСР для мая значительно снизилась, по сравнению с апрелем, существенно уменьшилась. Такие участки находились лишь на севере полуострова Таймыр, на территориях Якутии, прилегающих к дельтам реки Лена и Колыма, а также в Амурской области и Забайкальском крае.

В тоже время общая площадь территорий и акваторий, где ПСР значительно увеличилась, существенно возросла. Территории, где ПСР увеличилась более чем на 4000 Дж/(м²*год), принадлежат многим районам Якутии, Таймырскому и Эвенкийскому районам Красноярского края, районам Чукотского, Ямало-Ненецкого и Ханты-Мансийского Автономного округа, Магаданской и Курганской области. Из расположения выявленных участков следует, что в мае выявленные тенденции изменений ПСР приводили к повышению горимости участков территорий указанных регионов, расположенных в степи, тундре, лесотундре, а также на степных участках лесостепи (где горючий материал просыхает быстрее). Тем самым подтверждается справедливость выводов [36].

Столь же стремительное увеличение ПСР зафиксировано над Обско-Енисейским и северо-западным районом Карского моря, а также в море Лаптевых, к востоку от пролива Вилькицкого, что привело к повышению темпов таяния в мае их ледяного покрова.

Из Рис.2в следует, что для июня участки, где ПСР за 2000-2024 гг. значительно возросла, занимают практически всю АТР и акватории моря Лаптевых, а также западных районов Карского и Восточносибирского моря. На многих таких участках средняя скорость увеличения ПСР превосходила 4000 Дж/(м²*год), а наибольшее ее значение, превышающее 12000 Дж/(м²*год), зафиксирована на территории Якутии. Следовательно, на некоторых из выявленных участков могли повыситься и темпы увеличения СТВ для июня, а также пожароопасности по условиям погоды.

Справедливость таких выводов подтверждают и результаты мониторинга ландшафтных пожаров на территории некоторых регионов АТР [36], из которых следует, что на июнь приходится пик горимости ее лесов, в которых горючий материал уже достаточно просох.

Значимое снижение ПСР для июня выявлено лишь на территориях Ямало-Ненецкого и Ханты-Мансийского Автономного округа, южных районов республики Бурятия, Амурской области и Забайкальского края, а также на восточных частях акватории Карского и Восточносибирского моря. Максимальная скорость снижения ПСР выявлена на юге территории Амурской области.

На Рис.2 показаны участки АТР, на которых в период 2000-2023гг. выявлены значимые тенденции межгодовых изменений ПСР для месяцев июль - сентябрь.

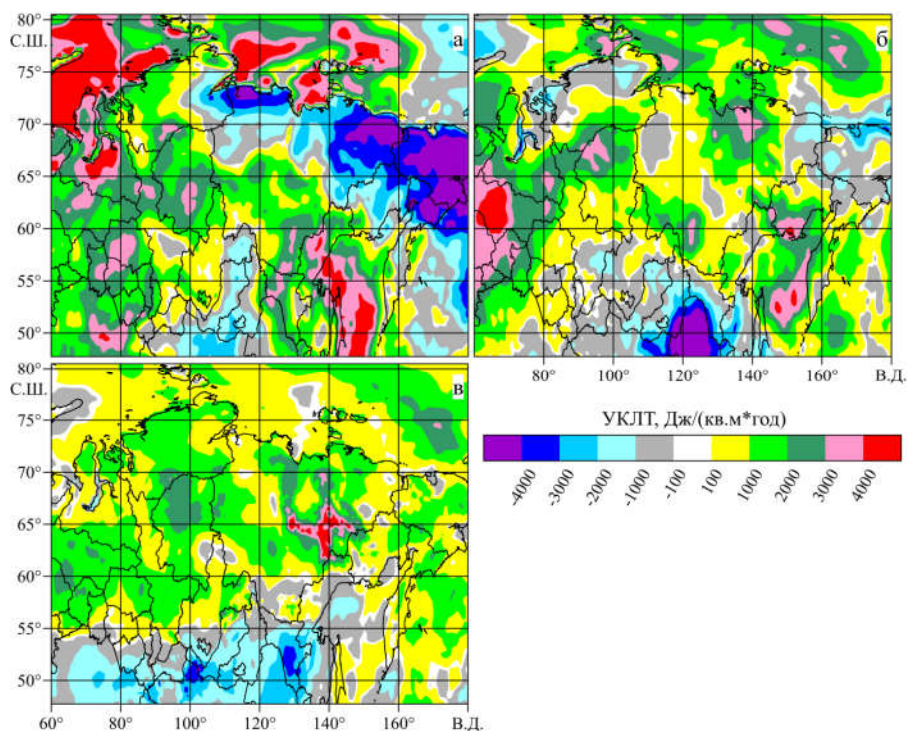


Рис.2. Участки АТР, для которых тенденции к увеличению ПСР в период 2000-2023гг. с достоверностью 95% являлись значимыми для месяцев: а)июль; б)август; в)сентябрь

