

# СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ИНДЕКСОВ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ

*И.М. Губенко, К.Г. Рубинштейн*

*Гидрометеорологический научно-исследовательский центр Российской Федерации  
GubenkoIM@gmail.com*

## Введение

Лесные пожары являются серьезной проблемой населения во всем мире, так как помимо прямого ущерба, включающего в себя человеческие жертвы, затраты на тушение и восстановление пострадавших территорий, стоимость выгоревшей древесины, нарушается экологический баланс на данной территории: уничтожаются места обитания животных, что приводит к их миграции в другие районы, повреждается структура, химический состав, микрофлора и фауна почвы, происходят выбросы углекислого газа и канцерогенов в атмосферу [5]. В табл. 1 представлены данные Федеральной службы государственной статистики (Росстата) по лесным пожарам на территории России в 2007–2011 гг.

*Таблица 1*

**Общероссийская статистика по лесным пожарам за 2007–2011 гг.**

| Год  | Число лесных пожаров, тыс. ед. | Лесные земли, пройденные пожарами, тыс. га | Сгорело леса, млн м <sup>3</sup> |
|------|--------------------------------|--|----------------------------------|
| 2007 | 17,8                           | 1036,1                                     | 16,5                             |
| 2008 | 26,3                           | 2069,8                                     | 30,1                             |
| 2009 | 23,2                           | 2111,6                                     | 25,4                             |
| 2010 | 34,8                           | 2026,9                                     | 93,1                             |
| 2011 | 21,1                           | 1804,9                                     | 28,7                             |

Проблема прогноза степени пожароопасности лесов в связи с природными (засуха, наземные грозные разряды) или антропогенными (умышленный поджог, халатное поведение людей в лесу, воздействие автомобильных и железных дорог и др.) факторами весьма актуальна [1].

В лесопожарной охране важную роль играет своевременная и корректная оценка лесной пожарной опасности. Основу такой оценки составляют индексы лесной пожарной опасности – математические формулы, формализующие влияние осадков, температуры и влажности воздуха, влагосодержания лесных горючих материалов, деятельности человека, грозную

активность и иные факторы, и позволяющие прогнозировать возможность возникновения пожаров на определенной территории.

Лесные горючие материалы (ЛГМ) – растительные (древесные и травянистые) материалы, способные воспламеняться от источников высоких температур, подразделяются на легковоспламеняемые и быстрогоримые (сухая трава, мхи, лишайники, отмершие листья, хвоя, мелкие ветки, сучья и т.п.) и медленно воспламеняемые и медленно горимые: валежник, пни, нижние слои лесной подстилки, кустарники, деревья).

В различных странах мира разработаны собственные, несколько отличающиеся, индексы лесной пожарной опасности, например:

- комплексный показатель пожарной опасности В.Г. Нестерова (Россия);
- индекс лесной пожарной опасности (Австралия);
- национальная рейтинговая система пожарной опасности (США);
- рейтинговая система лесной пожарной опасности (Канада).

Целью данного обзора являлось описание методик расчета индексов лесной пожарной опасности, а также проведение априорного сравнения индексов лесной пожарной опасности.

### **Комплексный показатель пожарной опасности В.Г. Нестерова (Россия)**

В России ГОСТ Р 22.1.09-99 «Мониторинг и прогнозирование лесных пожаров. Общие требования» устанавливает использование комплексного показателя пожарной опасности В.Г. Нестерова (КПО), предложенного им в 1949 году [4].

КПО представляет собой кумулятивную сумму произведения температуры воздуха на разность температур воздуха и точки росы, вычисляемую для отдельного пункта и конкретного времени по формуле

$$\text{КПО}_N = \text{КПО}_{N-1} \cdot K_{oc} + [t(t - t_d)]_N, \quad (1)$$

где  $\text{КПО}_N$  – значение КПО, рассчитываемое на текущий день, °С;  $\text{КПО}_{N-1}$  – значение КПО, рассчитываемое на предыдущий день,  $\text{КПО}_{N-1} = t(t - t_d)$ , °С;  $K_{oc}$  – коэффициент поправки на осадки (равен единице, если количество осадков менее 3 мм, равен нулю, если количество осадков больше или равно 3 мм);  $t$  – температура воздуха в 12–15 ч местного времени или в ближайший к нему срок синхронных метеорологических наблюдений, °С;  $t_d$  – точка росы за тот же срок, °С;  $(t - t_d)$  – дефицит точки росы, °С.

По полученному числовому значению КПО с помощью шкалы определяется класс и степень пожарной опасности [4]. Общероссийская шкала имеет пять классов пожарной опасности в лесу по условиям погоды (табл. 2). Для отдельных регионов значения

комплексного показателя по классам могут отличаться от значений общероссийской шкалы, разработаны региональные шкалы пожарной опасности в лесу по условиям погоды, учитывающие местные особенности этих регионов.

