

ОЦЕНКИ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ГОРИМОСТИ ЛЕСОВ В РОССИИ ПО МЕСЯЧНЫМ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИМ ДАННЫМ

Б.Г. Шерстюков

Россия, 249035 Калужская обл., г.Обнинск, ул. Королева, 6, Всероссийский НИИ гидрометеорологической информации – Мировой центр данных, boris@meteo.ru

Реферат. Для территории России выполнено исследование зависимости потенциальной горимости леса от средних месячных значений температуры воздуха и относительной влажности воздуха в приповерхностном слое атмосферы, а также от суммы атмосферных осадков. Показано, что на территории России в мае главным фактором пожарной опасности является повышение температуры. В середине лета значения температуры достигают критических значений, после которых лесные пожары мало зависят от температуры и лимитируются только атмосферными осадками и высокой относительной влажностью.

Ключевые слова. Лесные пожары, температура, влажность, осадки, месячные данные.

ASSESSING THE POTENTIAL FLAMMABILITY OF FORESTS IN RUSSIA USING MONTHLY METEOROLOGICAL DATA

B.G. Sherstyukov

RIHMI-WDC, 6, Korolev's st., 249035 Obninsk, Kaluga Reg., Russia, boris@meteo.ru

Abstract. For the Russian territory, relationships between potential forest flammability and monthly values of temperature and moisture in the surface atmosphere layer and precipitation total are investigated. It is shown that in Russia in May the major factor of fire danger is a temperature rise. In the middle of summer, temperatures reach critical levels beyond which forest fires weakly depend on temperature, while atmospheric precipitation and high air humidity become the limiting factors.

Key words. Forest fires, temperature, humidity, precipitation, monthly data.

Введение

В последние десятилетия лесные пожары часто становятся экологическим бедствием на обширных территориях. Например, осенью 2002 в результате горения торфяников на Европейской территории России в зоне интенсивного и продолжительного задымления оказалось не менее 30 млн. граждан России или 20% всего населения страны. Аналогичная ситуация повторилась летом 2003 года в Сибири и летом 2010 года в центральном регионе России. Менее катастрофические лесные пожары возникают ежегодно в одном или нескольких районах России. Главным необходимым условием возникновения лесного пожара являются метеорологические условия – длительная жаркая и сухая погода.

Основными факторами, определяющими увлажнение лесных горючих материалов, являются осадки и испарения влаги. Для оценки потенциальной горимости леса, обусловленной метеорологическими условиями, в России используют индекс Нестерова (Методические указания..., 1975). В этом индексе для вычисления используются данные о количестве атмосферных осадков за сутки и величина $\Delta t (t - \tau)$ по замерам в дневные часы (t – температура воздуха, τ – температура точки росы). Т.е. для вычисления индекса Нестерова необходимы срочные метеорологические наблюдения. Величина $\Delta t (t - \tau)$ характеризует испарение. Обоснованием использования $\Delta t (t - \tau)$ как фактора, обеспечивающего испарение влаги, содержащейся в лесных горючих материалах, является связь $\Delta t (t - \tau)$ с суммой радиационного баланса кал/см² за сутки, который определяет величину испарения (Вонский С.М., 1981).

В пожароопасный сезон года индекс Нестерова вычисляют ежедневно. При длительном отсутствии дождя индекс Нестерова с каждым днем постепенно возрастает до больших значений. Дождь с осадками $\geq 2,5$ мм может в течение суток понизить опасность возгорания леса до нуля. Столь большие различия в скорости повышения и понижения индекса делают распределение индекса далеким от закона нормального распределения, поэтому среднее значение индекса за месяц не может являться обобщенной характеристикой опасности возгорания леса за месяц.

В климатических исследованиях необходимы обобщенные по времени характеристики потенциальной горимости леса (за месяц и

за год). Так как среднемесячные значения индекса не являются показательными, то горимость за месячный и более длительные интервалы времени лучше характеризовать числом дней с индексом горимости Нестерова выше некоторого критического значения.

При значениях индекса 1000 и более велика опасность возгорания леса (класс опасности – средний) (Методические указания, 1975, ГОСТ Р22.1.09-99) и обычно при таких метеорологических условиях в лесах возникают пожары при наличии источника огня (по вине человека или молнии). Вероятность возникновения пожара в лесу тем больше, чем суше лесная подстилка, выше температура воздуха и меньше его относительная влажность. Число дней за месяц с индексом Нестерова выше 1000 далее будем рассматривать как месячную характеристику горимости леса.

При отсутствии срочных значений температуры и влажности воздуха возникает необходимость создания методики косвенного вычисления числа дней за месяц с потенциальной пожароопасной горимостью леса по месячным значениям температуры, влажности воздуха и количеству атмосферных осадков за месяц. Необходимость в таких оценках возникает в прогностических климатических задачах для получения оценок возможных изменений горимости леса в будущем в связи с изменениями климата.