Как следует из Рис.3а, за период 2000-2024 гг. значимое снижение ПСР для июля зафиксировано на территориях Чукотского Автономного округа, Магаданской области, Камчатского и Хабаровского края, северо-востока Таймырского (Долгано-Ненецкого) района Красноярского края, а также на севере и востоке Якутии.

Значимые тенденции к увеличению ПСР выявлены на территориях многих регионов Сибири. При этом увеличение ПСР со средней скоростью не менее 4000 Дж/(м²*год), произошло на территории Ямало-Ненецкого Автономного округа, Хабаровского края и Сахалинской области, а также на акватории западной части Карского и Восточносибирского моря, западной и южной части моря Лаптевых, а также в Охотском море.

Из рис.3б件но, что для августа характерно значимое снижение ПСР, которая поступает на некоторые участки территории Таймырского (Долгано-Ненецкого), Иланского, Ирбейского и Нижнеингашского района Красноярского края, а также Нижнеколымского района Якутии.

На многих участках АТР выявлено значимое увеличение ПСР, со скоростью не менее 4000 Дж/(м²*год) этот показатель увеличивался лишь на территории Ханты-Мансийского Автономного округа, Свердловской и Магаданской области, а также на двух участках акватории Охотского моря.

Рис.3в свидетельствует о том, что для сентября значимое уменьшение ПСР за 2000-2024гг. выявлено на территориях Алтайского, Хабаровского и Забайкальского края, республик Алтай Тыва и Бурятия, а также Амурской области.

Значимое увеличение ПСР наблюдалось на территориях Красноярского края, республики Саха (Якутия), Ханты-Мансийского, Ямало-Ненецкого и Чукотского Автономного округа, Свердловской, Курганской, Омской, Томской, Кемеровской, Иркутской, Магаданской, Тюменской области. При этом со средней скоростью не менее 4000 Дж/(м²*год) ПСР повышалось лишь на территории некоторых районов (улусов) Якутии.

Из Табл.1, Рис.2 и 3 следует, что для месяцев апрель – сентябрь средний ПСР, поступавшей на АТР за период 2000-2024гг., значимо возрастал именно в тех ее регионах, где чаще происходили ландшафтные пожары.

При решении второй задачи для каждого месяца определены участки АТР, где в межгодовых изменениях СТВ присутствовали те или иные значимые тенденции, а также участки, где знаки этих тенденций и знаки тенденций ПСР между собой совпадали. Установлено, что такие совпадения имели место практически повсеместно и в любые месяцы пожароопасного сезона.

На Рис.4, в качестве примера показаны участки АТР, где тенденции межгодовых изменений ПСР и СТВ совпадали для месяцев апрель – июнь.

Как видно из Рис.4 для всех рассматриваемых месяцев участки, на которых значимые тенденции межгодовых изменений ПСР и СТВ в 2000-2024гг. совпадали, на АТР преобладают. Из этого следует, что выдвинутая гипотеза справедлива, а произошедшее на АТР увеличение среднего ПСР является значимым фактором повышения пожароопасности по условиям погоды.

