

— КЛИМАТОЛОГИЯ —

УДК 634.043

DOI 10.25587/SVFU.2021.24.4.018

О.А. Поморцев¹, А.А. Поморцева², О.Г. Третьякова¹, М.И. Карпова¹, В.Ф. Попов¹, В.В. Лунецкайте¹

¹ СВФУ им. М.К. Аммосова, г. Якутск, Россия

² Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Россия

ЛЕСНЫЕ ПОЖАРЫ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ В УСЛОВИЯХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ

Аннотация. На примере бореальных лесов Центральной Якутии рассматривается проблема лесных пожаров, особенно ярко обозначившаяся в текущем 2021 году и вылившаяся многомиллиардным ущербом не только для народного хозяйства Республики Саха (Якутия), но и России в целом. При этом существует глубокая генетическая связь в эволюции лесных экосистем и лесных пожаров. В ее основе лежит зависимость устойчивости функционирования экосистем от скорости биогеохимического круговорота, модулируемого лесными пожарами. В то же время, если еще в не столь отдаленном прошлом воздействие лесных пожаров распространялось главным образом на малонаселенную и малообжитую территорию Якутии, то теперь они угрожают густонаселенным районам с развитой инфраструктурой, включая селитебные зоны городов, поселков и многочисленных сельских поселений, а также участки горнопромышленного и сельскохозяйственного освоения. При этом лесные пожары типичны не только для лесов Якутии, но и всего пояса бореальной тайги Северного полушария. Мониторинг лесных пожаров является ключевым звеном в исследовании причин и закономерностей их возникновения и распространения. Наряду с наземными пунктами наблюдений, маршрутным и авиационным патрулированием лесов, современный мониторинг лесных пожаров поддерживается дистанционным зондированием таежных экосистем спутниковыми программами EOS, имеющими в составе бортового оборудования ИСЗ спектрорадиометр MODIS обеспечивающий высокую степень разрешения космических съемок. Эти материалы позволяют в режиме реального времени оценивать не только количество очагов возгораний и площади, пройденные огнем, но и риски лесных пожаров на всей зондируемой территориях. В качестве главной причины пожаров рассматривается глобальное потепление климата и модуляции аномалий климата циклами солнечной

ПОМОРЦЕВ Олег Александрович – к.г.н., доцент Геологоразведочного факультета СВФУ им. М.К. Аммосова. E-mail: olegpomortsev@mail.ru

POMORTSEV Oleg Aleksandrovich – Candidate of Geographic Sciences, Associate Professor, Faculty of Geology and Survey, M.K. Ammosov North-Eastern Federal University. E-mail: olegpomortsev@mail.ru

ПОМОРЦЕВА Анастасия Александровна – аспирантка Санкт-Петербургского горного университета. E-mail: a.a.pomortseva@mail.ru

POMORTSEVA Anastasia Aleksandrovna – postgraduate student, St. Petersburg Mining University. E-mail: a.a.pomortseva@mail.ru

ТРЕТЬЯКОВА Ольга Геннадьевна – ст. преп. Геологоразведочного факультета СВФУ им. М.К. Аммосова. E-mail: devolya@rambler.ru

TRETYAKOVA Olga Gennadievna – Senior Lecturer, Faculty of Geology and Survey, M.K. Ammosov North-Eastern Federal University. E-mail: devolya@rambler.ru

КАРПОВА Мария Ивановна – ст. преп. Геологоразведочного факультета СВФУ им. М.К. Аммосова. E-mail: karpova-grf@mail.ru

KARPOVA Maria Ivanovna – Senior Lecturer, Faculty of Geology and Survey, M.K. Ammosov North-Eastern Federal University. E-mail: karpova-grf@mail.ru

ПОПОВ Владимир Федорович – доцент Геологоразведочного факультета СВФУ им. М.К. Аммосова. E-mail: pvf_grf@rambler.ru

