

Комплексный мониторинг грозовой активности и лесных пожаров по данным наземных и спутниковых наблюдений

В.С. Соловьев, В.И. Козлов, Р.Р. Каримов, М.С. Васильев

*Институт космических исследований и аэронавтики им. Ю.Г. Шафера СО РАН
677980, г. Якутск, пр. Ленина, 31
E-mail: solo@ikfia.ysn.ru, v.kozlov@ikfia.ysn.ru*

Проанализированы данные спутникового мониторинга лесных пожаров, дистанционного зондирования гроз и данных авиабазы охраны лесов для Якутии. Проанализированы сезонные ходы для отдельных типовых участков Якутии. Установлено, что грозовые лесные пожары возникают на окраине существовавших в течение предыдущих нескольких суток грозовых очагов. Грозовые лесные пожары вызываются положительными грозовыми разрядами, поскольку токи в них в среднем в два раза больше, чем в отрицательных.

Ключевые слова: лесные пожары, положительный грозовой разряд, грозовая активность, плотность населения, дистанционное зондирование.

Введение

Основными причинами возникновения лесных пожаров в бореальной зоне Сибири являются грозовая активность и человеческая деятельность. По данным Министерства природных ресурсов России, количество пожаров (в процентном отношении) возникает в основном по вине населения 72 % и грозовой активности 14 %. В Якутии, в силу малой плотности населения на большей части территории эта картина несколько отличается. Для Якутии отношение площади грозовых пожаров к общей площади лесных пожаров составляет $67 \pm 5\%$ в среднем по всем авиаотделениям, изменяясь от минимального значения 10% до максимального - 99% в малонаселенном районе. 50% значений отношения площади пожаров от гроз к общей площади лесных пожаров лежит в пределах от 49% до 88% [1].

В [2] было показано, что в зависимости от степени освоенности территории и плотности проживающей на местности населения может превалировать один из двух вышеупомянутых факторов, и наблюдается недельная вариация лесопожарной активности, обусловленная неравномерным посещением леса населением (максимум в конце недели) и недельной вариацией гроз (локальный максимум в середине недели). В конце недели возрастает антропогенная нагрузка на природную среду, особенно в начале и конце лета: турпоходы, загородные пикники, сбор ягод-грибов, рыбалка, охота, сельскохозяйственная деятельность и пр. В середине лета в связи с ростом степени пожароопасности лесов административные запреты существенно ограничивают выезды в лес, разведение открытого огня (костров, палов), проведение сельскохозяйственных работ и других мероприятий, способных инициировать пожары. В условиях экстенсивного развития добывающей промышленности и освоения новых территорий, расширения транспортной и магистральной инфраструктуры, развития сети населенных пунктов и т.д. все большее количество лесных пожаров, в частности в Якутии, происходит по вине человека.

Данная работа посвящена исследованию влияния природного и техногенного факторов на пирогенную активность.

Аппаратура и методы

Лесопожарный мониторинг в Якутии осуществляется с 1997 г. по данным дистанционного зондирования, с использованием сканирующего радиометра AVHRR/NOAA [3]. Детектирование лесных пожаров на многозональных цифровым космоснимках осуществлялось с помощью порогового алгоритма выделения «пожарных» пикселей [4]. Грозовая обстановка регистрируется с 1993 г. с помощью разработанной в ИКФИА СО РАН системы дистанционного зондирования гроз [5-7].

Проанализированы результаты спутниковых наблюдений, полученные за период 1998-2008 гг. Для исследования в центральной Якутии было выбрано четыре типовых участка 4*12 градусов средней площадью 278000 кв. км: 64-68 град. с.ш., 108-120 град. в.д.; 60-64 град. с.ш., 108-120 град. в.д.; 60-64 град. с.ш., 120-132 град. в.д. и 56-60 град. с.ш., 120-132 град. в.д. Площадные и географические характеристики участков схожи, однако плотность проживающего на них населения различна ([чел./кв.км.]): 1-й уч. $\rho_1 \sim 0,06$; 2-ой уч. $\rho_2 \sim 0,67$; 3-й уч. $\rho_3 \sim 2,51$; 4-й уч. $\rho_4 \sim 0,67$.