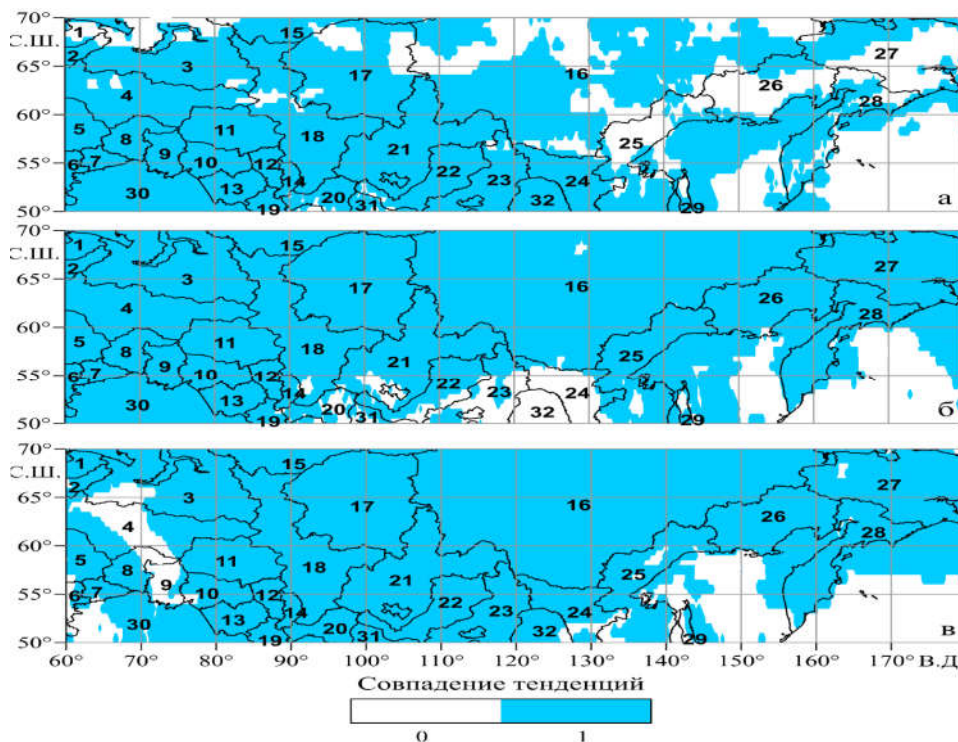


Рис.3. Участки АТР, где в период 2000-2024гг. значимые тенденции межгодовых изменений ПСР и СТВ совпадали для месяцев: а) апрель; б) май; в) июнь

Особенности выявленных изменений распределения УКЛТ ПСР по территории АТР позволяют связывать их с происходившим в те же годы приближением Полюса к территории Таймырского (Долгано-Ненецкого) района Красноярского края.

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

Как следует из полученных результатов, они в полной мере соответствуют представлениям о роли изменений ПСР, поступающей на территории суши, свободные от снежного покрова, в вариациях на них СТВ, а также пожароопасности по условиям погоды. Также они подтверждают справедливость выводов об особенностях изменений ПСР, поступающей на любые участки АТР, которые обусловлены приближением к ним Полюса.

При этом один из выявленных фактов обладает существенной научной новизной. Он состоит в том, что районами АТР, где для месяцев апрель-сентябрь, за период 2000-2024 гг., происходило наиболее существенное и значимое увеличение ПСР, являются те же ее районы, где

в то же время происходило значимое повышение СТВ, а ландшафтные пожары фактически возникали чаще.

Учитывая это, полученные результаты целесообразно учитывать при планировании деятельности подразделений ГПС МЧС России, зоны ответственности которых включают выявленные участки АТР.

Список источников

1. Страхов В.В., Писаренко А.И., Борисов В.А. Леса мира и России // Бюллетень Министерства природных ресурсов РФ «Использование и охрана природных ресурсов России». — М., 2001. — № 9. — С. 49—63.
2. Валендик Э.Н. Ландшафтные пожары тайги Центральной Сибири / Валендик Э.Н. [и др.] // Известия Российской академии наук. Серия географическая. — 2014. — № 3. — С. 73 – 86.
3. Воробьев Ю.Л. Лесные пожары на территории России: Состояние и проблемы / Воробьев Ю.Л., Акимов В.А., Соколов Ю.И.; Под общ. ред. Воробьева Ю.Л.; МЧС России. — М.: ДЭКС-ПРЕСС, 2004. — 312 с. ISBN 5-9517-0008-6.
4. Демаков Ю.М. Влияние факторов среды на рост деревьев в сосняках республики Мари Эл. // Демаков Ю.П. – Электронные данные. – Йош-кар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, -2023. – 480 с. – URL: <https://science.volgatech.net/editorial-publishing-center/izdaniya/monografii/2023/DemakovYuP.pdf>.
5. Зоны контроля лесных пожаров [Электронный ресурс]. URL: https://rosleshoz.gov.ru/activity/forest_security_and_protection/fires/zones (дата обращения 05.09.2024).
6. Информационная система дистанционного мониторинга Федерального агентства лесного хозяйства: официальный сайт. – Москва. URL [Электронный текст]. URL: https://pushkino.aviales.ru/main_pages/index.shtml (дата обращения 05.09.2024).
7. 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.
8. Коровин Г.Н. Влияние климатических изменений на лесные пожары в России / Коровин Г.Н., Зукерт Н.В. // Климатические изменения: взгляд из России / под ред. Данилова-Данильяна В.И. – М.: ТЕИС, 2003. — С. 69 -98.
9. Шешуков М.А., Ковалев А.П., Орлов А.М., Позднякова В.В. Проблемы и перспективы охраны лесов от пожаров // Сибирский лесной журнал. 2020. № 2. С.14–20. URL:<https://doi.org/10.15372/SJFS20200202> (дата обращения 05.09.2024).
10. Шубкин Р.Г. Результаты долгосрочного прогнозирования крупномасштабных лесных пожаров в Байкальском регионе / Шубкин Р.Г., Ширинкин П.В. // Научно-аналитический журнал «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 05.09.2024).
11. Опасные природные явления юга России / под ред. Проф. Л.Н. Карлина-СПб: ИЗД-ВО ВВМ. - 2006. -216с.
12. Climate Change: The Physical Science Basis. (2013) URL: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/lncs>, last accessed 2016/11/21 (дата обращения 05.09.2024).
13. Матвеев Л.Т. Основы общей метеорологии. Физика атмосферы. — 2-е изд. — Л.: Гидрометеоиздат, 1984. — 751 с.
14. Хргиан А.Х. Физика атмосферы. Гидрометеорологическое издательство, Ленинград, 1969 г., 644 стр.
15. Ермаков В.И., Стожков Ю.И. Космические лучи в механизме образования грозовых облаков // Краткие сообщения по физике ФИАН. 2003. - №1. –с.23-35.
16. Стожков Ю.И., Махмутов В.С., Свиржевский Н.С. Исследования комических лучей на баллонах в Физическом институте имени Лебедева П.Н. РАН // Успехи физических наук. - 2022. - Т.192. - №9. – С. 1054-1063.
17. Веретененко С.В. Эффекты Форбуш-понижений галактических космических лучей в вариациях общей облачности / Веретененко С.В., Пудовкин М.И. // Геомагнетизм и аэрномия. – 1996. –т.36. -№1. –С.153-156.

