

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ В ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

В.С. Соловьев, В.И. Козлов

*Институт космических исследований и аэронавтики СО РАН
677891 Якутск, пр. Ленина 31
E-mail: solo@ikfia.ysn.ru*

Картина пространственно-временной динамики лесных пожаров в Якутии, помимо локальных факторов, в определенной степени обусловлена солнечно-земными связями. По данным радиометра AVHRR/NOAA проанализирована пространственно-временная динамика лесных пожаров за последние пять лет в широтном диапазоне 56⁰-72⁰ 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 с севера и юга к зоне 62-68⁰ 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

Якутия, занимающая большую часть Восточной Сибири, является одним из наиболее пожароопасных регионов России. На территории республики 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. Основными причинами возникновения пожаров являются техногенная деятельность человека и грозовая активность. Причем соотношение этих двух факторов зависит от степени заселенности территории. По сведениям Центральной базы авиационной охраны лесов России в густонаселенной европейской части доля пожаров, возникших по вине человека, составляет 98%, а в удаленных северных районах этот показатель составляет менее 50%.

Степень пожароопасности лесов зависит от количества атмосферных осадков (влажности лесного покрова), температуры и грозовой активности, косвенным показателем которых может служить облачность. С появлением спутниковых систем наблюдения появилась возможность масштабного мониторинга облачного покрова и лесных пожаров одновременно на всей территории, а не в отдельных пунктах наблюдения.

Климат в Якутии резко-континентальный с характерным коротким жарким летом, сменяющимся продолжительной и холодной зимой (годовые колебания температуры могут превышать 100⁰С), межсезонье – скоротечное. Якутия находится в зоне вечномерзлых пород, мощность которых составляет от десятков до сотен метров. Распределение осадков в году крайне неравномерное, наибольшее их количество наблюдается в июле-августе, весенний период, как правило, засушлив. Такой неблагоприятный режим осадков в условиях отсутствия вечной мерзлоты должен был привести к опустыниванию всей Якутии, и только за счет оттайки в летний период вечномерзлых пород осуществляется подпитка грунтовых вод и растительности. Основной лесообразующей породой в Якутии является лиственница даурская, которая занимает большую часть покрытой лесом площади. Северные районы заняты редкостойными лиственничными лесами, которые южнее сменяются средне- и южно-таежными лесами, где наряду с даурской лиственницей является береза, сосна, ель, а на самом юге – кедр, пихта.

Малоснежная зима, засушливая весна и быстрый сход снежного покрова во многом определяют высокую пожароопасность и благоприятствуют возникновению многочисленных очагов лесных пожаров с окончанием зимы. Обычно, начиная уже с мая, на территории Якутии регистрируются первые очаги пожаров, которые, как правило, являются следствием неосторожного обращения человека с огнем при проведении сельскохозяйственных палов на сенокосных угодьях и пастбищах, разведении в лесу костров. В условиях недостаточных противопожарных действий, сухой и жаркой погоде мелкие очаги стремительно перерастают в крупномасштабные лесные пожары, потушить которые способны только проливные дожди во второй половине лета; в такой ситуации работа служб пожарной охраны сводится к защите населенных пунктов, промышленных и магистральных объектов.

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 пятьдесят лет имеет отрицательный характер, что ведет к увеличению пожароопасности.

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 на более коротких временных периодах. 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 град. по широте. Автор работы [3] приводит доказательства того, что основные особенности структуры атмосферной циркуляции в Северной Азии до 140 град. в.д. (устойчивые области пониженного давления и антициклоны) также смещаются к северу в период повышенной солнечной активности, а в эпоху слабой активности Солнца имеют более южное расположение. Широтным смещением траекторий циклонов объясняется в работе [5] широтная зависимость вариаций суммарной радиации, то есть облачности по всей России, включая Якутию (Оленек, Верхоянск, Оймякон, Якутск), в 11-летнем цикле солнечной активности; результаты были получены по данным наблюдений на актинометрических станциях в 1961-1986 гг.

Цель данной работы – исследование пространственно-временной динамики лесных пожаров на территории Якутии в течение пожароопасного сезона май-сентябрь по данным спутниковых и наземных наблюдений.

Методика

С 1995 г. в ИКФИА СО РАН на базе отечественной приемной станции СКАНОР ведутся работы по тематике ДЗЗ. По данным многоканального сканирующего радиометра AVHRR/NOAA [6] организована система оперативного мониторинга паводковой и лесопожарной обстановки, облачности и др. [7, 8, 9].

