

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 630*426.1/43/431.1

Е. И. ПОНОМАРЕВ, В. А. ИВАНОВ, Н. А. КОРШУНОВ

СПУТНИКОВЫЕ ДАННЫЕ TOVS ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ГРОЗОВОЙ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ В ЛЕСУ

Рассмотрен вопрос использования спутниковых данных NOAA/TOVS при решении задачи прогнозирования грозовой активности, вызванной внутримассовой облачностью. Получено модельное уравнение для вычисления грозового индекса. Разработана технология ежедневного создания карт-схем грозового индекса. Обсуждается вопрос включения грозового индекса в качестве информационного слоя в ГИС противопожарного мониторинга лесов России.

The issue of using NOAA/TOVS satellite data in solving the problem of forecasting the air-mass cloud lightning activity is considered. A model equation for calculating the lightning index has been obtained. The technology for compiling daily lightning index diagrammatic maps has been worked out. The question of including the lightning index as an informational layer in the Russian forest fire monitoring GIS is discussed.

В отечественных и зарубежных публикациях, посвященных вопросам лесной пирологии, отмечается значительная роль молниевых разрядов при возникновении лесных пожаров (ЛП). В течение пожароопасного сезона от молний возникает от 5 до 15 % лесных пожаров [1–3]. Эта цифра сильно варьирует и может считаться условной, так как достаточно достоверного метода диагностики причин возникновения лесного пожара нет. Однако нельзя отрицать того, что на малонаселенных территориях молния является одним из главных факторов, вызывающих лесные пожары. Приводятся данные о 70 % таких случаев [2], хотя, по нашему мнению, при этом следует принимать во внимание, какое количество пожаров дает такой высокий процент. Естественно, что в труднодоступных местах общее количество ЛП ниже, чем в местах, доступных человеку.

Таким образом, молниевые разряды — одно из важнейших звеньев системы, включающей запас лесных горючих материалов, условия высыхания, источник огня, лесной пожар. В связи с этим разработка методики прогнозирования грозовой пожарной опасности — задача актуальная, и решать ее нужно с учетом специфики российской системы противопожарного мониторинга лесов.

ТЕХНОЛОГИЯ ОЦЕНКИ ГРОЗОВОГО ИНДЕКСА

Следует выделять два возможных сценария грозовой активности: молниевые разряды, вызванные прохождением крупномасштабной фронтальной облачности, и разряды, формирующиеся в локальной внутримассовой облачности. В первом случае влияние на лесопожарную обстановку сложно и приводит к неоднозначным последствиям: возможна инициация новых источников огня, раздувание тлеющих очагов, а также и ликвидация пожаров, так как фронтальные грозы часто сопровождаются осадками. Этот тип грозовой активности можно прогнозировать заблаговременно, поскольку время существования мощных атмосферных фронтов составляет десятки дней и их передвижение можно проследить.

В то же время наиболее опасны грозы, обусловленные внутримассовой облачностью, как источники новых возгораний в лесу. Этот тип грозовой активности локализован и имеет кратковременный характер. Оценку вероятности внутримассовой грозовой активности можно получить лишь на основе непрерывного мониторинга за состоянием температурных профилей атмосферы. Учитывая территориальные особенности России, наиболее приемлемо для этих целей использование спутниковой информации.

© 2006 Пономарев Е. И., Иванов В. А., Коршунов Н. А. (e-mail: evg@ksc.krasn.ru; nk@ksc.krasn.ru)

Нами разработана технология использования данных о температурных профилях атмосферы, получаемых спутниковым зондом TOVS. Радиометр TIROS-TIROS Operational Vertical Sounder (TOVS) представляет собой комплекс трех независимых сканирующих систем, работающих в видимом, инфракрасном и микроволновом диапазонах спектра. С их помощью проводится вертикальное зондирование атмосферы и восстанавливается ряд метеорологических параметров на разных высотах. Данные TOVS с достаточной степенью надежности описывают состояние нижней атмосферы [4].