18. Распопов О.М., Веретененко С.В. Солнечная активность и космические лучи: влияние на облачность и процессы в нижней атмосфере (памяти и к 75-летию Пудовкина М.И.) // Геомагнетизм и аэрономия. 2009. Т. 49, № 2. С. 147–155.
19. Erlykin A.D. Cosmic ray effects on cloud cover and their relevance to climate change / Erlykin A.D., Wolfendale A.W. // *J. Atmos. Sol.-Terr. Phys.* – 2011. – v. 77. –С.1681-1686.
20. Marsh N.D. Cosmic rays, clouds and climate/ Marsh N.D., Svenmark H. // *Space Sci. Rev.* -2000. v. 94. –С.215-230.
21. Долгопрудненская научная станция имени Вернова С.Н. Лаборатория физики Солнца и космических лучей. Физический институт имени Лебедева П.Н. РАН. [Электронный ресурс]. URL: https://sites.lebedev.ru/DNS_FIAN (дата обращения 05.09.2024).
22. Голенков А.Е., Охлопков В.П., Свиржевская А.К., Свиржевский Н.С., Стожков Ю.И. Планетарное распределение интенсивности космических лучей по измерениям в стратосфере. Труды ФИАН. М.: Наука, 1980, т. 122, с. 3-14.