Обнаружение очагов лесных пожаров по данным AVHRR/NOAA осуществляется с помощью автоматизированного многоступенчатого алгоритма детектирования очагов пожаров [10]. Оценка эффективности алгоритма проводилась путем сопоставления с данными Якутской авиационной базы охраны лесов за периоды 1-30 июня и 1-5 августа 1998 г. Результаты сопоставления показали, что крупные очаги пожаров размером более 100 га обнаруживаются практически всегда, даже сильная задымленность или экранирующая облачность не являются существенной помехой для их детектирования. С уменьшением площади очагов на вероятность обнаружения начинают заметно влиять облачность, задымленность и неблагоприятные для детектирования условия съемок (время суток, орбитальные параметры спутника и др.): пожары площадью 10-100 га обнаруживаются с вероятностью 0,7, площадью 1-10 га - в 40% случаев, менее 1 га обнаруживаются в 20% случаев.

Необходимо отметить, что только за июнь 1998 г. по данным спутников NOAA было обнаружено 117 очагов, незарегистрированных в сводках Авиалесоохраны. Кроме того, на неохрняемой Авиалесоохраной территории, площадь которой составляет более половины Якутии, за указанный период было обнаружено свыше 220 очагов лесных пожаров. Следует заметить, что оперативную информацию о лесопожарной обстановке на неохрняемых территориях можно получить только по спутниковым данным.

Для исследования картины пространственно-временной динамики лесных пожаров были выделены три широтные зоны: «южная» (56° – 62°), «центральная» (62° – 68°) и «северная» (68° – 72°). Причем, с севера «северная» зона обрезается границей перехода лесотундры в тундру. По долготе широтные зоны ограничены с запада 106-м, а с востока 162-м меридианами. Рассматривались данные, полученные в течение 1998-2003 гг. со спутников серии NOAA.

Результаты и обсуждение

Якутия занимает обширное географическое пространство на северо-востоке России. Распределение осадков в году крайне неравномерное – наибольшее их количество наблюдается в июле-августе; весенний период, как правило, засушливый. Пожары в Якутии наблюдаются с мая по сентябрь, в основном в три летних месяца с максимумом во второй половине лета в июле-августе (рис. 16). Сезонный ход, полученный по данным спутников NOAA, соответствует данным, приведенным в работе [11]. В отдельные годы в условиях

аномально низкого уровня осадков во второй половине лета лесопожарная обстановка может принять катастрофический характер, как это, например, происходило в 2002 г.

Процент территории, покрытый облачностью, минимален в июле для всех трёх выбранных широтных зон. С апреля по июль облачность падает, а с августа по октябрь её значение возрастает (рис. 1а), что приводит к соответствующему изменению влажности лесного покрова и изменению пожарной опасности. Этим обстоятельством и годовым ходом температуры, достигающим максимума в июле, объясняется наблюдаемый сезонный ход пожаров (рис. 1б).

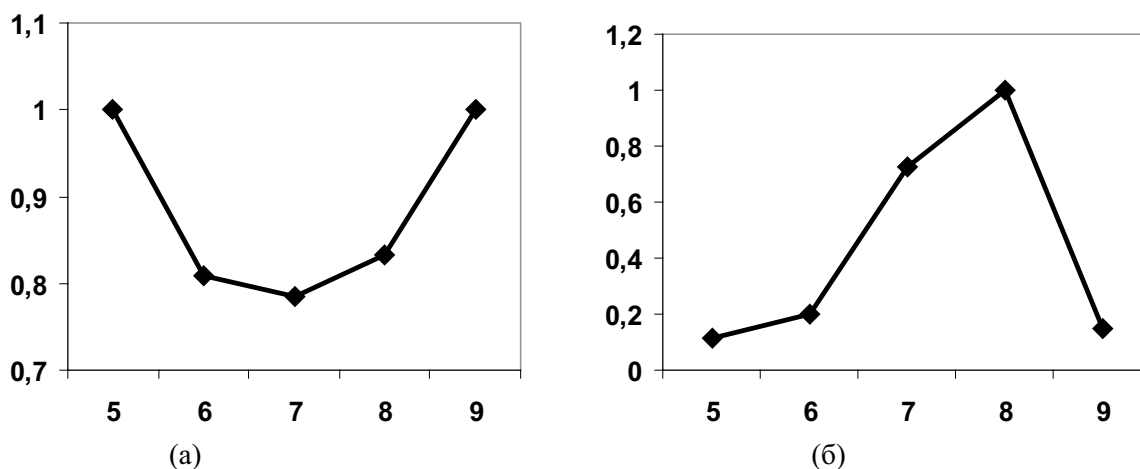


Рис. 1 Изменение нормированных значений облачности (а) и общей площади пожаров (б) в течение периода май-сентябрь (месяцы отложены по горизонтальной оси).