Грозовой индекс представляет условную величину, характеризующую тот или иной район и коррелирующую с количеством фиксируемых там молниевых разрядов. Критерий вероятности развития грозовых явлений вычисляется на основе данных о состоянии атмосферы на уровнях 500, 700 и 850 гПа, где формируется внутримассовая облачность и возможен активный процесс конденсации воды и электрификации облака.

Наиболее информативная характеристика возникновения молниевых разрядов — разность между температурой частицы, поднятой влажноадиабатически с уровня 850 до 500 гПа, и фактической температурой воздуха на верхнем уровне [5]. При этом грозовой индекс (K) может быть записан как

$$K = T^B - T = T_{850}^B - T_{500},$$

где T^B — влажноадиабатическая температура, соответствующая уровню 850 гПа (определяется по аэрологической диаграмме или таблице); T_{850} и T_{500} — температуры воздуха на уровне 850 и 500 гПа.

В методе Уайтинга [6] для расчета индекса грозы используют добавочные информационные признаки — температуру точки росы на высотах, соответствующих давлению 850 и 700 гПа:

$$K = 2 \cdot T_{850} - T_{500} - D_{850} - D_{700},$$

где T_{850} и T_{500} — температура воздуха на уровне 850 и 500 гПа; D_{850} и D_{700} — значения температуры точки росы на уровнях 850 и 700 гПа.

Оба предложенных метода основаны на эмпирическом подходе и имеют различные пороговые значения грозового индекса: $K \geq 6$ — критерий гроз по методу Ленинградского научно-исследовательского института лесного хозяйства; по методу Уайтинга многочисленные грозы возможны при $25 < K < 30$. В нашей технологии оценки индекса грозы объединены оба подхода, однако с учетом специфики исходных (спутниковых) данных, а также эмпиричности коэффициентов в уравнениях и пороговых значений критерия грозы модель пришлось оптимизировать с целью повышения уровня ее корреляции со статистическими данными о грозах на территории Средней Сибири в 2001–2004 гг.

В нашем случае модель грозового индекса принимает следующий вид:

$$K = \mu \sum a_i \cdot X_i,$$

где X_i — информационные поля; a_i — весовые коэффициенты; $\mu = 1/(1 + b \cdot T_3)$ — нормировочный коэффициент, отражающий величину температуры воздуха в приземном слое (T_3).

В связи с эмпиричностью этого подхода как значимого критерия достоверности нами выбран коэффициент корреляции показателей модели со статистическими данными. Таким образом, оптимизация заключалась в таком выборе информативных полей и расчете коэффициентов, чтобы достигнуть максимальной корреляции модели и реальных данных.

После оптимизации соотношение приняло вид:

$$K = \frac{1}{1 - 0,08 \cdot T_3} \cdot (2,3 \cdot T_{850} + 2,1 \cdot T_{500} - 1,8 \cdot D_{850} - 2,3 \cdot D_{700}),$$

где T и D — температуры воздуха и точки росы на соответствующих уровнях, полученные по данным зонда TOVS; T_3 — температура воздуха в приземном слое.

При этом коэффициент корреляции для отдельных районов территории западной части Средней Сибири достаточно высок ($r \approx 0,8$), а пороговое значение индекса K , соответствующее массовым грозовым разрядам, на порядок превышает фоновые значения.