References

1. Strakhov V.V., Pisarenko A.I., Borisov V.A. Forests of the World and Russia // *Bulletin of the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation “Use and Protection of Natural Resources of Russia”*. - М., 2001. - № 9. - PP. 49-63.
2. Valendik E.N. Landscape fires of the Central Siberian taiga / Valendik E.N. [et al.] // *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Series geographical.* - 2014. - № 3. - PP. 73 - 86.
3. Vorobyev Y.L. Forest fires on the territory of Russia: Status and problems / Vorobyev Y.L., Akimov V.A., Sokolov Y.I.; Under general ed. by Vorobyev Y.L.; Ministry of Emergency Situations of Russia. - М.: DEX-PRESS, 2004. - 312 с. ISBN 5-9517-0008-6.
4. Demakov Y.M. Influence of environmental factors on tree growth in pine forests of the Republic of Mari El. - Electronic data. - Yosh-kar-Ola: Volga State Technological University, -2023. - 480 PP. - URL: <https://science.volgatech.net/editorial-publishing-center/izdaniya/monografii/2023/DemakovYuP.pdf>.
5. Forest Fire Control Zones [Electronic resource]. URL: https://rosleshoz.gov.ru/activity/forest_security_and_protection/fires/zones (date of access 05.09.2024).
6. Remote monitoring information system of the Federal Forestry Agency: official website. – Moscow. URL [Electronic text]. URL: https://pushkino.aviales.ru/main_pages/index.shtml (date of access 05.09.2024).
7. Drozdova T.I., Sorokovikova E.V. Analysis of forest fires in the Irkutsk region in 2010-2019 // XXI century. Technospheric safety. -2021. №6(1). - PP.29-41.
8. Korovin G.N. Impact of climate change on forest fires in Russia / Korovin G.N., Zukert N.V. // *Climatic changes: a view from Russia* / ed. by Danilov-Danilyan V.I. - М.: TEIS, 2003. - PP. 69 -98.
9. Sheshukov M.A., Kovalev A.P., Orlov A.M., Pozdnyakova V.V. Problems and prospects of forest fire protection // *Siberian Forestry Journal*. 2020. №. 2. pp. 14–20. URL: <https://doi.org/10.15372/SJFS20200202> (accessed 05.09.2024).
10. Shubkin R.G. Results of long-term forecasting of large-scale forest fires in the Baikal region / Shubkin R.G., Shirinkin P.V. // *Scientific and analytical journal "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 access 05.09.2024).
11. Dangerous natural phenomena of the south of Russia / edited by Prof. L.N. Karlin-SP. L.N. Karlin-SPb: IzD-VO VVM. - 2006. - 216 PP.
12. Climate Change: The Physical Science Basis. (2013) URL: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/lncs>, last accessed 2016/11/21 (accessed 05.09.2024).
13. Matveev L.T. Fundamentals of general meteorology. Atmospheric Physics. - 2nd ed. - L.: Gidrometeoizdat, 1984. - 751 PP.
14. Hrgian A.H. Physics of the Atmosphere. Hydrometeorological Publishing House, Leningrad, 1969, 644 pp.
15. Ermakov V.I., Stozhkov Yu.I. Cosmic rays in the mechanism of formation of thunderstorm clouds // *Short messages on physics FIAN*. 2003. - №1. -PP.23-35.

16. Stozhkov Yu.I., Makhmutov V.S., Svirzhevsky N.S. Studies of comic rays on balloons at the Lebedev P.N. Physical Institute of the Russian Academy of Sciences // *Uspekhi physicheskikh nauki*. -2022. - Т.192. - №9. - PP. 1054-1063.
17. Veretenenko S.V. Forbush-decay effects of galactic cosmic rays in variations of the general cloudiness / Veretenenko S.V., Pudovkin M.I. // *Geomagnetism and Aeronomy*. - 1996. -т.36. -№1. - PP.153-156.
18. Raspopov O.M., Veretenenko S.V. Solar activity and cosmic rays: influence on cloudiness and processes in the lower atmosphere (in memory and on the 75th anniversary of M. I. Pudovkin) // *Geomagnetism and Aeronomy*. 2009. Т. 49, № 2. PP. 147-155.
19. Erlykin A.D. Cosmic ray effects on cloud cover and their relevance to climate change / Erlykin A.D., Wolfendale A.W. // *J. Atmos. Atmos. Sol.-Terr. Phys.* - 2011. - v. 77. -PP.1681-1686.
20. Marsh N.D. Cosmic rays, clouds and climate/ Marsh N.D., Svenmark H. // *Space Sci. Rev.* -2000. v. 94. -PP. 215-230.
21. Dolgoprudny Scientific Station named after Vernov S.N. Laboratory of Physics of the Sun and Cosmic Rays. Lebedev Physical Institute of the Russian Academy of Sciences. [Electronic resource]. URL: https://sites.lebedev.ru/DNS_FIAN (date of access 05.09.2024).
22. Golenkov A.E., Okhlopov V.P., Svirzhevskaya A.K., Svirzhevsky N.S., Stozhkov Y.I. Planetary distribution of cosmic ray intensity from measurements in the stratosphere. *Proceedings of FIAN*. Moscow: Nauka, 1980, vol. 122, pp. 3-14.

Информация об авторах

А.В. Холопцев - доктор географических наук, профессор

Р.Г. Шубкин – кандидат технических наук, доцент

С.В. Бабеньшев – кандидат физико-математических наук, доцент

Information about the author

A.V. Kholoptsev – Grand PhD in Geography, professor

R.G. Shubkin – PhD in Technical Sciences, Associate Professor

S.V. Babenishev – PhD in Physics and Mathematics, Associate Professor

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 18.11.2024, одобрена после рецензирования 02.12.2024, принята к публикации 04.12.2024.

The article was submitted 18.11.2024, approved after reviewing 02.12.2024, accepted for publication 04.12.2024.