

МЕТОДИКА НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК 630*426.1/43/431.1

Е. И. ПОНОМАРЁВ

Институт леса СО РАН, г. Красноярск

ОЦЕНКА РИСКОВ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ В РЕЗУЛЬТАТЕ ГРОЗ НА ОСНОВЕ ГИС-ОРИЕНТИРОВАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Обсуждается разработанная технология оперативного анализа рисков возникновения лесных пожаров в результате гроз. Получены сравнительные оценки числа и площадей таких пожаров по регионам России. На основе возможностей ГИС выделена зона локализации пожаров от гроз.

Ключевые слова: пожары, грозы, дистанционное зондирование, модельное уравнение, эмиссия.

The technology that has been developed for real-time analysis of the lightning-caused forest fire risks is discussed. Comparative estimates of the number and areas of such fires are obtained for Russia's regions. The zone of localization of lightning-caused fires is identified through the use of the GIS capabilities.

Keyword: fires, thunderstorms, remote sensing, model equation, emission.

ВВЕДЕНИЕ

Анализ статистических данных о причинах возникновения лесных пожаров позволяет отметить немалую роль грозовых молниевых разрядов. По разным оценкам в течение пожароопасного сезона от молний возникает 5–15 % лесных пожаров [1–3]. В отдельных публикациях этот показатель значительно выше — 70 % [2, 4], что в большей степени справедливо для малонаселенных территорий.

Вопросы, связанные с влиянием роста грозовой активности на число и площадь лесных пожаров, изучаются на протяжении многих лет. В литературе приводятся сведения об основных параметрах молниевых разрядов, дано описание процесса возникновения лесных пожаров от гроз [1, 2, 5]. Уделяется внимание анализу вариаций сезонного и пространственного распределения пожаров, спровоцированных грозами, их корреляции с комплексным показателем влагосодержания лесных горючих материалов [3–9]. Актуальной темой исследований в данном направлении и в России, и за рубежом остается вопрос прогноза интенсивных грозовых разрядов, как одного из факторов, влияющих на риски возникновения пожаров в лесу [10–14]. Одна из задач этого направления исследований — прогноз и оценка рисков возникновения лесных пожаров от фактических молниевых разрядов [15]. Объективных моделей и вычислительных технологий для проведения оперативного анализа такого рода пока нет.

В настоящее время решение задачи классификации общей базы данных лесных пожаров с разделением их на антропогенные и природные (т. е. возникшие в результате воздействия молниевых разрядов) имеет важное значение в свете актуального вопроса изучения глобального бюджета углерода. Известно, что в результате лесных пожаров эмиссия углерода в атмосферу составляет 1–10 т/га [16]. Активно обсуждается вопрос больших объемов выбросов от лесных пожаров, ежегодно повторяющихся в России. Однако, по нашему мнению, вклад пожаров, возникших в результате гроз, в общую пожарную эмиссию следует выделять и относить к некоторому объективному показателю, характеризующему природные особенности рассматриваемой территории.

В данной статье обсуждается технология оперативной оценки рисков возникновения лесных пожаров от фактических молниевых разрядов. Предлагаемая технология ориентирована на использование возможностей геоинформационных систем (ГИС), в качестве информационных слоев которых используются банки данных оперативного мониторинга, в частности спутникового мониторинга лесных пожаров и наземной системы грозопеленгации.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

В работе были использованы материалы мониторинга территории азиатской части России, осуществляемого ежедневно в оперативном режиме со спутников серий NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) и EOS (Earth Observing System). На основе этой информации формируется база данных лесных пожаров, содержащая атрибутивные сведения о точной координатной привязке полигона пожара, дате и времени обнаружения, величине поврежденной лесной площади и периоде действия пожара. Кроме того, для анализа территории Красноярского края нами использовалась база данных Красноярской базы авиационной охраны лесов, что существенно повысило информативность исходных данных о лесных пожарах.

В формате базы данных представлены также сведения о грозовых молниевых разрядах, фиксируемых на всей территории России наземной системой грозопеленгации. При анализе применялись сведения о координатах разрядов, дате и времени их регистрации, а также об амплитуде. Для проведения оперативного анализа рисков возникновения лесных пожаров в результате гроз использовались возможности ГИС-систем. С этой целью базы данных были предварительно конвертированы в формат векторных информационных слоев. База данных по пожарам представлена как полигональный векторный слой, а по молниевым разрядам — как точечное покрытие.