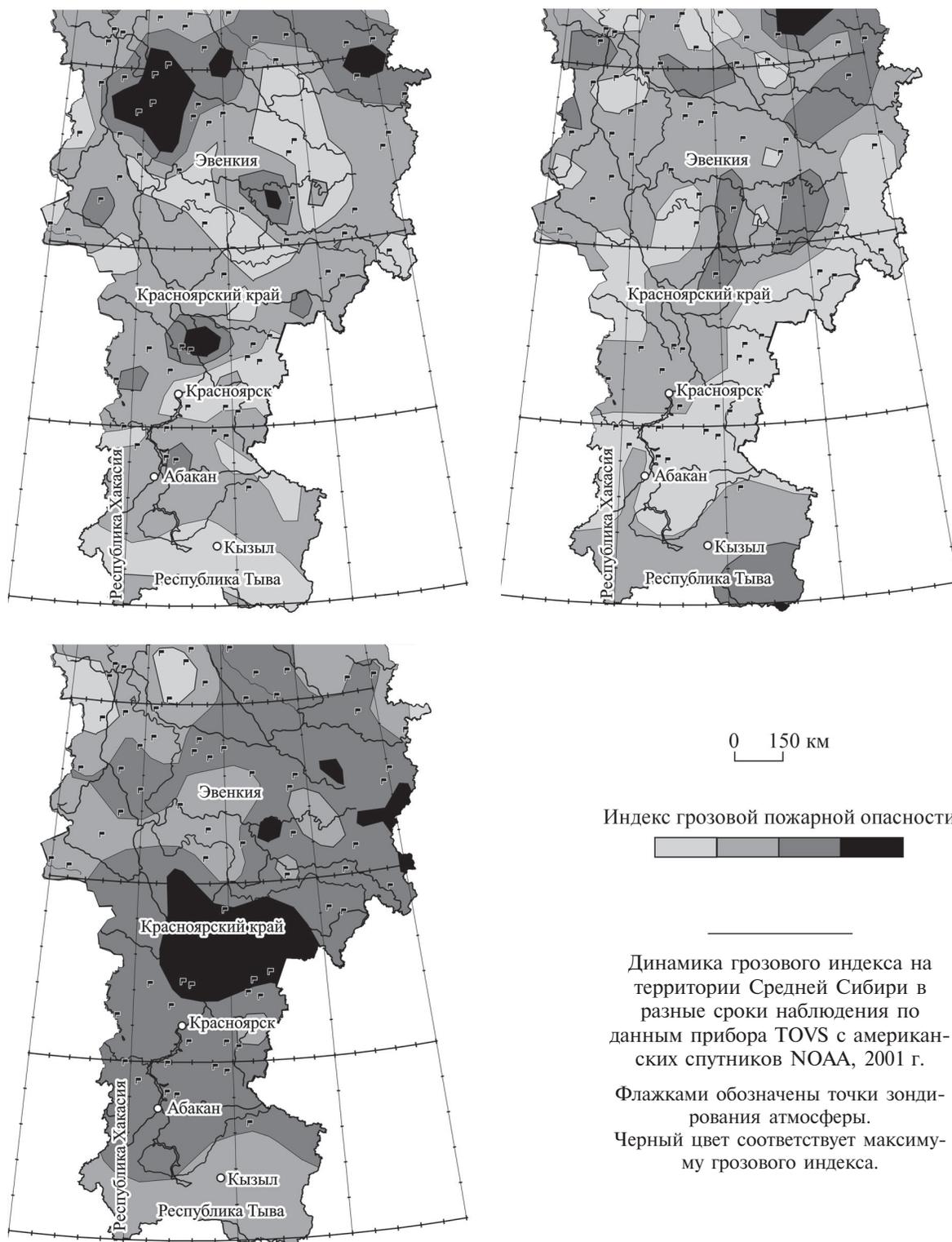
Анализ статистических данных позволяет говорить о том, что грозовой индекс, вычисленный на основе спутниковых данных, согласуется с реальными показателями в 70 % случаев. Причиной же несогласованности можно считать: несовершенство системы регистрации молниевых разрядов; возможные несовпадения сроков рассчитанного грозового индекса и реальных разрядов в связи с кратковременностью локальных процессов образования внутримассовой облачности; наличие в статистике таких данных о грозовых разрядах, вызванных фронтальной облачностью, где предложенный метод, вероятно, не совсем справедлив, так как не выяснен вопрос адекватности спутниковых данных в условиях нестабильной атмосферы.