Оценки изменений на длительную перспективу температуры воздуха, количества атмосферных осадков и других метеорологических характеристик получены во многих ведущих климатических центрах мира на основе физико-математических моделей атмосферы и океана. Модельные расчеты климатических характеристик для разных сценариев антропогенного воздействия на климатическую систему, полученные в рамках международного проекта сравнения моделей (CMIP5), опубликованы во временных дискретизациях от 6-часовых до среднемесячных (<http://cmip-pcmdi.llnl.gov/>). Эти оценки не являются полноценным прогнозом, они характеризуют лишь предполагаемые тренды метеорологических величин и разброс значений вокруг них. Предлагаемые модельные суточные значения для атмосферных осадков характеризуют скорее вероятность дождя внутри месяца, чем наличие дождя в конкретный день месяца. По этой причине не представляется возможным прямое вычисление индекса Нестерова по дням месяца и получения прогностического числа пожароопасных дней за месяц. Для этого

случая необходима методика получения оценок ожидаемого числа пожароопасных дней в каждом месяце по месячным прогностическим значениям метеорологических величин.

Потенциальная опасность возгорания леса определяется влажностью подстилки, которая в свою очередь зависит от количества атмосферных осадков и испарения. А испарение зависит от температуры и влажности воздуха. В настоящей работе исследовались возможности получения оценок горимости леса на основе данных о среднемесячной температуре воздуха, о среднемесячной относительной влажности воздуха и количестве осадков за месяц.

Методы и материалы

По ежедневным срочным данным о температуре воздуха, температуре точки росы и количеству атмосферных осадков за 1966-2009 годы по станциям России (1572 станции) вычислены значения индекса Нестерова G в соответствии с ГОСТом (ГОСТ Р22.1.09-99) на каждый день пожароопасного сезона и подсчитано число дней в каждом месяце с индексом $G > 1000$. Эти сведения далее использовались в качестве эталонных при исследовании методов косвенного получения числа пожароопасных дней в месяце по месячным метеорологическим данным. Выполнено исследование возможности вычисления по уравнению линейной регрессии значений числа дней с индексом $G > 1000$ в каждом отдельном месяце с мая по сентябрь для каждого года. Уравнение регрессии строились на основе месячных значений температуры воздуха, количества атмосферных осадков и относительной влажности воздуха. Оценивался процентный вклад каждого отдельного метеорологического элемента в уравнение регрессии и вклад совместного использования данных по всем трем элементам вместе. Оценки вклада (в %) среднемесячных значений каждого элемента в общую дисперсию эталонного ряда о числе пожароопасных дней в месяце наносились на карты. Построены также карты вклада при совместном использовании в уравнении регрессии трех элементов.

Результаты

Анализ карт показал, что в мае от значений среднемесячной температуры воздуха на 25-40% зависит общая дисперсия числа

пожароопасных дней (с индексом Нестерова >1000) в интервале географических широт $50-65^{\circ}$ с.ш. на территории России (рис. 1).

Относительная влажность наиболее существенный вклад в общую дисперсию числа пожароопасных дней в мае дает почти повсеместно южнее 50° с.ш. от западных до восточных границ России (вклад 20-40% и более).

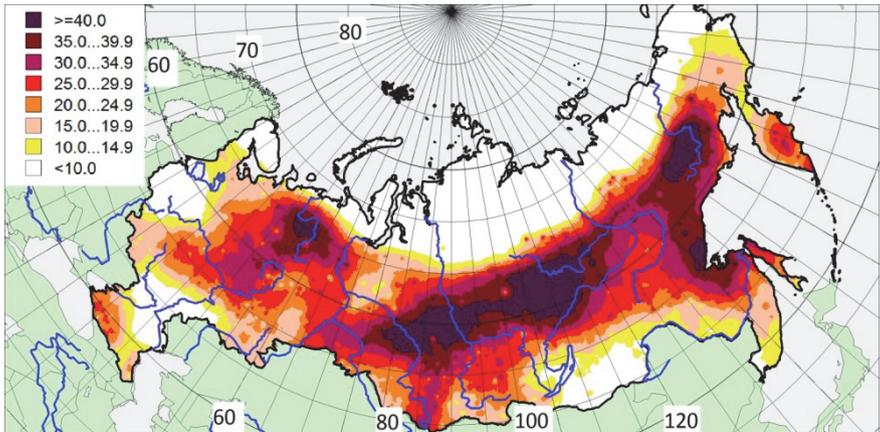


Рис. 1. Вклад изменений среднемесячной температуры воздуха в общую дисперсию числа пожароопасных дней в мае.

Количество атмосферных осадков в мае дает вклад в общую дисперсию 30-40% и более на Европейской части России южнее 60° с.ш., а в Сибири и на Дальнем Востоке – южнее 50° с.ш.