При оценке рисков возникновения пожара от молниевых разрядов анализировались следующие параметры: пространственное взаиморасположение пожаров и молний; временной интервал между датами их обнаружения; интенсивность грозы, т. е. количество разрядов в единицу времени, а также амплитудные значения разрядов; сезонно-фенологические особенности с привязкой к широтным поясам.

Риски предложено оценивать на основании модельного уравнения вида

$$P(r, \Delta t, n) = p_{\max} + \frac{1}{n+1} \sum_{i=1}^n \left(1 - \frac{r_i}{R}\right),$$

где r_i — расстояния от центра масс полигона пожара до точки пеленгации i -го молниевых разряда; n — количество молниевых разрядов, удовлетворяющих критерию $r < R$ и $t < \Delta t$; Δt — временной интервал до момента обнаружения пожара после грозы (согласно литературным данным, этот показатель варьирует от 1 до 10 дней [4]); R — радиус буферной зоны вокруг центра масс полигона пожара; p_{\max} — максимальное значение вероятности риска для всех рассмотренных молниевых разрядов.

Учитывая технические возможности систем определения местоположения пожара и молниевых разрядов, радиус пространственного буфера (R) оптимально варьировать в интервале 20–30 км. Основываясь на статистике и результатах проведенных экспериментальных вычислений, был выбран семидневный временной интервал (Δt) между временем молниевых разрядов и обнаружения пожаров, который можно варьировать в соответствии с заданными условиями.

Дополнительно в процессе вычислений проанализированы интенсивность и величина амплитуды молниевых разрядов. В литературе обсуждается вопрос о влиянии знака и модуля величины амплитуды молниевых разрядов на процесс инициирования лесных пожаров. Эти характеристики, наряду с длительностью молниевых разрядов, по мнению многих исследователей, играют определяющую роль в процессе инициирования лесных пожаров [2–4, 12]. Длительными считаются молнии, продолжительность которых составляет более 40 мс (в среднем 115 мс) [2]. Средние амплитуды силы тока, как для длительных, так и для кратких разрядов, 100 А — 150 кА [2, 11].

На основе изложенного подхода была реализована ГИС-ориентированная программная утилита, выполняющая анализ информационных слоев ГИС оперативного мониторинга. В результате ее работы, после проведения соответствующих вычислений, базы данных по лесным пожарам дополняются полями вероятности риска возникновения пожара от молниевых разрядов $P(x,y)$ и показателем интенсивности грозовой активности (M) в окрестностях исследуемого полигона. Результат обработки сохраняется в файле формата Dbase (dbf) и может быть экспортирован в новый информационный ГИС-слой, содержащий указанные дополнительные характеристики лесных пожаров.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Для проведения соответствующего анализа мы располагали полной базой данных молниевых разрядов за пожароопасные периоды 2005 и 2006 гг. Калибровка и валидация предлагаемой технологии были проведены на основе выборки лесных пожаров, зафиксированных в 2006 г. в Эвенкии (Красноярский край). Данная выборка использована в качестве тестовой, так как представленные в ней пожары возникли и развивались в экстремальных метеорологических условиях, когда все факторы, влияющие на возникновение пожаров от грозовых молниевых разрядов, соответствовали своим максимальным значениям.

Статистика тестовых пожаров

Тестовые пожары	Кол-во пожаров		Площади поврежденных	
	ед.	%	10 ³ га	%
Всего по базе данных	88	100	273	100
Пожары от молний, для которых $P(x,y) > 0,5$	75	85,2	257	94

вызвано интенсивной грозовой активностью. В соответствии с предлагаемой технологией были проанализированы базы данных по пожарам и молниевым разрядам, а также проведены вычисления рисков возникновения лесных пожаров от молний. Обобщенная статистика по всем 88 случаям лесных пожаров в Эвенкии в июле–августе 2006 г. приведена в таблице.