Таблица 2

Общероссийская шкала пожарной опасности по условиям погоды

| КПО              | Класс пожарной опасности по условиям погоды | Степень пожарной опасности |
|------------------|---|----------------------------|
| До 300           | I   | –                          |
| От 301 до 1000   | II  | Малая                      |
| От 1001 до 4000  | III   | Средняя                    |
| От 4001 до 10000 | IV  | Высокая                    |
| Более 10000      | V   | Чрезвычайная               |

Примеры представления фактических данных о пожароопасности в лесных массивах на территории России и Московской области за 2 ноября 2011 г. показаны на рис. 1 и 2 (по данным ФГБУ «Гидрометцентр России»).

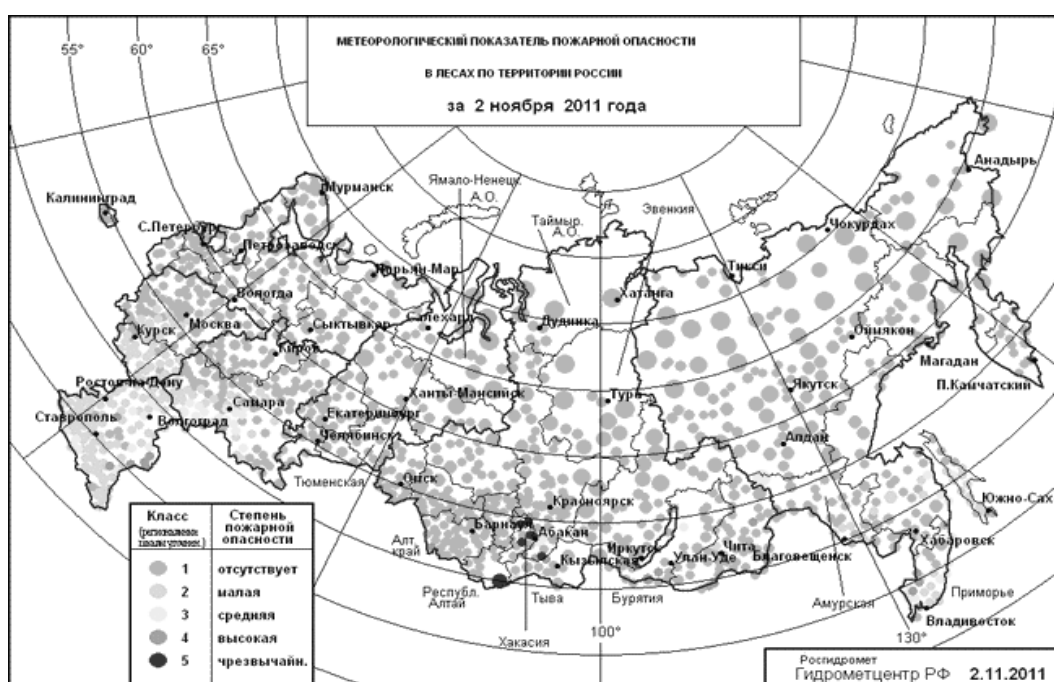


Рис. 1. Пожароопасность в лесных массивах на территории России за 2 ноября 2011 г.

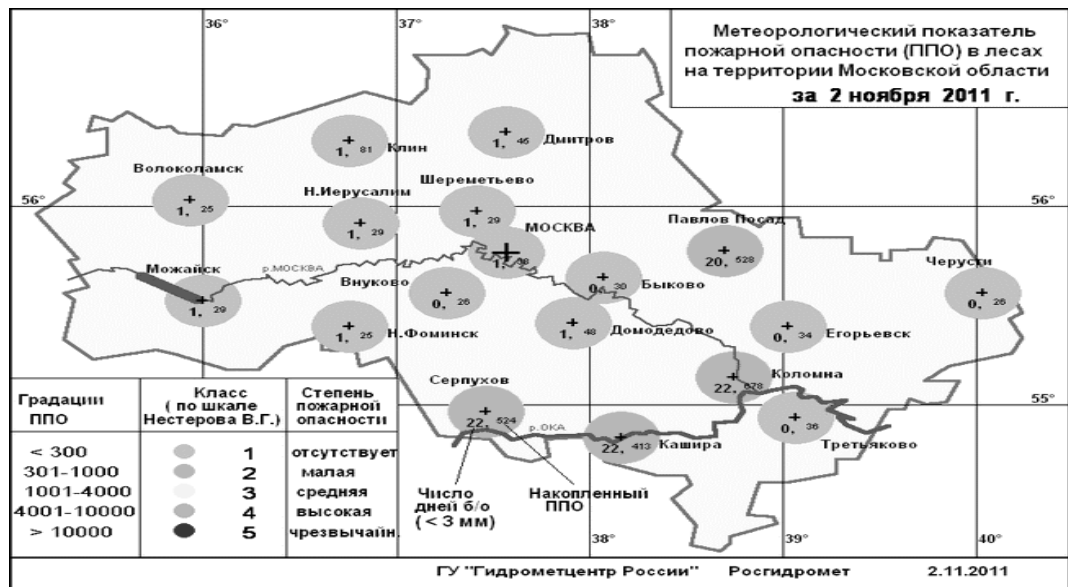


Рис. 2. Пожароопасность в лесных массивах на территории Московской области за 2 ноября 2011 г.