Проанализированы лесные пожары с 1998 г по 2008 г за периоды с мая по сентябрь. Плотности рассчитывались для каждой градусной ячейки 1*1 град. Плотность населения рассчитывалась с учетом населения окружающих градусных ячеек, поскольку население осваивает близлежащие таежные площади на расстоянии 100 км от поселков, что соответствует 1 град.

Рассмотрены зависимости площади лесных пожаров от плотности населения по участкам, осадков, относительной влажности и количества грозовых разрядов.

Результаты и обсуждение

Годовое распределение осадков в Якутии крайне неравномерное – наибольшее их количество наблюдается в июле-августе; весенний период, как правило, засушливый, что означает, что подлесок быстро высыхает. Облачность в Якутии с мая по июль падает, после чего к сентябрю слабо возрастает. Сезонный ход лесных пожаров показывает, что пожары в Якутии наблюдаются с мая по сентябрь, в основном в три летних месяца с максимумом во второй половине лета в июле-августе [3]. Сезонный ход количества грозовых разрядов на всех четырех рассмотренных участках имеет максимум в июле. Вариации лесопожарной активности на участках №1 и №2, в целом, ведут себя аналогичным образом: с мая по июль площадь лесных пожаров растет, а после июля спадает. Небольшое исключение составляет внезапный рост на 1-м участке, площадь пожаров $S_{\text{пож.}}$ возрастает до ~ 350 кв. км в сентябре после августовского минимума. Эта особенность целиком обусловлена аномально высокой пирогенной активностью в сентябре 1999 г., именно на этом участке, вероятно связанной с посещаемостью лесов и большой площадью каждого пожара. В [1] показано, что наблюдается корреляция $R = 0,67$ средней площади одного пожара с общей площадью пожаров. Сезонный ход лесопожарной активности на 3-м и 4-м участках имеет максимум в августе. Высокая активность лесных пожаров наблюдается на 3-м участке, где ρ наибольшая.

На Рис. 1 приведены усредненные за 10 лет по участкам: площадь пожаров, количество грозовых разрядов, количество осадков и плотность населения. На Рис. 1 показано, что участки №2 и №4 с одинаковой плотностью населения ($\rho=0,67$) отличаются количес т-

вом грозových разрядов $N_{гр.}$ и, соответствующим, уровнем пирогенной активности. Количество осадков на 4-м участке также больше. Участки №1 и №3 кардинально различаются по плотности населения ($\rho_1 \sim 0,06$ и $\rho_3 \sim 2,51$), на фоне приблизительно одинакового уровня грозовой активности, также существенно различаются по показателю горимости лесов: лесопожарная активность на 3-м уч. значительно выше. Количество осадков на 4-м участке чуть меньше, чем на 1-м.

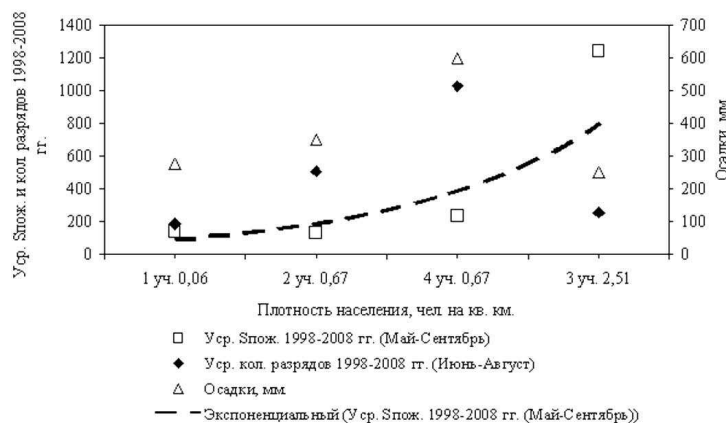


Рис. 1. Усредненные за 10 лет по участкам: площадь пожаров, количество грозových разрядов (левая шкала), количество осадков (правая шкала) и плотность населения (внизу, вторая цифра в подписи рядом с номером участка).

Таким образом, наиболее очевидным объяснением повышенной горимости лесов на 3-м участке, по сравнению с тремя остальными является человеческий фактор. Этот вывод косвенно подтверждается смещением максимума $S_{пож.}$ на август, когда в связи с сезоном сбора ягод-грибов увеличивается антропогенная нагрузка на природную среду.