POPOV Vladimir Fedorovich – Associate Professor, Faculty of Geology and Survey, M.K. Ammosov North-Eastern Federal University. E-mail: pvf_grf@rambler.ru

ЛУНЕЦКАЙТЕ Виктория Вячеславовна – студентка Геологоразведочного факультета СВФУ им. М.К. Аммосова. E-mail: mymorld2234@gmail.com

LUNETSKAYTE Victoria Vyacheslavovna – student, Faculty of Geology and Survey, M.K. Ammosov North-Eastern Federal University. E-mail: mymorld2234@gmail.com

активности. Приводятся материалы по ритмике тепло и влагообеспеченности климата Якутии, обуславливающей цикличность сухих интервалов и как следствие периодичности усиления динамики лесных пожаров. Обосновывается гелиогеофизическая основа для разработки долгосрочного прогноза природно-климатических аномалий и пожарной опасности в лесах Центральной Якутии.

Ключевые слова: лесные пожары, дистанционное зондирование, прогноз, увлажненность климата, засухи, бореальные леса, солнечная активность, 11-летний цикл Швабе-Вольфа, 22-летний цикл Хэла, глобальное потепление.

O.A. Pomortsev¹, A.A. Pomortseva², O.G. Tretiakova¹, M.I. Karpova¹, V.F. Popov¹, V.V. Luneckaite¹

¹ M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia

² Sankt-Petersburg Mining University, Sankt-Petersburg, Russia

FOREST FIRES IN CENTRAL YAKUTIA UNDER CLIMATE CHANGE CONDITIONS

Abstract. Using the boreal forests of Central Yakutia as an example, the authors examine the problem of forest fires, which became especially vivid in the current year of 2021 and resulted in multibillion-dollar damage not only to the national economy of the Republic of Sakha (Yakutia), but also to Russia as a whole. At the same time, there is a deep genetic connection in the evolution of forest ecosystems and forest fires. It is based on the dependence of the stability of ecosystem functioning on the rate of biogeochemical circulation, modulated by forest fires. Monitoring forest fires is a key link in the study of the causes and patterns of their occurrence and spread. Along with ground observation posts, route and air patrols of forests, modern monitoring of forest fires is supported by remote sensing of taiga ecosystems by EOS satellite programs, which have a MODIS spectroradiometer as part of the onboard equipment of the satellite, which provides a high degree of resolution of space imagery. Global warming of the climate and modulation of climate anomalies by cycles of solar activity are considered as the main cause of fires. The materials on the rhythm of heat and moisture supply of the climate of Yakutia are given, which determine the cyclicity of dry intervals and, therefore, the frequency of intensification of the dynamics of forest fires. The geo-geophysical basis for the development of a long-term forecast of natural and climatic anomalies and fire hazard in the forests of Central Yakutia is substantiated.

Keywords: forest fires, remote sensing, forecast, humid climate, droughts, boreal forests, solar Activity, 11-year Schwabe-Wolf cycle, Hal's 22-year cycle, global warming.

Введение

Климат и его изменения породили на сегодня уже много проблем, нашедших свое отражение в жизни современной цивилизации и повлекших колоссальный ущерб, исчисляемый многими миллиардами долларов. К одной из таких проблем вне сомнения можно отнести рост количества и площади лесных пожаров на территории республики Саха (Якутия). Если в первые годы текущего века в Якутии полыхало до 500000 га и более лесов, то в пожароопасный сезон 2021 года эта цифра многократно выросла. Возникает вопрос – существует ли надежда на снижение динамики лесных пожаров или наоборот нас ждут еще более значительные потери лесного фонда?

Цель исследования: поиск временных (циклических) закономерностей в динамике климата и лесных пожаров Центральной Якутии как основы для обоснования и разработки критериев долгосрочного прогноза.