Основным недостатком КПО является весьма грубая поправка на осадки. В этой связи в 1976 г. Ленинградский научно-исследовательский институт лесного хозяйства (ЛенНИИЛХ) ввел показатель влажности надпочвенного покрова (ПВ1) с дифференцированными поправками на осадки, а также показатель влажности лесной подстилки (ПВ2). Вычисление этих показателей начинают со дня устойчивого схода снежного покрова (в этот день значения показателей равны нулю) по следующим формулам [3, 6]:

$$(ПВ1)_N = \{(ПВ1)_{N-1} + [t(t - t_d)]_{N-1}\} \cdot (K_{оспв1})_N, \quad (2)$$

где  $(ПВ1)_N$  – значение (ПВ1), рассчитываемое на текущий день, °С;  $(ПВ1)_{N-1}$  – значение (ПВ1), рассчитываемое на предыдущий день, °С;  $K_{оспв1}$  – коэффициент поправки на осадки. Значения  $K_{оспв1}$  определяются по табл. 3.

Таблица 3

Соответствие среднесуточного количества осадков величине коэффициента поправок на осадки ( $K_{оспв1}$ )

| Осадки, мм  | $K_{оспв1}$ |
|-------------|-------------|
| Менее 0,5   | 1           |
| От 0,6 до 2 | 0,8         |
| От 3 до 5   | 0,4         |
| От 6 до 12  | 0,2         |
| От 13 до 19 | 0,1         |
| Более 19    | 0           |

$$(ПВ2)_N = [(ПВ2)_{N-1}] \cdot K'_{оспв2} + [t(t - t_d)]_{N-1} \cdot K''_{оспв2}, \quad (3)$$

где  $(ПВ2)_N$  – значение  $(ПВ2)$ , рассчитываемое на текущий день, °С;  $(ПВ2)_{N-1}$  – значение  $(ПВ2)$ , рассчитываемое на предыдущий день, °С;  $K'_{оспв2}$  – коэффициент поправок на осадки за предыдущий день;  $K''_{оспв2}$  – коэффициент поправки на осадки за текущий день.  $K_{оспв2}$  равен нулю в случае, если суммарное количество осадков на утро текущего дня составляет 1,6 мм и более, и равен единице, когда их сумма менее 1,6 мм [3]

Поскольку расчеты ПВ1 и ПВ2 проводят утром (8–9 ч местного времени), то это является дополнительным преимуществом перед КПО, так как обнаружение пожаров и другие лесопожарные мероприятия должны планироваться на утро [3].

В 1990 г. М.А. Сафронов и А.В. Волокитина модифицировали КПО, дополнив его поправкой на гигроскопичность мхов, лишайников, опада и других ЛГМ. Усовершенствованный индекс получил название показателя влажности с учетом гигроскопичности (ПВГ). Расчет ПВГ осуществляется по формуле [3, 6]:

$$(ПВГ)_N = [(ПВГ)_{N-1} + (t + 10)_N (t - t_d - 5)_N] \cdot (K_{оспвг})_N, \quad (4)$$

где  $(ПВГ)_N$  – значение ПВГ, рассчитываемое на текущий день, °С;  $(ПВГ)_{N-1}$  – значение ПВГ, рассчитываемое на предыдущий день, °С;  $K_{оспвг}$  – коэффициент поправки на гигроскопичность.

Для расчета  $K_{оспвг}$  существует две методики [6].

1. С учетом суммарного количества выпавших осадков

$$K_{оспвг} = \frac{1,8}{(ОС + 1)}, \quad (5)$$

где ОС – сумма осадков за последние 24 часа, мм. Если ОС меньше 0,6 мм, то  $K_{оспвг}$  принимают равным единице.

2. С учетом суточной продолжительности выпадения осадков (аналогично американской модели)

$$K_{оспвг} = \frac{1,8}{(1,3\Delta + 1)}, \quad (6)$$

где  $\Delta$  – суточная продолжительность выпадения осадков, ч. Если  $\Delta$  меньше 0,5 ч, то  $K_{оспвг}$  принимают равным единице.

Стоит отметить, что модифицированный КПО применяется Португальским метеорологическим институтом в качестве основного показателя пожарной опасности в лесу [12].

