

В.С. Соловьев, В.И. Козлов

Исследование пространственно-временной динамики лесных пожаров и облачности в Северо-Азиатском регионе по данным спутников NOAA

Институт космических исследований и аэронавтики СО РАН, г. Якутск

Поступила в редакцию 12.11.2004 г.

Картина пространственно-временной динамики лесных пожаров и облачного покрова в Северо-Азиатском регионе, помимо локальных факторов, в определенной степени обусловлена солнечно-земными связями.

По данным радиометра AVHRR/NOAA проанализирована пространственно-временная динамика лесных пожаров и облачного покрова за последние пять лет в широтном диапазоне 40–74° с.ш. Показано, что лесные пожары наблюдаются с мая по сентябрь в основном в течение трех летних месяцев с максимумом активности, приходящимся на вторую половину лета. На фазе максимума 11-летнего цикла солнечной активности наблюдается тенденция смещения лесных пожаров к северу. В рамках сезонного хода в течение мая – августа наблюдается уменьшение облачного покрова, а с августа по сентябрь – увеличение. В рассмотренный период наблюдалось смещение облачности с севера и юга к зоне 56–66° с.ш., что может быть объяснено широтным смещением траекторий атлантических циклонов, определяющих погоду от Европы до 140-го меридиана в Северной Азии, на фазе максимума солнечной активности.

Введение

На территории России ежегодно лесными пожарами уничтожаются огромные площади лесных массивов. При этом наносится урон экономике, уничтожается деловая древесина, происходит нарушение лесных экосистем. В результате лесных пожаров в атмосферу выбрасывается огромное количество продуктов горения – аэрозольных частиц и «парниковых» газов. В основном степень пожароопасности лесов зависит от количества атмосферных осадков (влажности), температуры и грозовой активности, косвенным показателем которой может служить облачность. С появлением спутниковых систем наблюдения появилась возможность вести мониторинг облачного покрова и лесных пожаров на всей территории наблюдения, а не в отдельных пунктах.

Атмосферные осадки на севере Азиатского континента, в целом, определяются переносом влаги циклонами с Северной Атлантики и морей Северного Ледовитого океана. Влагосодержание проникающих в бассейн р. Лены циклонов значительно понижается при прохождении Средне-Сибирского плато, определяющего орографию междуречья Енисея и Лены. Общий тренд в многолетнем ходе годовых сумм осадков за последние 50 лет, как показывают данные, любезно предоставленные Якутской базой авиационной охраны лесов, имеет отрицательный характер.

Известно, что изменения циркуляции атмосферы, исследованные на протяжении нескольких веков,

связаны с уровнем солнечной активности [1]. Вариации циркуляции наблюдаются как в ходе 11-летнего цикла солнечной активности, так и в более короткие временные периоды. Многие авторы отмечают изменение приземного атмосферного давления и высоты геопотенциальных поверхностей после геомагнитных возмущений или солнечных вспышек, сопровождающихся всплесками солнечных космических лучей (СКЛ) [1]. Это показывают и наблюдения за изменением облачного покрова и числа грозových разрядов в период Форбуш-понижений интенсивности галактических космических лучей и всплесков СКЛ [2].

Исторические данные [3] свидетельствуют о том, что в эпохи повышенной солнечной активности давление в области затропического максимума повышается, а в высоких широтах – падает, что приводит к смещению траекторий циклонов к полюсу. В работе [4] приведены результаты, подтверждающие зависимость путей циклонов в северо-восточной Атлантике и Европе от фазы солнечного цикла. В эпоху солнечного максимума «северный» путь атлантических циклонов сдвигается к югу, в то время как «южный» путь сдвигается к северу, причем амплитуда вариаций составляет примерно 10° широты.

Автор работы [3] приводит доказательства того, что основные особенности структуры атмосферной циркуляции в Северной Азии до 140° в.д. (устойчивые области пониженного давления и антициклоны) также смещаются к северу в период повышенной солнечной активности, а в эпоху слабой актив-

ности Солнца имеют более южное расположение. Широтная зависимость вариаций суммарной радиации, т.е. облачности, в 11-летнем цикле солнечной активности в работе [5] объясняется широтным смещением траекторий атмосферных циклонов.

Целью данной работы было исследование картины распределения и динамики облачного покрова и лесных пожаров в течение периода май–сентябрь, изменений от года к году и по выбранным широтным зонам.