Задачи: оценить возможности методов дистанционного зондирования лесных пожаров и шкал пожарной опасности в приложении к решаемой проблеме; выполнить математическое моделирование рядов метеорологической и пирологической информации по Центральной Якутии и разработать шкалы аномалий процессов; привязать метеорологическую и пирологическую шкалы к шкале солнечной активности (СА) и разработать основы долгосрочного гелиогеофизического прогноза.

Материалы и методы исследования

В качестве исходных приняты ряды метеорологических наблюдений за среднегодовой температурой приземного воздуха и атмосферными осадками по данным ФГБУ "Якутское УГМС" Якутск. Они берут начало с мая 1829 г. Однако наличие значительных перерывов в 1850-х – 1870-х годах ограничило начало непрерывного ряда 1882 годом (138 лет). Наши исследования Сибирского

антициклона и современного потепления показали, что ряды наблюдений ГМС Якутск являются высоко репрезентативными не только для большей части Среднесибирского плоскогорья и Центральноякутской низменности, но и всей континентальной части Северного полушария [2].

Материалы по статистике числа возгораний лесов и площади пройденной огнем в Центральной Якутии были получены из архива ГБУ Республики Саха (Якутия) «Якутской базы авиационной охраны лесов». Космические снимки мониторинга лесных пожаров Якутии были предоставлены Л.А. Ведешиним (Президиум РАН). В качестве показателя СА использовался Цюрихский ряд чисел Вольфа продолжительностью около 300 лет.

Методы исследования: сравнительно географический и математического моделирования. В качестве методологической основы была принята теория ритмов в природе Е.В. Максимова [1].

Результаты и их обсуждение

К настоящему времени современные технологии сбора и обработки данных по горимости лесов, о грозных разрядах и гидрометеорологической информации позволили разработать действующую геоинформационную систему мониторинга лесных пожаров Министерства природных ресурсов (ИСДМ МПР РФ). Эта система позволяет решать целый спектр задач:

- получение информации для оценки синоптической обстановки;
- регистрация зон с подозрениями на лесные пожары на охраняемых территориях;
- обнаружение пожаров и контроль динамики пожаров на неохраняемых территориях;
- оценка площадей, пройденных огнем.

Указанный мониторинг отличают высокая оперативность и тематическая адаптированность информации для подразделений Авиалесоохраны на выходе (рис. 1).

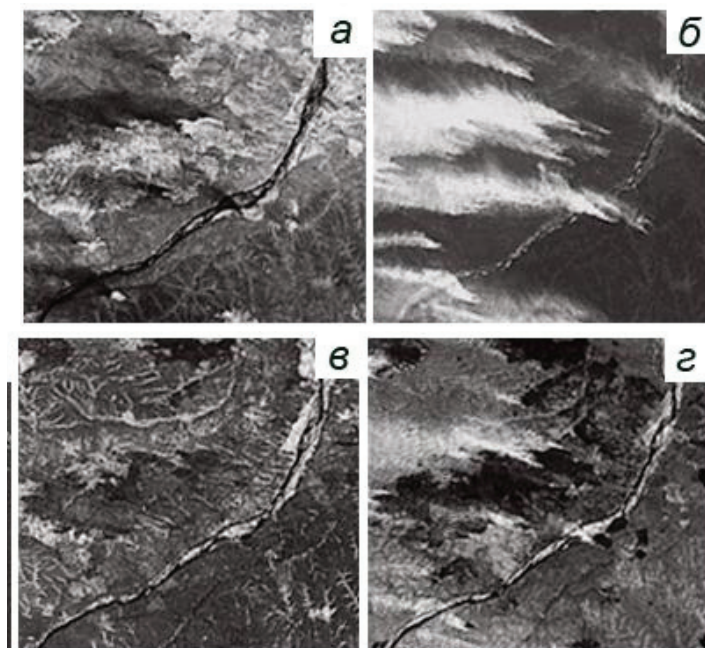


Рисунок 1 – Фрагменты космической съемки таежных экосистем Центральной Якутии сканером ИСЗ Landsat 7