## Индекс лесной пожарной опасности (Австралия)

Для прогнозирования пожарной опасности Австралийское метеорологическое бюро использует индекс лесной пожарной опасности МакАртура (ИЛПО), формализующий влияние относительной влажности, максимальной температуры воздуха, усредненное значение скорости ветра в течение дня, а также показателя влажности ЛГМ [7]

$$\text{ИЛПО}_N = 2e^{(-0,45+0,987 \cdot \ln(\text{ПВ})-0,0345 \cdot \text{ОВ}+0,0338 \cdot t_N+0,0234 \cdot \text{СВ})}, \quad (7)$$

где  $\text{ИЛПО}_N$  – значение ИЛПО, рассчитываемое на текущий день; ПВ – показатель влажности ЛГМ; ОВ – минимальный показатель относительной влажности воздуха в течение дня, для которого рассчитывается индекс, %;  $t_N$  – максимальная температура воздуха в течение дня, °С; СВ – усредненное значение скорости ветра в течение дня, для которого рассчитывается индекс, км/ч.

ПВ отражает готовность ЛГМ к воспламенению и вычисляется по формуле [9]

$$\text{ПВ} = \frac{1,9 \cdot [(\text{П}_{\text{зас}} + 104) \cdot (\Delta_{\text{П}} + 1)^{1,5}]}{3,52 \cdot (\Delta_{\text{П}} + 1)^{1,5} + (\text{ОС} - 1)}, \quad (8)$$

где  $\text{П}_{\text{зас}}$  – показатель засухи почвы (Индекс Китча–Бирама);  $\Delta_{\text{П}}$  – число дней после последнего выпадения осадков; ОС – сумма осадков за последние 24 ч, мм.

Показатель засухи почвы (Индекс Китча-Бирама) определяется [9]

$$(\text{П}_{\text{зас}})_N = \frac{\left\{ [800 - (\text{П}_{\text{зас}})_{N-1}] \cdot \left[ 0,968e^{0,046t} - 8,30 \right] \cdot \Delta_{\text{П}} \right\} \cdot 0,001}{1 + 10,880e^{-0,441\text{ОС}_T}}, \quad (9)$$

где  $(\text{П}_{\text{зас}})_N$  – показатель засухи почвы текущего дня;  $(\text{П}_{\text{зас}})_{N-1}$  – показатель засухи почвы предыдущего дня;  $t$  – максимальная температура воздуха в течение дня, °С;  $\Delta_{\text{П}}$  – число дней после последнего выпадения осадков;  $\text{ОС}_T$  – среднегодовое количество осадков для данной территории, мм.

По полученному числовому значению ИЛПО определяется степень пожарной опасности (табл. 4) [7].

Для острова Тасмания максимальное значение ИЛПО установлено в 24 балла. Метеорологическое бюро Австралии ежедневно публикует отчет о пожарной опасности по каждому штату и его населенным пунктам. Пример отчета (штат Южная Австралия) по некоторым населенным пунктам на 19 апреля 2012 г. приведен в табл. 5:

**Шкала соответствия значений индекса лесной пожарной опасности  
Австралии**

| <b>ИЛПО</b>     | <b>Степень пожарной опасности</b> |
|-----------------|-----------------------------------|
| От 0 до 5,0     | Низкая                            |
| От 5,1 до 12,0  | Средняя                           |
| От 12,1 до 24,0 | Высокая                           |
| От 24,1 до 50,0 | Очень высокая                     |
| Более 50,0      | Экстремальная                     |

**Значения индекса лесной пожарной опасности Австралии для некоторых населенных  
пунктов штата Южная Австралия на 19 апреля 2012 г.**

| <b>Населенный пункт</b> | <b>Степень пожарной опасности</b> |
|-------------------------|-----------------------------------|
| Аделаида                | Средняя                           |
| Риверленд               | Средняя                           |
| Западное побережье      | Очень высокая                     |
| Флиндерс                | Средняя                           |
| Муррейлендс             | Средняя                           |

**Национальная рейтинговая система пожарной опасности (США)**

Национальная рейтинговая система пожарной опасности США представляет собой модель, объединяющую промежуточные и основные группы выходных параметров. К промежуточным относят индексы влагосодержания ЛГМ, рассчитываемые для двух типов ЛГМ – для живых и отмерших. Эти индексы являются базой для дальнейших расчетов. К основным параметрам относят скорость распространения огня и количество тепловой энергии, выделяющейся при пожаре. Основные выходные параметры объединены в единый индекс горения. Расчет влагосодержания живых ЛГМ происходит путем оценки количества влаги на каждом этапе жизненного цикла растений в зависимости от региона и текущих метеоусловий. Важно, что такие расчеты ведутся для однолетних, многолетних растений, а также молодых деревьев и кустарников отдельно.