Методика

С 1995 г. в ИКФИА СО РАН на базе отечественной приемной станции СКАНОР ведутся работы по тематике ДЗЗ. По данным сканирующего радиометра AVHRR/NOAA [6] организована система оперативного мониторинга паводковой и лесопожарной обстановки, облачности, зон техногенного загрязнения и т.д. [7–9].

Для исследования картины распределения и динамики лесных пожаров территория Якутии была разделена на три широтные зоны: «южную» ($56–62^\circ$) $S_{\text{пож.ю}}$, «центральную» ($62–68^\circ$) $S_{\text{пож.ц}}$ и «северную» ($68–72^\circ$) $S_{\text{пож.с}}$. Причем северная граница северной зоны соответствует границе перехода лесотундры в тундру. Обнаружение очагов лесных пожаров, по данным AVHRR/NOAA, проводилось автоматизированным многоступенчатым алгоритмом детектирования очагов пожаров [10].

Облачность определялась для трех широтных зон («южная» зона — $56–40^\circ$ ($S_{\text{обл.ю}}$), «центральная» зона — $56–66^\circ$ ($S_{\text{обл.ц}}$), «северная» зона — $66–74^\circ$ ($S_{\text{обл.с}}$). Из каждого пролета выделялись данные по покрытию земной поверхности облачностью и открытым участкам для каждой из трех зон. Облачность в каждой зоне рассчитывалась как отношение (%) площади, занятой облачностью, к общей площади зоны. Значения облачности усреднялись за сутки. Измерения проводились с мая по сентябрь, так как в зимние месяцы трудно выделить облачность на фоне снега. Для рассмотрения динамики распределения облачности взято отношение значений облачности центральной зоны к южной ($S_{\text{пож.ц}}/S_{\text{пож.ю}}$) и облачности центральной зоны к северной ($S_{\text{пож.ц}}/S_{\text{пож.с}}$), усредненных по годам.

Результаты и обсуждение

Облачность минимальна в июле для всех трех широтных зон (рис. 1, а).

С апреля по июль облачность падает, а с августа по октябрь ее значение возрастает.

Значение отношения величины облачности в центральной зоне к облачности в северной и южной зонах увеличивается от 1998 к 2000 г. (рис. 2, а), что соответствует представлениям об изменении облачности в Европе в зависимости от солнечной активности [4, 11]. В 1998–2000 гг. наблюдается повышение солнечной активности.

Спутниковый мониторинг облачности проводился с 8 до 20 ч. Отметим, что в суточном ходе

облачности для северной зоны наблюдается минимум (20%) в 16–17 ч, небольшой минимум (5%) в 10–11 ч и небольшой максимум (5%) облачности с 12 до 15 ч. Похожая картина наблюдается и для южной зоны. Но минимум (30%) здесь наблюдается в 11–12 ч и максимум с 12 до 16 составляет 25%.

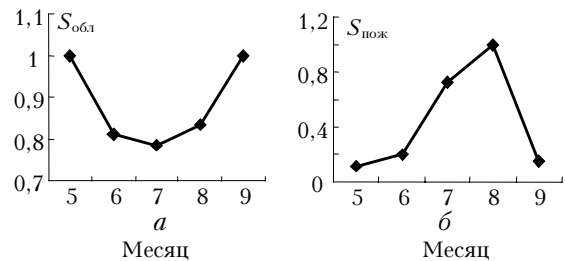


Рис. 1. Изменение облачности $S_{\text{обл}}$ (а) и площадей, охваченных пожарами $S_{\text{пож}}$ (б) в течение периода май–сентябрь

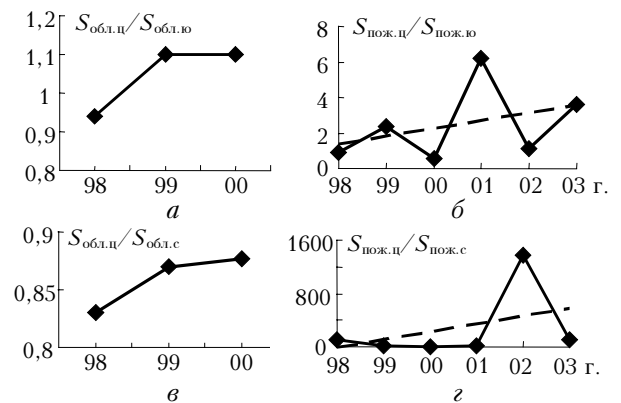


Рис. 2. Соотношение облачности и площадей пожаров для широтных зон в 1998–2003 гг.: а — отношение облачности в центральной зоне к облачности в южной зоне; б — отношение площадей пожаров в центральной зоне к площади пожаров в южной; в — отношение облачности в центральной зоне к облачности в северной; г — отношение площадей пожаров в центральной зоне к площади пожаров в северной зоне