На снимках сканера Landsat 7 (рис. 1) теплового канала с двумя коэффициентами усиления (а) отлично видны очаги возгорания; синтезированное изображение 1 – 5 и 7 30 метровых каналов (б). Постпожарная ситуация – гари хорошо дешифрируются в 4 (в) и 5 (г) каналах. Это открывает возможность оперативной ликвидации пожара на малой площади, особенно в условиях высокой пожарной опасности, что обеспечивается высокой скоростью обнаружения и проведения «первоначальной атаки». С этой же целью ведутся разработки местных шкал пожарной опасности по метеорологическим комплексным показателям погоды, выражающим связь горимости лесов с засухами (показатель Нестерова). Еще одно направление исследова-

ний – местные шкалы по типам леса, усиливающее разрешающую способность исследований поскольку при одинаковой погоде опасность возникновения пожара в различных типах лесов проявляется по-разному. По Якутии (юго-западная часть) такие исследования проводились А.П. Яковлевым [5]. В Центральной Якутии в основном изучались лишь постпожарные преобразования (трансформации) экосистем, что осложнило решение проблемы по разработке основ долгосрочного прогноза пожарной опасности. Именно поэтому для решения этой важной задачи мы обратились к фактору солнечной активности цикличность которого задает тон многим природным процессам и прежде всего флуктуациям климата, определяющим уровень пожарной опасности в таежных экосистемах.

Вычисление линейных трендов в рядах гидрометеорологии (среднегодовые температуры и атмосферные осадки) станции Якутск и чисел Вольфа за прошедшее столетие показали близкие значения их показателей. Это свидетельствует о единых тенденциях в активности Солнца и динамике тропосферно-климатических процессов в Якутии. Кроме того моделирование рядов тех же метеорологических элементов методами Фурье- и Вейвлет анализа свидетельствует о присутствии в их структуре осцилляций, близких к известным периодичностям солнечной ритмики – 11-летней (Швабе-Вольфа), 22-летней (Хэла), 35-40-летней (Брикнера) и др. [3, 4]. Совпадения линейных трендов температуры, атмосферных осадков и чисел Вольфа, пусть и косвенно, может говорить в пользу влияния режима СА на глобальный климат, в том числе и на процесс современного потепления. Кроме того, все крупные аномалии потеплений и похолоданий климата за последнюю сотню лет, как и режим циркуляции глобальной атмосферы, хорошо согласуются с аномалиями векового цикла СА. Так, первая волна потепления, получившая название «Потепление Арктики 1930-х гг.» развивалась при усилении динамики воздушных течений западного переноса последовавшей вслед за минимумом векового цикла СА на ветви его подъема. Для второй волны, проявившейся от 1970-х гг. и по настоящее время характерно усиление меридионального типа циркуляции, проявившегося на ветви спада векового цикла и кульминировавший на минимуме уже нового цикла XXI века. Похолодание 1950-1960-х гг. проявилось на максимуме векового цикла (1957 г.) и ослабления глобальной циркуляции при ее переходе от зонального типа к меридиональному (рис. 2).