В процессе оптимизации работы программы выделены три диапазона значений риска возникновения пожаров от молниевых разрядов $P(x,y)$: I — 0–0,5 (низкая); II — 0,5–0,7 (выше среднего); III — >0,7 (высокая). Данная градация использовалась в дальнейшем при анализе всей базы данных лесных пожаров за 2005 и 2006 гг. Максимально эффективно предлагаемая технология разделяет базу данных по критерию «молниевые/иные» при использовании порогового значения $P(x,y) = 0,5$, т. е. при объединении II и III диапазонов вероятностей возникновения пожаров от гроз. Таким образом, получены количественные данные о пожарах на территории азиатской части России, возникновение которых могло быть вызвано природным фактором (молниевые разряды), а так же сделана оценка лесных площадей, поврежденных в результате таких пожаров.

Из общего числа лесных пожаров, зафиксированных спутниковыми методами, доля соответствующих высокой вероятности возникновения от молний составляет 8,3 и 9,2 % для пожароопасных сезонов 2005 и 2006 г. соответственно. При этом количество поврежденных огнем площадей варьирует на уровне 12 % вне зависимости от года. Однако, если исключить из общей статистики пожары, которые относятся к категории нелесных (сельхозпалы, степные пожары и т. д.), то их процент от молний возрастает до 17 % в 2005 г. и 14 % в 2006 г., при этом суммарные площади, поврежденные огнем, составляют 21 и 10,7 % от общей площади соответственно.

Результаты проведенного статистического исследования применимы для косвенной оценки доли пожарных эмиссий, связанных с природным фактором. Таким образом, объективно можно говорить о том, что около 20 % возможных выбросов в атмосферу в результате лесных пожаров на территории России — закономерный показатель, связанный с природными факторами, который следует выделять из общего количества выбросов, связанных с деятельностью человека.

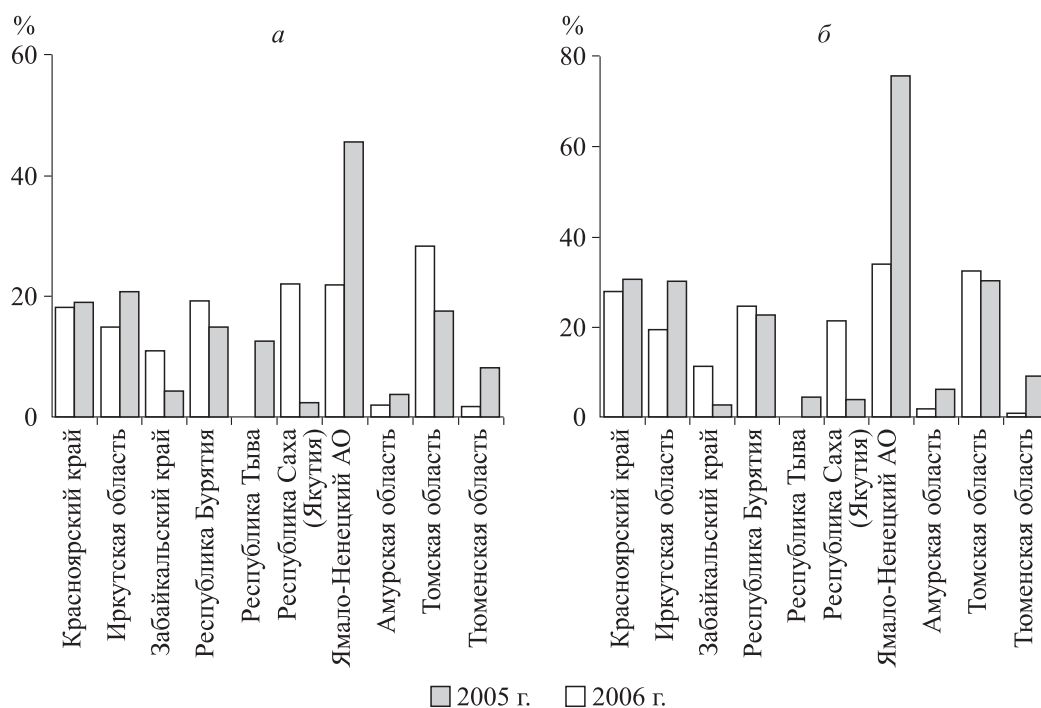


Рис. 1. Статистика лесных пожаров, возникших от молниевых разрядов (а), и количественная характеристика поврежденных лесных площадей (б) по регионам РФ за пожароопасные сезоны 2005 и 2006 гг., %.

