

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СЦЕНАРИЕВ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ В ЛЕСАХ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ

© С.В. Ушанов, А.Г. Французов

ГОУ ВПО Сибирский государственный технологический университет
г. Красноярск, Россия

Рассматривается применение методов имитационного моделирования для определения сценариев пожарной опасности в лесах при изменении температуры. При расчетах используются ретроспективные данные о лесных пожарах на территории Богучанского района Красноярского края.

Application of simulation methods for determining of the scenarios of fire hazard in the forests with change in the temperature has been examined. At calculations the retrospective data about forest fires in the territory of Boguchany District of Krasnoyarskiy Region have been used.

Число ежегодно возникающих лесных пожаров и охватываемая ими площадь в значительной степени определяется природно-климатическими условиями на территории лесного фонда России. Прогнозируемые глобальные изменения климата могут привести к изменениям числа и площади лесных пожаров, степени их воздействия на лесные экосистемы [2, 4]. Получены приближенные оценки последствий такого влияния для лесов России и Канады [2, 9-12]. Климатические изменения воспроизводятся с помощью численных моделей общей циркуляции атмосферы (МОЦА) [1, 7], а влияние климатических изменений на комплекс основных характеристик пожароопасного сезона исследуется методами регрессионного анализа [2]. В силу инерционности лесных экосистем, изменение возрастной и породной структуры древостоев не может осуществляться в таком же темпе, как климатические изменения [2].

Проведенный Г.Н. Коровиным и Н.В. Зукертом [2] анализ статистических наблюдений за 1958-2001 гг. показал наличие тесных корреляционных связей между средней температурой вегетационного периода, среднегодовым значением класса пожарной опасности (КПО), продолжительностью пожароопасного периода и комплексным метеорологическим показателем В.Г. Нестерова [2, 8], который характеризует уровень риска возникновения лесного пожара. Показана линейная зависимость среднегодового значения КПО от средней температуры вегетационного периода. Отмечается, что повышение температуры

вегетационного периода на 1°C сопровождается ростом среднего класса пожарной опасности на 0.165 ($\Delta = 0,165 \times \Delta T$, где Δ - изменение среднего значения КПО, ΔT – изменение температуры вегетативного периода).

В [5] предложена имитационная модель для генерирования сценариев пожароопасных периодов на основании ретроспективных данных о суточном изменении КПО, времени и координат возникновения лесных пожаров. Модель включает шесть имитационных подмоделей. Расчеты выполняются в следующей последовательности:

- По модели «определение КПО на каждый день пожароопасного периода (ПП)» имитируется динамика суточного значения КПО, определяется дата начала, окончания и продолжительность ПП. Изменение КПО на каждый день пожароопасного периода, рассматривается как марковский процесс, с матрицей переходов, зависящей от КПО текущего и предыдущего дня пожароопасного периода.

- Генерируется суточное число пожаров на каждый день ПП, как случайная величина, имеющее распределение, зависящее от суточного уровня КПО и порядкового номера дня ПП.

- Генерируются координаты возникновения каждого лесного пожара, как случайные величины, имеющие распределение, зависящие от порядкового номера дня ПП.

Имитационная модель генерирования числа пожаров в зависимости от текущего уровня КПО и периода пожароопасного

сезона, а также модель определения координат и времени суток возникновения лесных пожаров рассматривается как разновидность Бутстреп-метода [3, 5].

По ретроспективным данным о лесных пожарах на территории Богучанского района Красноярского края (59° с.ш.) за 1992 – 2003 гг. получены параметры рассмотренных выше моделей. На рисунке 1 представлены функции распределения среднего значения КПО исходного и смещенного набора реализаций пожароопасного периода при увеличении температуры вегетационного периода на 1 °С. Исходная функция распределения получена по результатам 100000 вычислительных экспериментов [6].

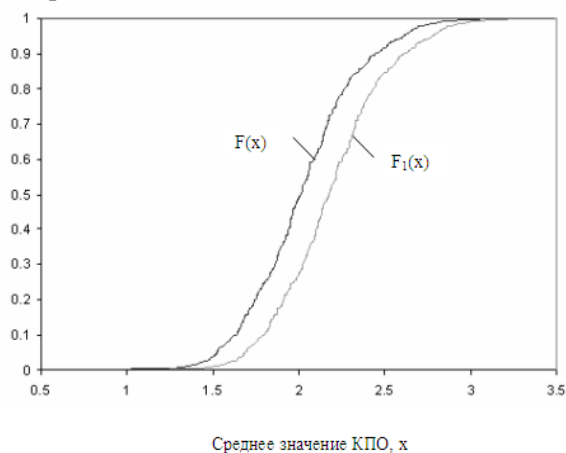


Рисунок 1 - Функции распределения среднего значения КПО исходного ($F(x)$) и смещенного ($F_1(x)$) набора имитаций, обусловленного изменением температуры вегетационного периода на 1°C. Из полученной выборки случайным образом выбран набор из 2000 имитаций, среднее значение КПО которого соответствует повышению температуры (потеплению) вегетационного периода на 1°C.