Влагосодержание отмерших ЛГМ – это количество влаги в мертвых органических остатках растений, молодых деревьях и кустарниках, вычисляемое с 1, 10, 100 и 1000-часовым временным сдвигом. Под временным сдвигом подразумевается время, за которое

количество влаги в отмерших ЛГМ достигает 63 % от разницы между начальным влагосодержанием ЛГМ и балансом влагосодержания окружающей среды, зависящим в свою очередь от показаний температуры, относительной влажности и количества осадков за сутки [8]. Основные характеристики отмерших ЛГМ:

- Отмершие ЛГМ с 1-часовым временным сдвигом – это ЛГМ диаметром до 0,6 см (как правило, данный тип ЛГМ представляет собой верхний слой лесной подстилки). Степень влагосодержания почти равна влагосодержанию окружающей среды. Показатель варьируется от 1 до 80 %.

- Отмершие ЛГМ с 10-часовым временным сдвигом – это ЛГМ диаметром от 0,6 до 2,5 см и слоем 2 см. Показатель варьируется от 1 до 60 %.

- Отмершие ЛГМ с 100-часовым временным сдвигом – это ЛГМ диаметром от 2,5 до 7,5 см и слоем от 2 до 10 см. Показатель варьируется от 1 до 50 %.

- Отмершие ЛГМ с 1000-часовым временным сдвигом – это ЛГМ диаметром от 7,5 до 20,3 см и слоем 10 см и более. Показатель варьируется от 1 до 40 % [10, 11].

Индекс горения (ИГ) – показатель, зависящий от скорости распространения огня и количества тепла, выделяющегося при пожаре [8]:

$$\text{ИГ} = 3,01 \cdot (\text{СП} \cdot \text{ЭВ})^{0,46}, \quad (10)$$

где СП – скорость распространения пожара, фут/мин, является функцией влагосодержания ЛГМ, скорости ветра, рельефа, относительной влажности и количества осадков; ЭВ – энерговыделение, кДж, – количество тепловой энергии, выделяющееся при пожаре на единицу площади.

Для обобщения полученных расчетов вводится итоговый индекс пожарной нагрузки (ИПН) – индекс, объединяющий влияние антропогенных факторов, грозовой активности, а также индекс горения [8]:

$$\text{ИПН} = 0,71 \sqrt{\text{ИГ}^2 + (\text{ЧФ} + \text{ГА})^2}, \quad (11)$$

где ИПН - итоговый индекс пожарной нагрузки; ИГ – индекс горения; ЧФ – влияние человеческого фактора; ГА – влияние грозовой активности.

В основе расчетов ЧФ и ГА лежит оценка вероятности возгорания В и учет поправочных коэффициентов риска влияния человеческого фактора и уровня грозовой активности соответственно [8, 10].

Вероятность возгорания В вычисляется по формуле

$$B = 0,01 \cdot B_1 \cdot B_2, \quad (12)$$

где  $B_1$  – вероятность начала возгорания;  $B_2$  – вероятность распространения пожара.



Лесная служба США предоставляет ежедневный отчет о степени пожарной опасности (рис. 3).

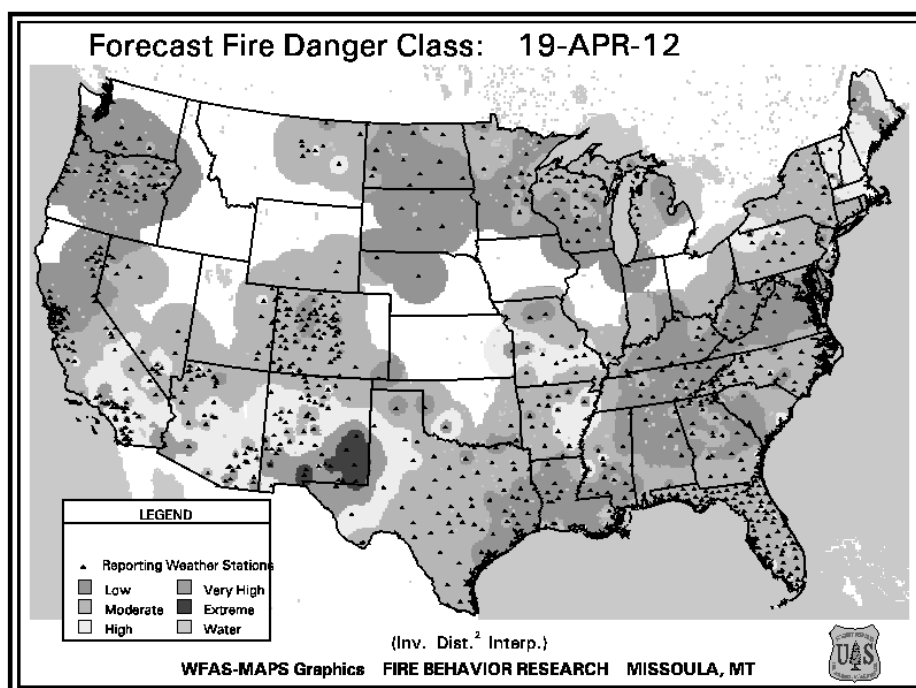


Рис. 3. Опасность пожаров в лесных массивах на территории США за 19 апреля 2012 г.