В течение 1998-2003 гг. наблюдается тенденция смещения лесных пожаров с южной и северной зон к центральной зоне (рис. 2). Подобный эффект наблюдается и в карте облачности, что соответствует аналогичному смещению облачности в Европе в зависимости от солнечной активности [4, 12]. Период 1998-2000 гг. соответствуют фазе повышенной солнечной активности.

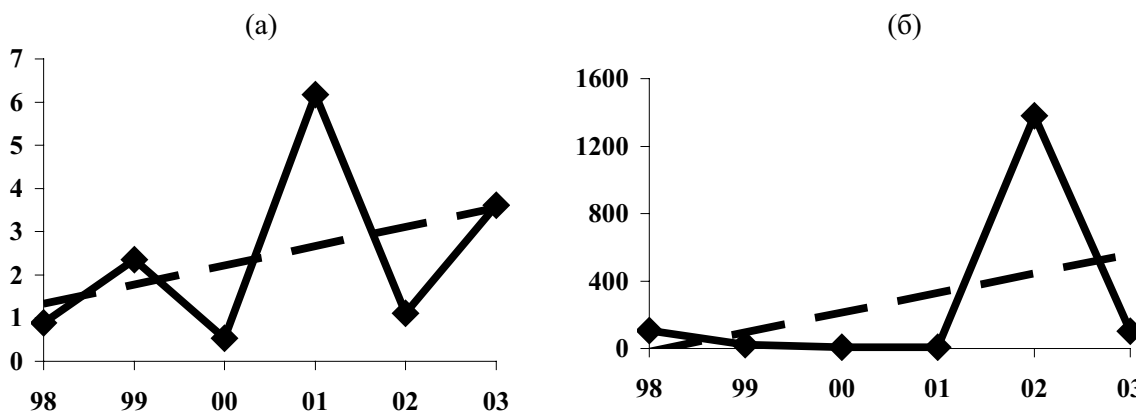


Рис. 2. Соотношение площадей пожаров для широтных зон за 1998-2003 гг.: а) отношение площадей пожаров центральной зоны к южной; б) отношение площадей пожаров центральной зоны к северной. По горизонтальной оси отложены годы

На рис. 3 приведено распределение лесных пожаров за 1955-2003 гг. С 1998 г. по 2000 г. наблюдается плавное уменьшение площадей занятых лесными пожарами на территории Якутии. Минимум пожаров пришелся на 2000 г. Далее в течение двух лет происходило резкое увеличение площадей лесных пожаров. Если рассматривать тренд за 6-летний период спутниковых наблюдений, то наблюдается нарастание лесных пожаров во всех трех выделенных нами широтных зонах. Наибольшее нарастание наблюдается в центральной широтной зоне, а наименьшее в северной широтной зоне, что также говорит о смещении пожаров в эти годы к центральной части Якутии.

На рис. 4 представлена сводная карта, показывающая картину пространственного распределения лесных пожаров на территории Якутии в 1998-2003 гг. Наблюдаемое отсутствие пожаров в северо-западной части Якутии, и их небольшое число в западной части может быть объяснено относительно повышенной влажностью и малой плотностью населения в этих регионах. Анализ карты атмосферных осадков [13] показывает, что регионы с высокой концентрацией пожаров характеризуются среднегодовым количеством осадков менее 200-250 мм. Особенно это хорошо наблюдается в центральной Якутии. С другой стороны,

обращает на себя внимание совпадение регионов с высокой концентрацией пожаров с повышенной плотностью населения. То есть, кроме природных факторов на количество пожаров, влияет и техногенная деятельность людей. Причем количество пожаров определяется совпадением этих двух факторов.