В результате эксперимента выявлены характерные изменения в распределении дней пожароопасного периода по уровням КПО и распределение среднего числа пожаров по месяцам. На рисунках 2 - 4 представлены вероятности возникновения суточных значений КПО по месяцам, а на рисунке 5 - средние значения числа пожаров для исходного состояния и состояния, соответствующего условиям повышения температуры вегетационного периода на 1°C.

Расчеты показали, что при увеличении температуры вегетационного периода на 1°C показатель напряженности пожароопасного сезона увеличится на 11% (с 0,55 до 0,6), среднегодовое число пожаров возрастет на 11%

(с 95 до 105), общая площадь пройденная огнем увеличится на 17%. Полученные результаты сравнимы с результатами корреляционного анализа Коровина Н.В. и Зукерта Г.Н. [2] по анализу влияния климатических изменений на лесные пожары в России для соответствующей географической широты.

Рисунок 2 - Вероятности суточного уровня КПО = 3 по месяцам пожароопасного периода

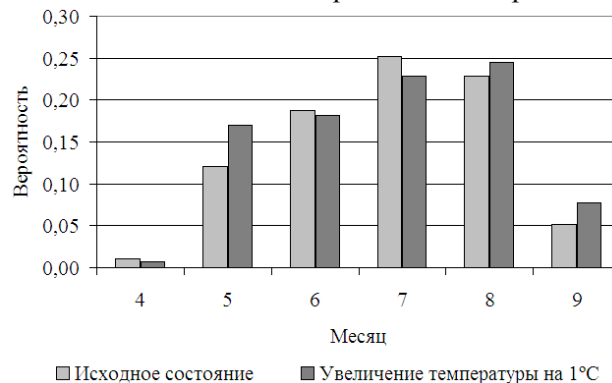


Рисунок 3 - Вероятности суточного уровня КПО = 4 по месяцам пожароопасного периода

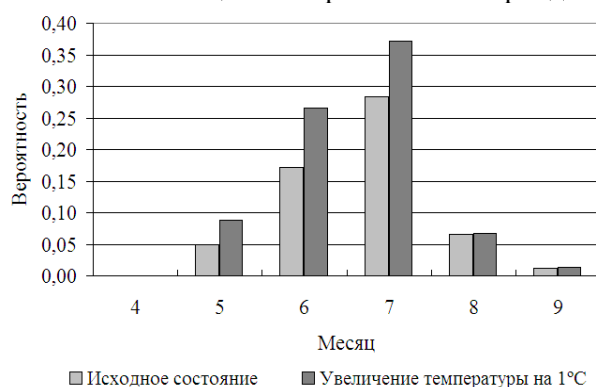


Рисунок 4 - Вероятности суточного уровня КПО = 5 по месяцам пожароопасного периода

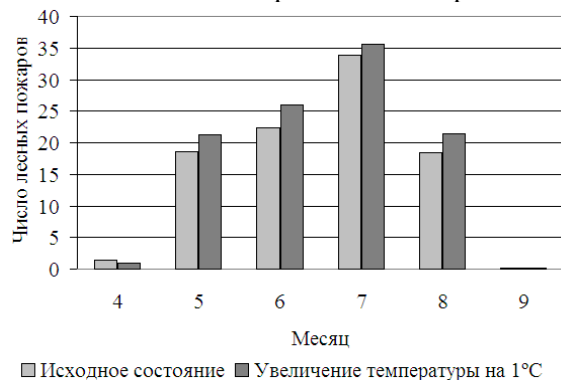
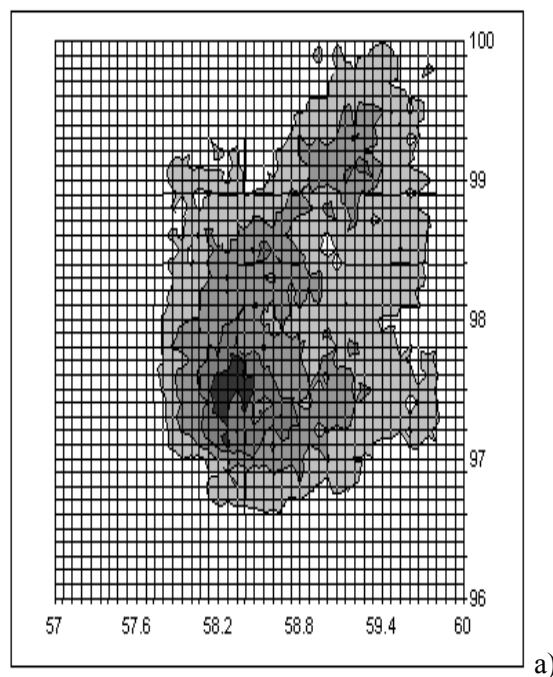
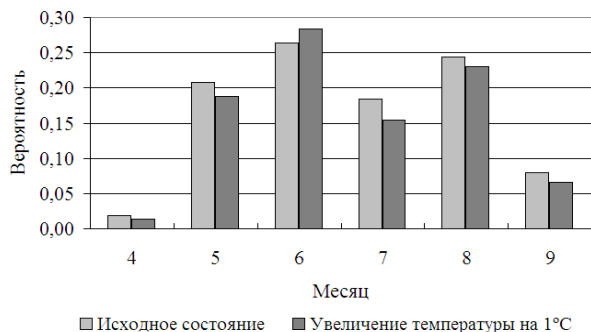