### Рейтинговая система лесной пожарной опасности (Канада)

Основой расчетов рейтинговой системы лесной пожарной опасности Канады служит расчет влагосодержания ЛГМ, зависящий от метеорологических условий. ЛГМ различаются по глубине залегания и весу на единицу площади [7, 10].

- 1) ЛГМ<sub>1</sub> – индекс влагосодержания ЛГМ нижней глубины залегания (до 18 см) и весом на единицу площади до 25 кг/м<sup>2</sup>, рассчитывается по формуле

$$\text{ЛГМ}_1 = 400 \cdot \ln\left(\frac{800}{\text{ОС}}\right) + 0,5 \cdot (0,36 \cdot (t + 2,8)), \quad (13)$$

где ОС – сумма осадков за последние 24 часа, мм; t – максимальная температура воздуха в течение дня, °С.

- 2) ЛГМ<sub>2</sub> – индекс влагосодержания ЛГМ средней глубины залегания (до 7 см) и весом на единицу площади до 5 кг/м<sup>2</sup>, вычисляется по формуле

$$\text{ЛГМ}_2 = 244,72 - 43,43 \cdot \ln(\text{ВЛ}_N - 20) + 1,894 \cdot (t + 1,1) \cdot (100 - \text{ОВ}) \cdot 10^{-4}, \quad (14)$$

где ОВ – минимальное значение относительной влажности в течение дня, %, ВЛ<sub>N</sub> – коэффициент влагосодержания данного типа ЛГМ, рассчитанный для текущего дня по формуле

$$ВЛ_N = ВЛ_{N-1} + \frac{1000 \cdot K_{oc}}{48,77 + K_{лгм2} \cdot K_{oc}}, \quad (15)$$

где,  $ВЛ_{N-1}$  – коэффициент влагосодержания данного типа ЛГМ, рассчитанный для прошедшего дня;  $K_{oc}$  – поправка на осадки;  $K_{лгм2}$  – поправка на ЛГМ<sub>2</sub>.

$$K_{oc} = \begin{cases} 0, & \text{если } OC \geq 1,5 \text{ мм} \\ 0,92 \cdot OC - 1,27, & \text{если } OC < 1,5 \text{ мм} \end{cases}, \quad (16)$$

$$K_{лгм2} = \begin{cases} 100 / (0,5 + (ЛГМ_2)_{N-1}), & \text{если } (ЛГМ_2)_{N-1} \leq 33 \\ 14 - 1,3 \ln((ЛГМ_2)_{N-1}), & \text{если } 33 < (ЛГМ_2)_{N-1} \leq 65, \\ 6,2 \ln((ЛГМ_2)_{N-1}), & \text{если } (ЛГМ_2)_{N-1} > 65 \end{cases}, \quad (17)$$

где;  $(ЛГМ_2)_{N-1}$  – индекс влагосодержания ЛГМ средней глубины залегания, рассчитанный на предыдущий день.

3) ЛГМ<sub>3</sub> – индекс влагосодержания ЛГМ верхней глубины залегания (до 1,2 см) и весом на единицу площади до 0,025 кг/м<sup>2</sup>, рассчитывается по формуле:

$$ЛГМ_3 = 0,208 \cdot \{ (91,9 \cdot e^{0,05039СВ - 0,1386ВЛ_N}) \cdot (1 + \frac{ВЛ_N}{493 \cdot 10^7})^{5,31} \}, \quad (18)$$

где СВ – максимальное значение скорости ветра в течение дня, км/ч;  $ВЛ_N$  – коэффициент влагосодержания данного типа ЛГМ, рассчитанный для текущего дня.

Итоговым Индексом пожарной опасности Канады (ИПО) является функция от влажности различных типов ЛГМ и выделения энергии [10]:

$$ИПО = ЭВ \cdot K_{лгм1,2} \cdot ЛГМ_3, \quad (19)$$

где ЭВ – выделение энергии, кВт/м;

$K_{лгм1,2}$  – коэффициент, объединяющий ЛГМ<sub>1</sub> и ЛГМ<sub>2</sub> для удобства расчета

$$K_{лгм1,2} = \begin{cases} \frac{0,8 \cdot ЛГМ_1 \cdot ЛГМ_2}{ЛГМ_1 + ЛГМ_2}, & \text{если } ЛГМ_1 \geq 0,04 \cdot ЛГМ_2 \\ ЛГМ_2 - (1 - \frac{0,8 \cdot ЛГМ_1}{ЛГМ_2 + 0,04 \cdot ЛГМ_1}) \cdot [0,92 + (0,0114 \cdot ЛГМ_2)^{1,7}], & \\ \text{если } ЛГМ_1 < 0,04 \cdot ЛГМ_2 \end{cases}, \quad (20)$$

Помимо этого существуют индексы прогнозирования возгорания (ИПВ) по причине антропогенного фактора и действия грозовой активности.