Пожары в Якутии наблюдаются с мая по сентябрь, в основном в три летних месяца с максимумом во второй половине лета в июле (рис. 1, б). Наибольшее число пожаров наблюдается в июле и в августе. Сезонный ход, наблюдаемый нами, соответствует приведенному в работе [12]. Катастрофически большое число пожаров второй половины лета объясняется протайкой верхнего слоя грунта к этому времени и просохшим подлеском, и случается, когда во второй половине лета выпадает мало осадков, что соответствует снижению облачности в наших наблюдениях.

На рис. 3 приведено распределение лесных пожаров за 1955–2003 гг. С 1998 по 2000 г. наблюдается плавное уменьшение площадей, занятых лесными пожарами на территории Якутии. Минимум пожаров пришелся на 2000 г. Далее в течение двух лет наблюдается резкое увеличение площадей лесных пожаров. Если рассматривать тренд за весь 6-летний период спутниковых наблюдений, то отмечается нарастание лесных пожаров, причем наибольшее

нарастание наблюдается в центральной, а наименьшее в северной широтной зоне.

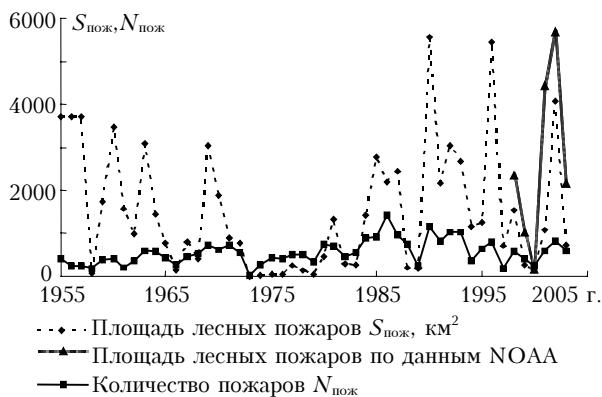


Рис. 3. Среднегодовая динамика лесных пожаров за 1955–2003 гг.

На рис. 4 представлена сводная карта, показывающая общую площадь лесных пожаров за 1998–2003 гг. Наблюдаются отсутствие пожаров в северо-западной части Якутии и их небольшое число в западной части. Это может быть объяснено влажностью климата в этих регионах и малой плотностью населения. Сравнивая получившуюся карту распределения лесных пожаров с картой атмосферных осадков [13], можно отметить хорошее совпадение площадей с высокой концентрацией пожаров с участками со среднегодовым количеством осадков менее 250–200 мм. С другой стороны, обращает на себя внимание совпадение площадей с высокой концентрацией пожаров и повышенной плотностью населения, т.е. кроме природных факторов на количество пожаров влияет и техногенная деятельность людей. Причем количество пожаров определяется совпадением этих двух факторов.

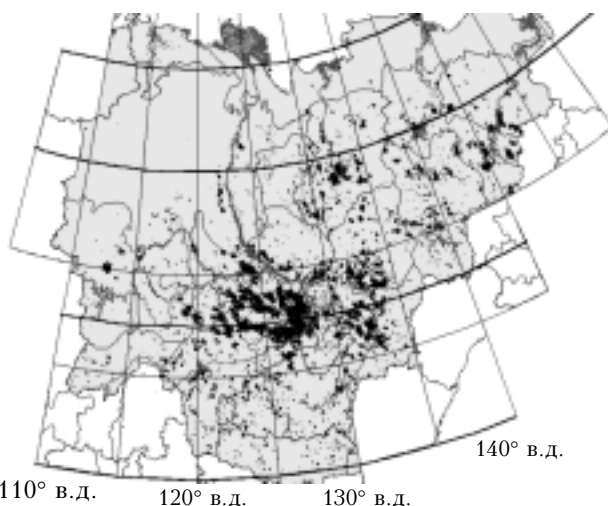


Рис. 4. Карта распределения лесных пожаров за 1998–2003 гг.: жирные линии — границы широтных зон (параллели 56° с.ш., 62° с.ш., 68° с.ш., 72° с.ш.)