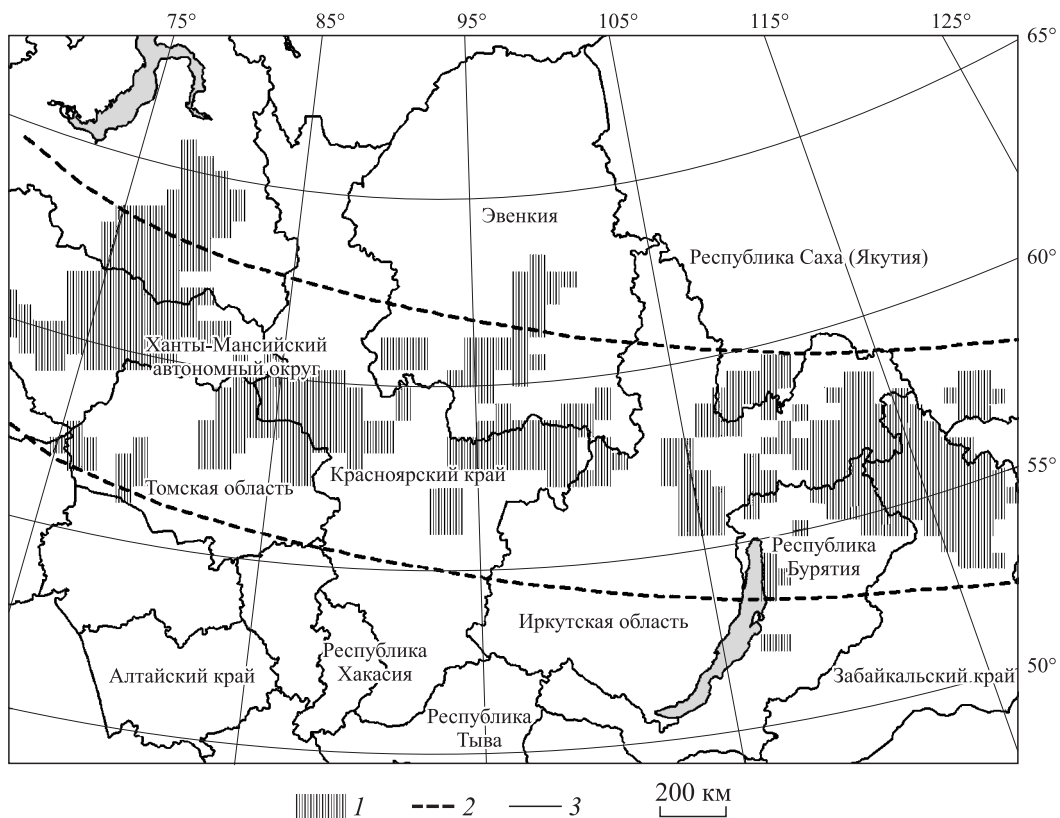


Рис. 2. Результат обработки данных за пожароопасный период 2006 г.

1 — районы максимальной плотности пожаров от гроз. Границы: 2 — зоны концентрации числа пожаров от гроз в различные годы, 3 — субъектов РФ.

Итоги выборочного исследования регионов России (рис. 1) демонстрируют вариацию числа молниевых пожаров в пределах 5–27 % со средним значением, близким к 14 %, а по площадям — 3–34 %, при этом среднее значение близко к 21 %. В целом полученные цифры согласуются с данными, описанными в литературе для различных регионов страны. Присутствующие значения, выбивающиеся из общей картины распределения, например, ситуация в Ямало-Ненецком АО в 2005 г., по всей вероятности, объясняются экстремальными условиями сезона.