ИПВ по причине антропогенного фактора рассчитывают по каждому региону Канады с учетом поправочного коэффициента на причину пожара, получаемого из статистических данных.

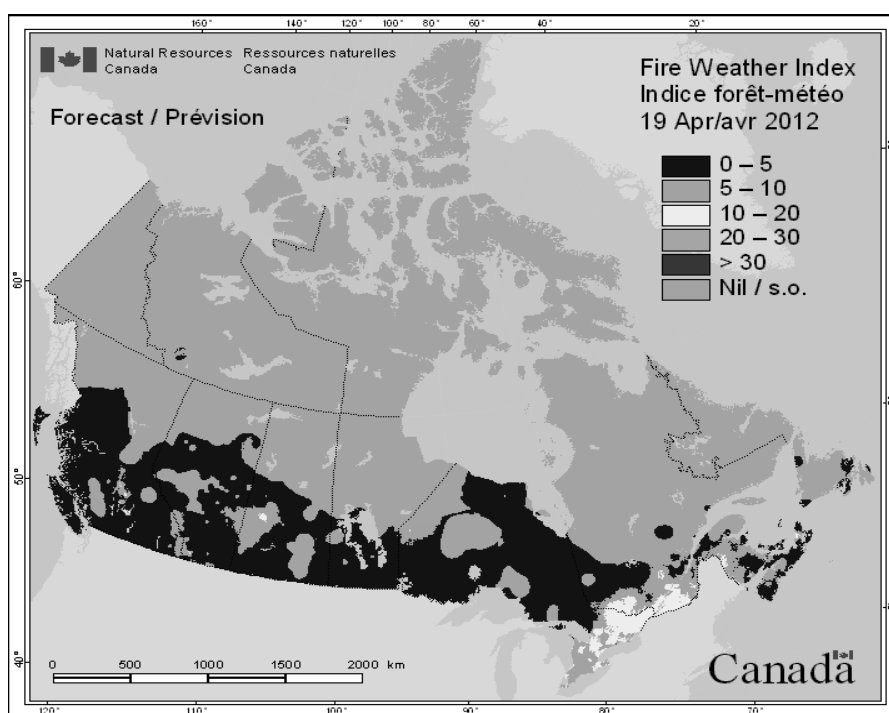
ИПВ по причине действия грозовой активности также вычисляются по отдельно взятому региону с учетом степени влажности ЛГМ и поправочного коэффициента на грозовую активность, получаемого из статистических данных [10]. В табл. 6 представлена шкала соответствия значений Индекса пожарной опасности Канады.

Таблица 6

**Шкала соответствия значений Индекса пожарной опасности Канады**

| <b>ИПО</b>      | <b>Степень пожарной опасности</b> |
|-----------------|-----------------------------------|
| От 0 до 5,0     | Низкая                            |
| От 5,1 до 10,0  | Средняя                           |
| От 10,1 до 20,0 | Высокая                           |
| От 20,1 до 30,0 | Очень высокая                     |
| Более 30,0      | Критическая                       |

Ежедневный отчет о пожарной опасности Канады за 19 апреля 2012 г. представлен на рис. 4.



**Рис. 4. Пожароопасность в лесных массивах на территории Канады за 19 апреля 2012 г.**

### Сравнение индексов пожарной опасности

В табл. 7 проведено априорное сравнение (по анализу входных параметров) представленных в статье индексов пожарной опасности. Из анализа таблицы можно видеть,

что в индексе В.Г. Нестерова учитывается наименьшее число факторов – только метеопараметры, и не учитывается влажность ЛГМ. ИЛПО Австралии – единственный индекс, оценивающий влагосодержание в почве. Самыми многофакторными являются индексы пожароопасности США и Канады, учитывающие не только метеоданные и влажность ЛГМ, а также количество тепла, выделяемого при горении, антропогенную нагрузку и грозовую активность. Априори трудно сказать, с какой точностью можно прогнозировать эти дополнительные факторы для индексов пожароопасности и насколько их учет способствует повышению точности прогнозов

В статье [7] приведены результаты экспериментального сравнения ИЛПО и ИПО на основе анализа чувствительности к входным параметрам – скорости ветра, количеству осадков, температуре и относительной влажности. В ходе эксперимента оценивалось изменение значений ИЛПО и ИПО при увеличении каждого значения входного параметра. В работе утверждается, что ИПО по отношению к ИЛПО более чувствителен к скорости ветра, и в особенности к количеству осадков, но гораздо меньше – к температуре и относительной влажности.

В работе [10] описаны результаты сравнительного анализа ИПН и ИПО. На промежутке времени с 1977 по 2003 гг. проводилось сравнение прогнозируемого уровня пожарной опасности с фактическими возгораниями. Прогноз по индексу ИПО показал более точные результаты, чем ИПН.

Работа выполнена с частичной поддержкой гранта РФФИ 10-08-00493-а и FP7 - IRSES - "Climseas".