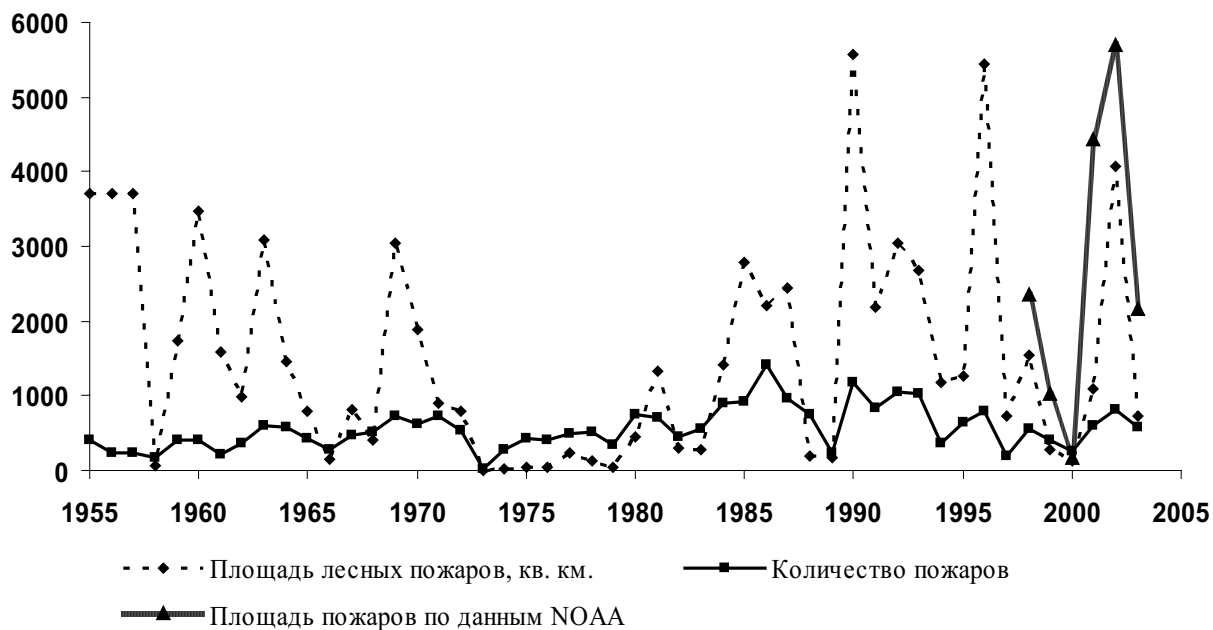


Рис. 3. Среднегодовая динамика лесных пожаров за 1955-2003 гг.

По результатам ретроспективного анализа многочисленных срезов стволов перестойных лиственниц, по наличию пожарных подсушин на годичных кольцах авторами работы [14] сделан вывод, 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. По данным Якутской авиационной базы охраны лесов за последние 50 лет в Якутии также выделяется ~20-ти летний период (рис. 3).

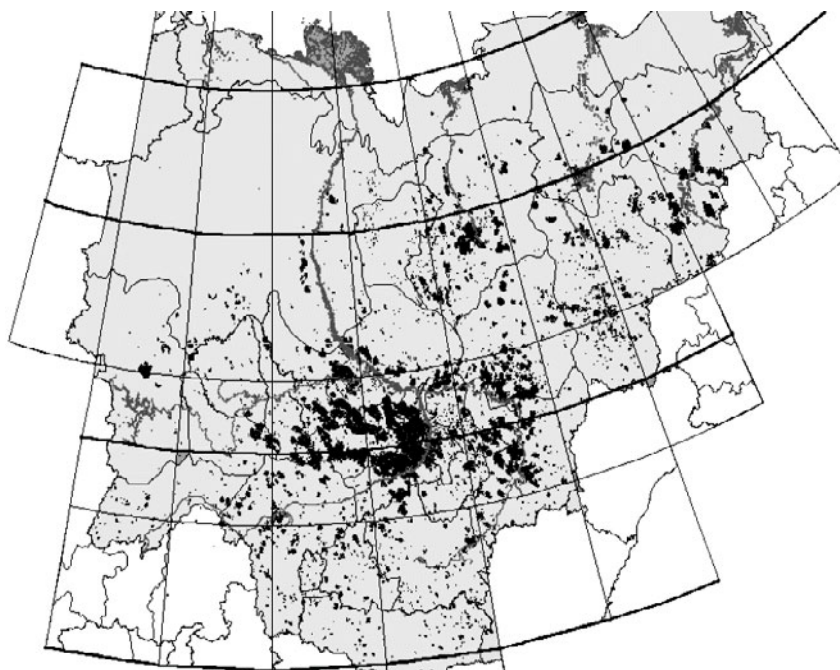


Рис. 4. Сводная карта лесных пожаров в 1998–2003 гг.