ГРОЗОВОЙ ИНДЕКС В ГИС ПРОТИВОПОЖАРНОГО МОНИТОРИНГА ЛЕСОВ

Система оценки пожарной опасности лесов должна учитывать большое количество значимых факторов. Этот вопрос широко обсуждается, и более близок к идеальному подход, реализованный в Канаде, однако применим он только для этой страны [7]. Наиболее эффективный способ сведения пространственных данных в единую систему — геоинформационная технология. Структура слоев геоинформационной системы (ГИС) содержит информацию о пожарном состоянии лесных участков, источниках огня, в том числе о прогнозе грозовой активности.

Методики оценки грозовой пожарной опасности основываются обычно на анализе статистического материала, в частности — на статистике гроз над определенной территорией [8]. Такой вероятностный подход ограничивает отсутствие долговременных, а главное, надежных данных, особенно по неохранным малонаселенным районам страны.

Предложенный нами метод оценки грозового индекса основан на данных точек зондирования атмосферы прибором TOVS, которые можно получать до четырех раз в сутки с нерегулярной сети точек с интервалом от 17 до 100 км. Параметры нижней атмосферы могут быть интерполированы на радиус до



200 км [5]. Таким образом, плотность точек зондирования позволяет регулярно составлять пространственную карту-покрытие для всей территории Средней Сибири с классификацией ее по классам грозовой пожарной опасности и в соответствии со значением грозового индекса (см. рисунок).

Информационный слой, позволяющий классифицировать территорию на основе грозового индекса, в совокупности с картой-схемой пожарной опасности по условиям погоды [9] дает возможность оценить вероятность возникновения лесных пожаров на базе природных факторов (без учета антропогенного воздействия). При дальнейшем развитии ГИС противопожарного мониторинга лесов возможен анализ иных значимых факторов как природного, так и антропогенного характера, что позволит создать комплексный прогноз пожароопасной обстановки в лесах.

Работа выполнена при финансовой поддержке Красноярского краевого фонда науки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Коровин Г. Н., Андреев Н. А.** Авиационная охрана лесов. — М.: Агропромиздат, 1988.
2. **Иванов В. А.** Лесные пожары от гроз на Енисейской равнине: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. — Красноярск, 1996.
3. **Иванов В. А.** Грозоактивность и лесные пожары // Лесные пожары и борьба с ними. — М., 1987.
4. **Ромасько В. Ю., Кашкин В. Б., Зализняк Е. Л., Сухинин А. И.** Исследование точности вертикального зондирования нижней атмосферы по данным TOVS с американских полярно-орбитальных спутников // Метеорол. и гидрол. — 2001. — № 4.
5. **Прогноз** и оценка грозовой пожарной опасности в лесу. Методические рекомендации. — Л., 1982.
6. **Богаткин О. Г., Goverдовский В. Ф., Еникеева В. Д.** Практикум по авиационной метеорологии. — Л.: Гидрометеиздат, 1987.
7. **Stocks B. J., Lawson B. D., Alexander M. E. et al.** The Canadian Forest Fire Danger Rating System: an overview // For. Chron. — 1989. — Vol. 65, № 6.
8. **Барановский Н. В.** Влияние антропогенной нагрузки и грозовой активности на вероятность возникновения лесных пожаров // Сиб. экол. журн. — 2004. — Т. 11, № 6.
9. **Сухинин А. И., Пономарев Е. И.** Картирование и краткосрочное прогнозирование пожарной опасности в лесах Восточной Сибири по спутниковым данным // Сиб. экол. журн. — 2003. — Т. 10, № 6.

*Институт леса СО РАН,
Сибирский технологический университет, Красноярск
Лесно-производственная служба Красноярской базы
авиационной охраны лесов*

*Поступила в редакцию
16 февраля 2005 г.*