Как было показано в [1], площади грозových пожаров в Якутии в среднем в $\sim 1,8$ раза больше, чем у негрозových пожаров, что объясняется поздним поступлением информации о них и более поздним началом тушения. Медианное значение усредненной по Якутии площади пожаров в год составляет 747 га на 1000 тыс. га лесной площади, при минимальном значении 124 га и максимальном – 2949 га, а 50% значений лежит в пределах 439 - 1333 га. Медианное значение усредненной по Якутии площади грозových пожаров в год составляет 231 га на 1000 тыс. га лесной площади, при минимальном значении 39 га и максимальном – 2217 га, а 50% значений грозových пожаров лежит в пределах 232 - 1057 га.

Нами был проведен анализ пространственного положения грозových лесных пожаров, относительно расположения вызвавших их грозových очагов. В качестве примера на Рис. 2 приведено пространственное распределение лесных пожаров, зарегистрированных 30.06.02 возникших в результате гроз прошедших в течение предыдущих трех суток. Приведенные спутниковые данные подтверждены в сводках авиалесоохраны. Причем в сводках в качестве причины указана гроза. В среднем в Якутии грозовой пожар длится 5 дней до момента его ликвидации [1]. Нами наблюдался случай, когда одно дерево, загоревшееся от грозového разряда, горело внутри 4 дня, не поджигая окружающие.

Как видно из рисунка, для каждого из 5-ти грозových пожаров, установленных по спутниковым данным и подтвержденных по данным авиалесоохраны, причем в качестве причины в сводках которой указана гроза, был поставлен в соответствие наблюдавшийся положительный грозовой разряд. Важно отметить, что гроззовые лесные пожары возникли на окраине существовавших в течение предыдущих трех суток грозových очагов.

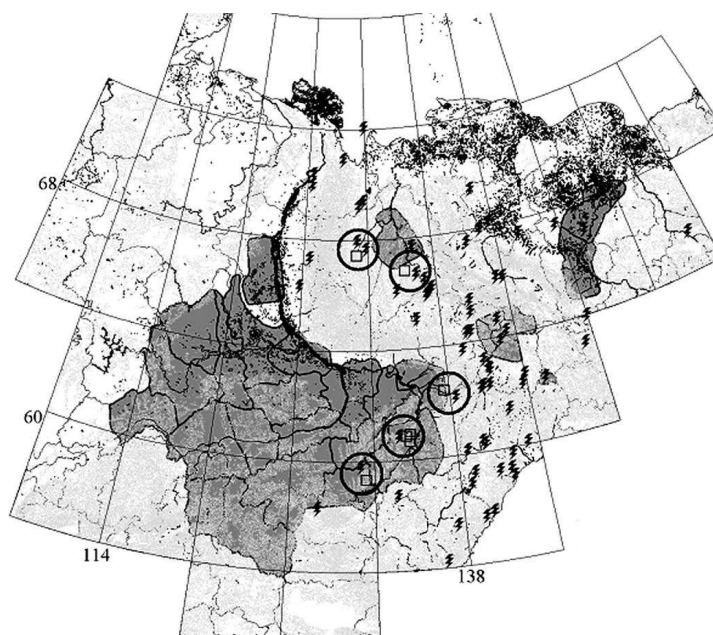


Рис. 2. Пожары 30.06.02 (кружочки) после положительных грозových разрядов за предыдущие трое суток 28-30.06.02

Проведенные нами в Якутии оценки токов для отрицательных грозových разрядов дали следующие величины: медианное значение 18,5 кА, 50% значений лежит в пределах от 16 до 23,6 кА. Для положительных разрядов медианное значение 40 кА, а 50% значений лежит в пределах от 30,2 до 56,7 кА. Таким образом, становится понятным, что грозových лесные пожары вызывают положительные грозových разряды, поскольку токи в них в среднем в два раза больше, чем в отрицательных.

Были рассмотрены некоторые особенности пространственных распределений положительных грозových разрядов в Якутии. Для положительных грозových разрядов проанализированы пространственные распределения на широтах $\varphi = 55 - 70^\circ\text{N}$ для летних сезонов 2003-2007 гг. Получено, что кроме основных грозových очагов на юго-западе Якутии можно выделить северо-восточный и восточный очаги, в которых наблюдается доминирование положительных разрядов над отрицательными (при 10% положительных разрядов от общего числа разрядов в типичных условиях) [8]. Таким образом, доля положительных разрядов возрастает с ростом широты.