Из ретроспективного анализа многочисленных срезов стволов перестойных лиственниц по нали-

чию пожарных подсушин на годовичных кольцах можно заключить, что лесные пожары — довольно распространенное явление в Якутии, имеющее определенную периодичность. На отдельных модельных деревьях в возрасте 300 лет отмечалось действие до десятка пожаров, случающихся через 10 или 22 года [14]. По данным Якутской авиационной базы охраны лесов, за последние 50 лет в Якутии тоже выделяется приблизительно 20-летний период (см. рис. 3).

Анализ многолетнего хода годовой температуры за период наблюдений с 1947 по 1995 г. в Якутии свидетельствует о понижении температуры с середины 40-х гг. до конца 50 — начала 60-х гг. Последовавшее за этим потепление началось в южной части исследуемого региона. Затем потепление распространилось в северные районы. В течение всего этого периода отмечались волны тепла и холода продолжительностью от 4 до 8 лет на фоне более значительных изменений температуры длительностью в среднем 10–12 лет [15]. В целом за весь период наблюдений отмечается выраженный положительный тренд в многолетнем ходе температуры воздуха.

Общий тренд в многолетнем ходе годовых сумм осадков за последние 50 лет отрицательный. Как отмечено, температура воздуха коррелирует с 11-летним циклом солнечной активности. Грозная деятельность антикоррелирует с циклом солнечной активности [16]. Влажность и облачность в масштабе северного полушария также антикоррелируют с солнечной активностью. Однако в более мелких масштабах они ведут себя в зависимости от широты и орографии, определяясь изменением пути циклонов и антициклонов. Поэтому пожароопасность лесов в исследуемом районе изменяется сложным образом в цикле солнечной активности.

Заключение

Количество и площади лесных пожаров в Северной Азии определяются преимущественно грозовой активностью, температурой и влажностью второй половины лета. Эти параметры зависят, в определенной степени, от солнечной активности, проявление которой определяется широтой места наблюдения. Широтная зависимость объясняется смещением путей движения атлантических циклонов, определяющих погоду от Европы до 140-го меридиана в Северной Азии, и мест зарождения региональных циклонов.

Облачность над Якутией падает с мая по август, а с августа по сентябрь ее значение возрастает. С 1998 до 2001 г. по данным спутникового мониторинга наблюдается общее смещение облачности и лесных пожаров в широтном направлении, что, вероятно, обусловлено смещением траектории атлантических циклонов, которые определяют облачность и осадки на большей части Якутии.

Пожары в Якутии наблюдаются с мая по сентябрь, в основном в три летних месяца с максимумом во второй половине лета. Отмечено наличие вариации с периодом больше пяти лет. Из данных

Якутской базы авиационной охраны лесов следует, что такая вариация соответствует 22-летней вариации засушливых периодов.

Отсутствие пожаров в северо-западной части Якутии и их небольшое число в западной части можно объяснить относительно повышенной влажностью этих регионов и малой плотностью населения. Сравнение карты распределения лесных пожаров с картой атмосферных осадков [13] показывает хорошее совпадение участков с высокой концентрацией пожаров с участками со среднегодовым количеством осадков менее 250–200 мм. С другой стороны, обращает на себя внимание совпадение участков с высокой концентрацией пожаров и повышенной плотностью населения в этих районах Республики. Таким образом, можно предположить, что количество лесных пожаров определяется не только погодными, географическими особенностями Северо-Азиатского региона (наличие зоны вечной мерзлоты, резко континентальный климат и т.д.), но и техногенными факторами.

Следует также отметить: полученные данные свидетельствуют о том, что стандартная структура геоэкологического мониторинга при изучении северных геосистем должна быть дополнена новыми элементами (технологиями ДЗЗ). Эти элементы ориентированы на исследования причин и закономерностей лесных пожаров и требуют разработки специальных программно-аппаратных средств. Таким образом, создается одно из важнейших звеньев системного мониторинга геоэкологической обстановки Северо-Азиатского региона.