Многолетние наблюдения годовой температуры в Якутии за период с 1947 по 1995 гг. показывают понижение температуры с середины 40-х годов до конца 50-х – начала 60-х годов прошлого века. В целом за весь период наблюдений отмечается выраженный положительный тренд в многолетнем ходе температуры. Напротив, общий тренд в многолетнем ходе годовых сумм осадков за последние пятьдесят лет отрицательный.

Известно, что температура воздуха коррелирует с 11-летним циклом солнечной активности; грозовая деятельность, как показано в работе [16], антикоррелирует с циклом солнечной активности; влажность и облачность в масштабе северного полушария также антикоррелируют с солнечной активностью. Однако в локальных 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

Пожары в Якутии наблюдаются с мая по сентябрь с максимумом в июле-августе. Количество и площади лесных пожаров в Якутии обусловлены грозовой активностью, температурой и влажностью второй половины лета. Эти параметры зависят, в определенной степени, от солнечной активности, проявления которой определяются широтой места наблюдения. Широтная зависимость объясняется смещением путей движения атлантических циклонов, определяющих погоду от Европы до 140 меридиана в Северной Азии, и смещением мест зарождения локальных циклонов.

Облачность над Якутией снижается с мая по август, а с августа по сентябрь её значение возрастает. По данным спутникового мониторинга, полученным за рассматриваемый период, 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.

Отсутствие пожаров в северо-западной части Якутии и их небольшое количество в западной части может быть объяснено относительно повышенной влажностью и малой плотностью населения в этих регионах. 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 200-250 мм. С другой стороны, обращает на себя внимание совпадение участков с высокой концентрацией пожаров с повышенной плотностью населения в этих районах республики. Таким образом, можно предположить, что количество лесных пожаров определяется не только погодными и географическими особенностями Североазиатского региона (наличие зоны вечной мерзлоты, резко-континентальный климат и т.д.), но также и техногенными факторами.

Литература

1. Морозова А. Л., Пудовкин М. И. Климат Центральной Европы XVI-XX вв. и вариации солнечной активности // Геомагнетизм и Аэрономия, 2000. Т. 40. № 6. С. 68-75.
2. Solovyev V.S., Kozlov V.I. The Disastrous Forest Fires in the Yakutia // Proceedings of the 1st International Conference on Hydrology and Water Resources in Asia Pacific Region (APHW2003). 13-15 March 2003. Kyoto, Japan. 2003. P. 222-224.
3. Абросов В.Н. Гетерохронность периодов повышенного увлажнения гумидной и аридной зон // Известия 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 // Geophysical Research Letters, 1988. V. 15. № 5. P. 409-415.
5. Веретененко С.В., Пудовкин М.И. Широтная зависимость эффектов солнечной активности в вариациях прихода суммарной радиации // Геомагнетизм и аэрономия, 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 // Research Reports of IHOS. Nagoya, Japan. 1997. N3. P. 82-84.
8. Соловьев В.С., Луходед А.Н. Экологический мониторинг окружающей среды по спутниковым данным // Наука и образование. Якутск: АН РС(Я), 2000. №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 // Proceedings of international conference "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., Тащилин С.А., Татарников А.В. Алгоритм обнаружения пожаров по многоспектральным данным прибора AVHRR // VI Международный симпозиум "Оптика атмосферы и океана": Тезисы докладов. Томск, 1999. С. 69.
11. 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.
12. H. Svensmark, E. Friis-Christensen. Variation of cosmic ray flux and global cloud coverage – a missing link in solar-climate relationships // Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics. Vol.59. No.11. P.12225-1232.
13. Атлас Якутской АССР. ГУГК СССР. Москва, 1981. 40 с.
14. Тимофеев П.А., Исачев 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 // Труды Арктического регионального центра. Владивосток, 1998. С.43-64.
16. V. A. Mullayarov, P. P. Karimov, V. I. Kozlov, N. N. Murzaeva. Relationship between Midlatitude VLF Emissions and Solar Activity // Geomagnetism and Aeronomy, 1997. V. 37, №. 6. P. 774 –777.