#### Список используемых источников

1. Барановский Н.В. Модель прогноза и мониторинга лесной пожарной опасности // Экология и промышленность России. – 2008. – № 9. – С. 59–61.
2. Горев В.Г. Особенности расчета местной шкалы пожароопасности для Томской области по условиям погоды // Пятое Сибирское совещание по климатозоологическому мониторингу. Материалы совещания. – Томск: ИОМ СО РАН, 2003. – С. 53–54.
3. Долгов А.А., Сумина Е.Н., Цомаева Д.С. Методология оценки лесопожарных рисков // Материалы научно- практической конференции. – М.: Московский государственный университет природообустройства, 2008. –С. 12–21.
4. Кац А.Л., Гусев В.Л., Шабунина Т.А. Методические указания по прогнозированию пожарной опасности в лесах по условиям погоды. – М.: Гидрометеиздат, 1975. – 16 с.;
5. Перминов В.А., Федорова О.П., Шипулина О.В. Методика численного решения задач теории лесных пожаров и охраны окружающей среды // Томск, ТГУ. Деп. ВИНТИ. № 7-В95 от 10.01.95. – 70 с..

6. Софронова Т.М., Волокитина А.В., Софронов М.А. Оценка пожарной опасности по условиям погоды с использованием метеопрогнозов. – Институт леса. СО РАН. – С. 31–32;

7. Andrew J. Dowdy, Graham A. Mills, Klara Finkele, William de Groot . Australian fire weather as represented by the McArthur Forest Fire Danger Index and the Canadian Forest Fire Weather Index ^CAWCR Technical Report – 2009. – No. 10. – P. 91.

8. Jack D. Cohen, John E. Deeming the National Fire Danger Rating System: Basic equations // General Technical Report PSW-82. Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station, Berkeley, California. – 1985. P. 23.

9. Liu S., L.M. Leslie, M. Speer, R. Bunker, R. Morison. Approaching realistic soil moisture status with an improved mesoscale numerical weather prediction model // IAHS Publication. Reviewed and pre-published proceedings for the XXIII General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics, Sapporo, Japan, June 30 – 2003, July 11. – P. 26.

10. Mike B. Wotton. Interpreting and using outputs from the Canadian Forest Fire Danger Rating System in research applications, Springer Science + Business Media, LLC. –2008– P. 25.

11. Thomas A. Wordell, Timothy J. Brown. Forecasting Fire Danger Indices in the United States // Wildfire conference materials. – 2007. – P. 12.

12. Xavier D. Viegas, Giovanni Bovio, Almerindo Ferreira, Antonio Nosenzo, Bernard Sol, 1999 Comparative Study of Various Methods of Fire Danger Evaluation in Southern Europe, International journal Wildland Fires 9(4). – 1999. – P. 235–246.

*Поступила в редакцию 20.04.2012 г.*

Таблица априорного сравнения индексов пожарной опасности

| Учитываемые параметры                           |   | Комплексный показатель пожарной опасности В.Г. Нестерова (Россия) | Индекс лесной пожарной опасности (Австралия)   | Национальная рейтинговая система пожарной опасности (США) | Рейтинговая система лесной пожарной опасности (Канада)            |
|---|---|---|--|---|---|
| <b>Метеорологические параметры</b>              | Температура воздуха   | в 12-15 ч местного времени.                                       | макс. за 24 ч  | в 12 ч местного времени, макс. и мин. за 24 ч             | макс. и мин. за 24 ч  |
|   | Относительная влажность                                       | температура точки росы  | мин. за 24 ч   | в 12 ч м.в., макс. и мин. за 24 ч                         | макс. и мин. за 24 ч  |
|   | Количество осадков  | не учитывается, если сумма за 24 ч $\geq 3$ мм                    | сумма за 24 ч  | сумма за 24 ч   | не учитывается, если сумма за 24 ч $\leq 1,5$ мм                  |
|   | Количество дней со дня последнего выпадения осадков           | –   | +  | –   | –   |
|   | Скорость ветра  | –   | среднее за 24 ч  | среднее за 24 ч   | макс. за 24 ч   |
| <b>Влагосодержание лесной подстилки и почвы</b> | Влагосодержание почвы   | –   | Показатель Китча-Бирама для текущего дня   | –   | –   |
|   | Влагосодержание ЛГМ   | –   | Показатель Китча-Бирама для текущего дня, осадки за 24 ч, число дней со дня последнего выпадения осадков | для живых и отмерших ЛГМ                                  | для ЛГМ, различных по глубине залегания и весу на единицу площади |
| <b>Характеристики пламени</b>                   | Количество теплоты, выделяемой при горении на единицу площади | –   | –  | +   | +   |
| <b>Антропогенный фактор</b>                     | Индекс антропогенного фактора                                 | –   | –  |   |   |
| <b>Грозовая активность</b>                      | Индекс грозовой активности                                    | –   | –  | +   | +   |