1. Морозова А.Л., Пудовкин М.И. Климат Центральной Европы XVI–XX вв. и вариации солнечной активности // Геомагнетизм и аэрон. 2000. Т. 40. № 6. С. 68–75.
2. Solovyev V.S., Kozlov V.I. The Disastrous Forest Fires in the Yakutia // Proc. of the 1st Intern. Conf. on Hydrol. and Water Resources in Asia Pacific Region (APHW2003). Kyoto, Japan, 13–15 March, 2003. P. 222–224.
3. Абросов В.Н. Гетерохронность периодов повышенного увлажнения гумидной и аридной зон // Изв. ВГО. 1962. № 4. С. 325–328.

4. Tinsley B.A. The solar cycle and the QBO influences on latitude of storm tracks in the North Atlantic // Geophys. Res. Lett. 1988. V. 15. N 5. P. 409–415.
5. Веретенко С.В., Пудовкин М.И. Широтная зависимость эффектов солнечной активности в вариациях прихода суммарной радиации // Геомагнетизм и аэрон. 1999. Т. 39. № 6. С. 131–134.
6. The TIROS-N/NOAA A-G satellite Series // NOAA Technical Memorandum NESS'95. Washington D.C., 1978. 75 p.
7. Solovyev V.S., Shuts M.M. Remote Sensing Of The Environment In Northern Siberia // Res. Rep. of IHOS. Nagoya, Japan, March 1997. N 3. P. 82–84.
8. Соловьев В.С., Лиходед А.Н. Экологический мониторинг окружающей среды по спутниковым данным // Наука и образование. 2000. Изд-во АН РС (Я). № 1(17). С. 100–103.
9. Solovyev V.S., Vasilyev E.K., Solovyeva N.M. Satellite monitoring of forest fire in the territory of Yakutia and the evaluation of their consequences // Proc. of Intern. Conf. «The role of permafrost ecosystems in global climate change», Yakutsk, May 3–5, 2000. Yakutsk Scientific Center Publishing House, 2001. P. 178–180.
10. Абушенко Н.А., Алтынцева Д.А., Минько Н.П., Семенов С.М., Тацлин С.А., Татарников А.В. Алгоритм обнаружения пожаров по многоспектральным данным прибора AVHRR // VI Междунар. симпозиум «Оптика атмосферы и океана»: Тезисы докл. Томск, 1999. С. 69.
11. Svensmark H., Friis-Christensen E. Variation of cosmic ray flux and global cloud coverage – a missing link in solar-climate relationships // J. Atmos. and Sol.-Terr. Phys. 1997. V. 59. N 11. P. 1225–1232.
12. Щербаков И.П., Забелин О.Ф., Карпель Б.А. и др. Лесные пожары в Якутии и их влияние на природу леса. Новосибирск: Наука, 1979. 226 с.
13. Атлас Якутской АССР. ГУГК СССР. М.: ГУГК, 1981. 40 с.
14. Тимофеев П.А., Исаев А.П., Щербаков И.П. и др. Леса среднетаежной подзоны Якутии / Ред. Р.В. Десяткин. Якутск: ЯНЦ СО РАН, 1994. 140 с.
15. Семилетов И.П., Савельева Н.И., Пупко И.И. и др. Долгопериодная изменчивость в системе атмосфера – суша – море в Северо-Азиатском регионе // Тр. Арктического регионального центра. Владивосток, 1998. С. 43–64.
16. Mullayarov V.A., Karimov P.P., Kozlov V.I., Murzayeva N.N. Relationship between Midlatitude VLF Emissions and Solar Activity // Geomagnetism and Aeronomy. 1997. V. 37. N 6. P. 774–777.

V.S. Solov'ev, V.I. Kozlov. Investigation of spatiotemporal dynamics of wildfires and cloudiness in Northern Asia from NOAA data.

Apart from local factors, the spatiotemporal dynamics of wildfires and cloud cover in North Asia is determined, to certain extent, by the solar-terrestrial relations.

The NOAA/AVHRR data were used to analyze the dynamics of wildfires and cloud cover for the last five years in the 40–74°N latitudinal belt. It is shown that, since May through September, wildfires are mostly observed during the four summer months with the activity peaking at the last half of the summer. At the phase of the maximum of the 11-year solar cycle, wildfires tend to shift to the north. Within the framework of the seasonal dynamics, the cloud cover decreases in May through August and increases in August through September. In the period under consideration, the cloudiness shifted from the north to the south to the 56–66°N zone, which can be explained by the latitudinal shift of the trajectories of Atlantic cyclones, determining the weather at the territory from Europe to 140-th meridian in Northern Asia at the phase of the maximum solar activity.