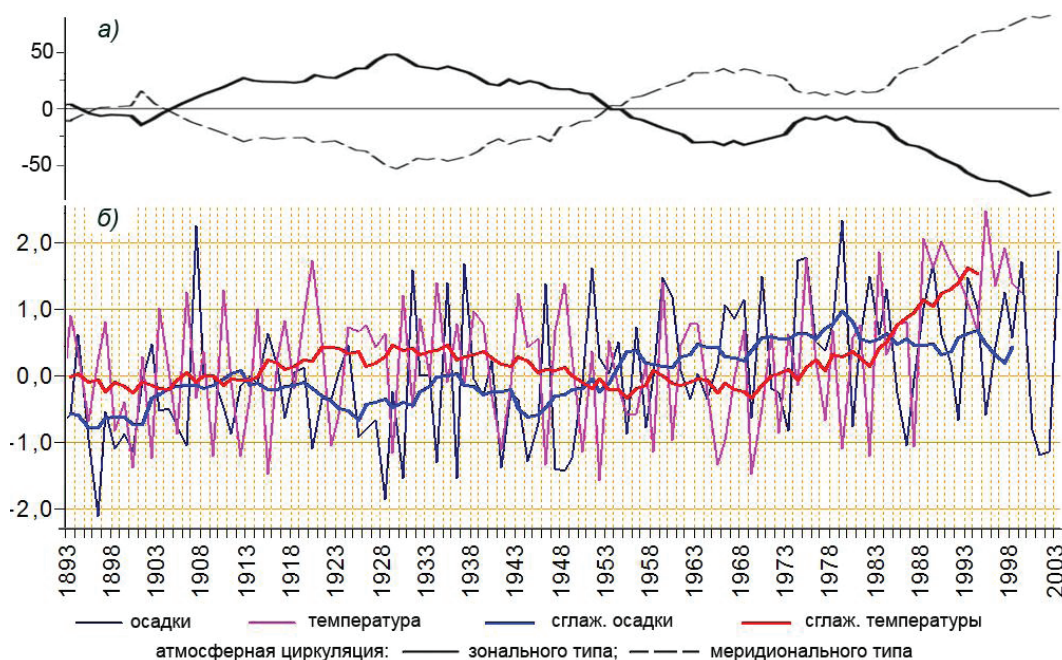


Рисунок 2 – Диаграмма атмосферной циркуляции (а) и нормированные графики среднегодовой температуры приземного воздуха и атмосферных осадков с 11-летними скользящими по данным метеостанции Якутск (б)

Таким образом, как и по ходу 11-летних циклов СА аномалии климата по ходу векового цикла тяготели к экстремумам цикла, развиваясь на ветвях подъема и спада вслед за минимумами и максимумами. При этом, судя по графику (см. рис. 2) ходы кривой температуры опережали ходы кривой атмосферных осадков на четверть ритмической волны создавая предпосылки для реализации следующих климатических интервалов: холодного и сухого (ХС); теплого и сухого (ТС); холодного и влажного (ХВ); теплого и влажного (ТВ). Из модели (см. рис. 2) видно, что по мере приближения к современности набирает силу следующий теперь уже теплый и сухой климатический интервал. В экосистемах Якутии впервые он проявился глубокой засухой породившей небывалые по масштабам лесными пожарами в самом конце XX и начале XXI столетия. Нечто подобное произошло и в текущем 2021 г.

На рис. 3 показана кривая СА в числах Вольфа с наложением на нее частотного графика возгораний лесов и площадей, пройденных огнем в Центральной Якутии за более чем 40-летний период с охватом 4-х 11-летних циклов СА.

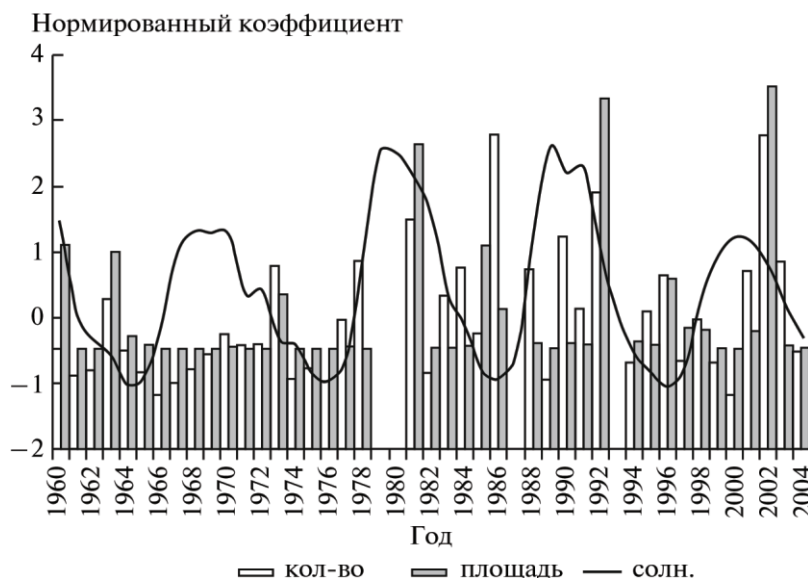


Рисунок 3 – Диаграмма: числа Вольфа по Цюриху и количество возгораний и площадей, пройденных огнем в лесах Центральной Якутии, по архивным данным ГБУ «Авиалесоохраны» (данные нормированы)