Заключение

Данные спутникового мониторинга за период 1998-2008 гг. и анализ временной динамики лесных пожаров показывают, что сезонный ход лесных пожаров имеет следующий вид: пожары в Якутии наблюдаются с мая по сентябрь, в основном в три летних месяца с максимумом во второй половине лета в июле-августе. Основной причиной пожаров в Якутии являются два фактора: гроза и человеческая деятельность. В ненаселенных районах основным фактором является гроза. С увеличением плотности населения начинает превалировать человеческий фактор.

Установлено, что грозových лесные пожары возникают на окраине существовавших в течение предыдущих нескольких суток грозových очагов. Грозových лесные пожары вызы-

ваются положительными грозовыми разрядами, поскольку токи в них в среднем в два раза больше, чем в отрицательных. Сезонный ход количества положительных грозовых разрядов на всех четырех рассмотренных участках имеет максимум в июле.

Работа поддержана грантами РФФИ 08-02-00348-а, 09-05-98540-р_восток_a и программами Президиума РАН 16, ФАНИ г.к. 02.740.11.0248 и РНП 2.1.1/2555.

Литература

1. Козлов В.И., Муллаяров В.А., Соловьев В.С. Лесные пожары в Якутии от гроз // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2009. Т. II. № 6. С. 388-393.
2. Соловьев В.С., Козлов В.И. Исследование особенностей недельных вариаций лесопожарной активности в Якутии по данным ДЗ // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2009. Т. II. № 6. С. 434-440.
3. Соловьев В.С., Козлов В.И. Исследование пространственно-временной динамики лесных пожаров и облачности в Северо-Азиатском регионе по данным спутников NOAA // Оптика атмосферы и океана, 2005. Т.18. № 01-02. С.146-149.
4. Абушенко Н.А., Алтынцев Д.А., Минько Н.П., Семенов С.М., Тацилин С.А., Татарников А.В. Алгоритм обнаружения пожаров по многоспектральным данным прибора AVHRR // VI Международный симпозиум "Оптика атмосферы и океана": Тезисы докладов, 1999. С.69.
5. Козлов В.И., Муллаяров В.А., Лаптев А.Д., Вальков С.П., Громов Б.Н. Аппаратно-программный комплекс для пункта пассивной грозолокации // ПТЭ, 1996. N3. С.162.
6. Козлов В.И., Муллаяров В.А., Васильев А.Е. Характеристики грозовых очагов по инструментальным наблюдениям в Якутии в 1993-2001 гг. // Метеорология и гидрология. 2003. N2. С. 39-45.
7. Козлов В.И., Муллаяров В.А., Каримов Р.Р. Инструментальные наблюдения гроз в Якутии в 2003-2006 годах // Известия высших учебных заведений. Радиофизика. 2008. Т. 51. № 10. С. 825-829.
8. Муллаяров В.А., Торопов А.А., Козлов В.И., Каримов Р.Р. Особенности пространственного распределения положительных грозовых разрядов на востоке Сибири // Метеорология и гидрология. 2009. № 6. С. 47-55.

Simultaneous monitoring of thunderstorm activity and forest fires on data of ground-base and remote sensing observations

V.S. Solovyev, V.I. Kozlov, R.R. Karimov, M.S. Vasiliev

The Yu. G. Shafer Institute of Cosmophysical Research and Aeronomy SB RAS

31 Lenin Ave., 677980, Yakutsk,

E-mail: solo@ikfia.ysn.ru, v.kozlov@ikfia.ysn.ru

The satellite data on forest fires, data of ground-base observations and data of Avialesokhrana were explored. Seasonal variations of events for some typical regions of Yakutia were analyzed. It is shown the forest fires caused by thunderbolts occur near boundaries of thunderstorm activity region after several days. The positive lightnings ignite the forest fires, because electric current in them at the average twice it is more than in negative lightnings.

Keywords: forest fire, remote sensing, positive thunderbolt, thunderstorm activity, population density.