С помощью ГИС-технологий построена картосхема пространственного распределения пожаров, возникших в результате гроз. Следует отметить, что большая часть таких пожаров расположена в зоне средних широт (рис. 2). Аналогичное, по сути, распределение характерно и для молниевых пожаров, зафиксированных в течение пожароопасного сезона 2005 г. Согласно результатам применения предложенной методики, большая часть пожаров, зафиксированных вне зоны, не была отнесена к пожарам от молний ($P(x,y) < 0,5$) и не представлена на данной картосхеме (см. рис. 2).

ВЫВОДЫ

В итоге проведенных исследований получены количественные оценки числа лесных пожаров, вызванных грозовой активностью, и суммарных площадей, поврежденных в результате деятельности таких пожаров, в масштабах азиатской части России. Пространственная локализация пожаров от гроз наблюдается в зоне средних широт, что может быть учтено при разработке стратегии противопожарной охраны лесов.

Если полученное распределение лесных пожаров, возникших от молний, статистически подтвердится при обработке данных за другие годы, то можно будет рассматривать эту территорию как зону повышенной грозовой пожарной опасности, что будет полезно при планировании противопожарных мероприятий в соответствующих регионах.

Объективно можно говорить о том, что около 20 % возможных выбросов в атмосферу в результате лесных пожаров на территории России — закономерный показатель, связанный с природными факторами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Uman M. A.** Lightning. — New York: McGraw-Hill, 1969. — 264 p.
2. **Shindo T., Uman M. A.** Continuing current in negative cloud-to-ground lightning // Journ. Geophys. Res. — 1989. — № 94 (D4). — P. 5189–5198.
3. **Коровин Г. Н., Андреев Н. А.** Авиационная охрана лесов. — М.: Агропромиздат, 1988. — 223 с.
4. **Иванов В. А.** Лесные пожары от гроз на Енисейской равнине: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. — Красноярск, 1996. — 23 с.
5. **Иванов В. А.** Механизм возникновения лесного пожара от молнии // Сиб. экол. журн. — 1996. — Т. 3, № 1. — С. 103–107.
6. **Филиппов А. X.** Грозы Восточной Сибири. — Л.: Гидрометеиздат, 1974. — 75 с.
7. **Flannigan M. D., Wotton B. M.** Lightning-ignited fires in northwestern Ontario // Canada Journ. Forest Res. — 1991. — № 21. — P. 277–287.
8. **Latham D., Williams E.** Lightning and forest fires // Forest fires: Behavior and ecological effects. — San Diego: Acad. Press, 2001. — P. 375–418.
9. **Forest fires: Behavior and ecological effects** / Johnson E. A., Miyaniishi K. — San Diego: Acad. Press, 2001. — 594 p.
10. **Столярчук Л. В.** Прогноз и оценка грозовой пожарной опасности в лесу. — Л.: Изд-во ЛенНИИ лесного хоз-ва, 1982. — 27 с.
11. **Коршунов Н. А.** Лесные пожары от молний на территории Красноярского Приангарья: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. — Красноярск, 2002. — 26 с.
12. **Иванов В. А.** Методологические основы классификации лесов Средней Сибири по степени пожарной опасности от гроз: Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. — Красноярск, 2006. — 42 с.
13. **Kourtz P., Todd B.** Predicting the Daily Occurrence of Lightning-Caused Forest Fires // Information Report PI-X-112 Petawawa National Forestry Institute Forestry. — Canada, 1991. — 18 p.
14. **Пономарёв Е. И., Иванов В. А., Коршунов Н. А.** Спутниковые данные TOVS применительно к задаче прогнозирования грозовой пожарной опасности в лесу // География и природ. ресурсы. — 2006. — № 1. — С. 147–150.
15. **Ершов Д. В., Коровин Г. Н., Подольская А. С.** Оценка риска возникновения пожаров от молний по данным грозопеленгации // Пожары в лесных экосистемах Сибири. — Красноярск: Изд-во Ин-та леса СО РАН, 2008. — С. 52–53.
16. **Куценогий К. П., Самсонов Ю. Н., Чуркина Т. В. и др.** Содержание микроэлементов в аэрозольной эмиссии при пожарах в бореальных лесах Центральной Сибири // Оптика атмосферы и океана. — 2003. — Т. 16, № 5–6. — С. 461–465.

Поступила в редакцию 25 августа 2009 г.