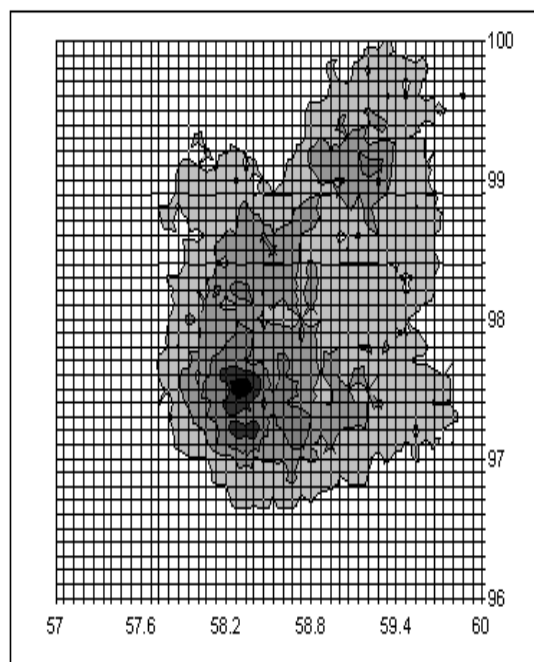
Рисунок 5 - Среднее число пожаров по месяцам пожароопасного периода

На рисунке 6 представлена частота распределения лесных пожаров на территории Богучанского района в настоящее время (рисунок 6а) и в условиях увеличения температуры вегетационного периода (потепления) на 1°C (рисунок 6б). Усилению интенсивности серого цвета соответствует

увеличение частоты возникновения лесных пожаров. Расчеты показывают, что при потеплении лесные пожары захватывают большую территорию и становятся более частыми.



а)
настоящее время



б) условия изменения температуры
вегетационного периода на 1°C

Рисунок 6 - Интенсивность возникновения лесных пожаров в августе на территории Богучанского района Красноярского края

Библиографический список

1. Будыко М.И. Климат конца двадцатого века //Метеорология и гидрология, №10, 1998 - С. 5-23.
2. Коровин Г.Н., Зукерт Н.В. Влияние климатических изменений на лесные пожары в России, www.rusru.ru/kycto/articles/art_climate_forest.htm, 2002
3. Орлов А.И. Эконометрика. – М.: Экзамен, 2002. – 576 с.
4. Павлов И.Н. Глобальные изменения среды обитания древесных растений. – Красноярск: СибГТУ, 2003. – 156 с.
5. Ушанов С.В. Имитационная модель возникновения лесных пожаров / Ушанов С. В., Главацкий Г.Д., Груманс В.М. // Эколого-экономические проблемы восточно-сибирского региона, Вып. 1, 2001 - С. 142-157.
6. Ушанов С.В. Моделирование изменения основных характеристик пожароопасного сезона в условиях изменения средней температуры вегетационного периода на примере Богучанского района Красноярского края /Ушанов С.В., Фадеенков О.В. //Вестник КрасГАУ, 2006, № 14, с. 104-110
7. Хромов С.Л. Метеорология и климатология / Хромов С.Л., Петросянц М.А. – М.: МГУ, 2004. – 582 с.
8. Червонный М.Г. Охрана лесов. М.: Лес. пром., 1981. – 320 с.
9. Flannigan M.D., Van Wagner C.E. Climate change and wildfire in Canada // Can. J. For. Res., 1991, pp. 21,66-72.
10. Kirilenko A.P., Belotelov N.V., Bogatyrev B.G. Global model of vegetation migration: incorporation of climatic variability // Ecological modelling, 132 (1-2), pp.125-134.
11. Rizzo B., Wiken E. Assessing the sensitivity of Canada's ecosystem to climate change // Climatic Change, 21, 1992, pp. 37-55
12. Torn M.S., Fried J.S. Predicting the impact of global warming on wildland fire // Climatic Change, 21, 1992, pp. 257-27