Из диаграммы отчетливо видно, что всплески активизации лесных пожаров проявляются дважды в каждом 11-летнем цикле – на ветви подъема и спада следуя непосредственно за переломными моментами - максимумами и минимумами.

Заключение

Чего же нам ожидать от лесных пожаров в не столь отдаленном и более отдаленном будущем?

Согласно существующим тенденциям климата развивающегося под действием сухой и теплой фазы многовекового (1850-летнего) ритма А.В. Шнитникова и современного векового, риски активизации лесных пожаров остаются достаточно высокими особенно на ветвях подъема и спада циклов в непосредственной близости от их аномалий или реперных фаз (максимумов и минимумов). Мощные засухи модулирующие лесные пожары следует ожидать как в самые ближайшие годы, так и в начале 2040-х и 2070-х гг. Детализация прогноза возможна при накоплении более значительного объема пирологической информации по лесам Центральной Якутии, в том числе и материалов дистанционного зондирования обстановок пожароопасных сезонов с использованием сканеров ИСЗ.

Литература

1. Максимов Е.В. Ритмы на Земле и в Космосе. – Тюмень: Мандер и Ка, 2005. – 312 с.
2. Поморцев О.А. Биоклиматическая хронология голоцена: реконструкция и прогноз / О.А. Поморцев, Е.П. Кашкаров, Н.В. Ловелиус // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. – 2015. – № 3 (47). – С. 100-115.
3. Pomortseva A.A., Pomortsev O.A., Popov V.F., Trofimtsev Y.I. The Influence of Solar Activity Rhythms on Precipitation Cycles during Climate Change in Central Yakutia // International science and technology conference "Earth science" IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. – 2021. – P. 012018.
4. Trofimtsev Y.I., Pomortsev O.A., Popov V.F., Pomortseva A.A. Numerical modeling of harmonics in meteorological time series // AIP Conference Proceedings. – 2017. – P. 030025.
5. Яковлев В.П. Пожароопасность сосновых и лиственничных лесов // Лесные пожары в Якутии и их влияние на природу леса. – Новосибирск: Наука, 1979. – С. 195-212.

References

1. Maksimov E.V. Ritmy na Zemle i v Kosmose. – Tjumen': Mander i Ka, 2005. – 312 s.
2. Pomorcev O.A. Bioklimaticheskaja hronologija golocena: rekonstrukcija i prognoz / O.A. Pomorcev, E.P. Kashkarov, N.V. Lovelius // Vestnik Severo-Vostochnogo federal'nogo universiteta im. M.K. Ammosova. – 2015. – №3 (47). – S. 100-115.
3. Pomortseva A.A., Pomortsev O.A., Popov V.F., Trofimtsev Y.I. The Influence of Solar Activity Rhythms on Precipitation Cycles during Climate Change in Central Yakutia // International science and technology conference "Earth science" IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. – 2021. – P. 012018.
4. Trofimtsev Y.I., Pomortsev O.A., Popov V.F., Pomortseva A.A. Numerical modeling of harmonics in meteorological time series // AIP Conference Proceedings. – 2017. – P. 030025.
5. Jakovlev V.P. Pozharoopasnost' sosnovyh i list vennichnyh lesov // Lesnye pozhary v Jakutii i ih vlijanie na prirodu lesa. – Novosibirsk: Nauka, 1979. – S. 195-212.