Уравнение регрессии от трех переменных (температура и относительная влажность воздуха, количество атмосферных осадков) описывает общую дисперсию числа пожароопасных дней в мае более чем на 60% южнее 55° с.ш. на Европейской части России и на тех же широтах в Восточной Сибири и, частично, в Приамурье (рис. 2).

Совместный вклад трех элементов со значениями 50-60% охватывает широты $55-65^{\circ}$ с.ш. от восточных до западных границ России. Еще севернее опасность возгорания леса и вклад метеорологических элементов в дисперсию числа пожароопасных дней становится несущественным по причине низких значений или отсутствие леса.

В июне изменяется соотношение вклада отдельных метеорологических элементов в потенциальную горимость леса.

Главное отличие заключается в том, что в разгар лета температура воздуха не является главным фактором возникновения лесных пожаров. От температуры воздуха на 30-40% зависит число пожароопасных дней только в Восточной Сибири, на остальной части России в июне температура всегда достаточно высока и ее изменение мало влияет на число пожароопасных дней. Более существенную роль в этом месяце играют лимитирующие факторы – относительная влажность и количество атмосферных осадков.

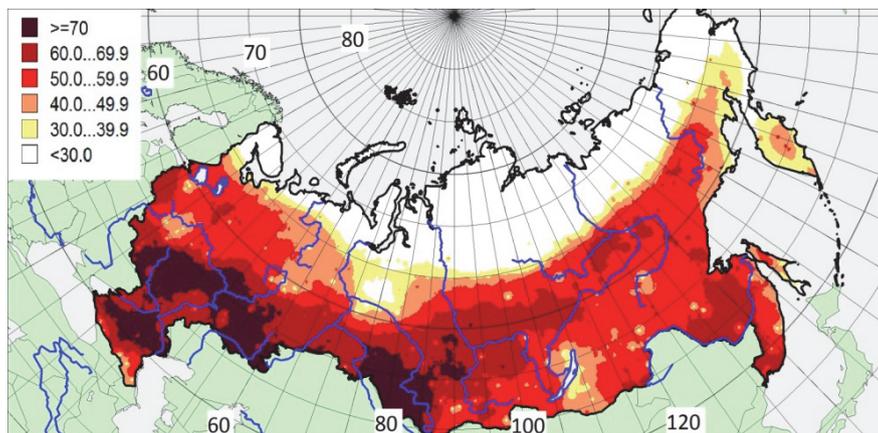


Рис. 2. Совместный вклад изменений среднемесячной температуры, относительной влажности воздуха и количества осадков в общую дисперсию числа пожароопасных дней в мае.

В июне относительная влажность более чем на 40% определяет опасность возгорания леса на всей Европейской части России и на юге Сибири (южнее 55° с.ш.). На широтах 55-65° с.ш. от относительной влажности на 30-40% зависит опасность возгорания леса. В это же время в июне вклад изменения количества осадков в общую дисперсию числа пожароопасных дней составляет 40% и более на юге Европейской территории России и на южном Урале, а также в протяженных районах Восточной Сибири и Дальнего Востока. Практически на всей остальной лесной Азиатской части России вклад количества осадков в изменения числа пожароопасных дней составляет 30-40%.

В июле (рис. 3) температура воздуха на всей территории России достигает таких высоких значений, что ее обычные колебания

практически не влияют на горимость леса. В некоторых небольших районах России вклад температуры в горимость леса достигает 20-30%, а на всей остальной части этот вклад менее 20% (рис. 3).

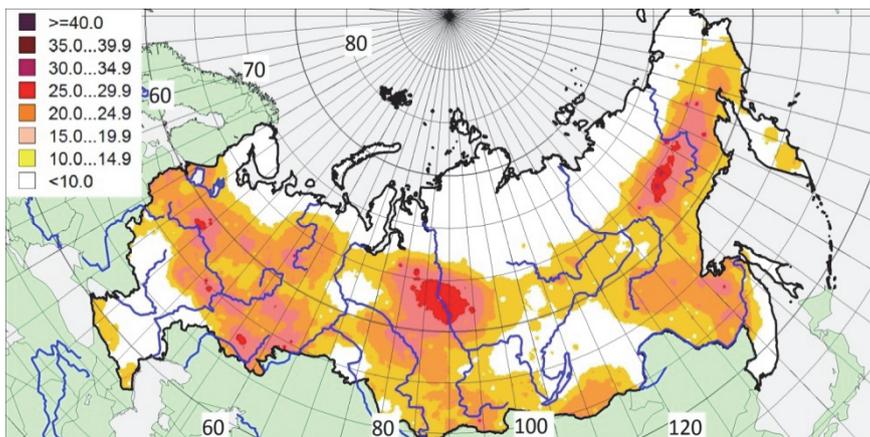


Рис. 3. Вклад изменений среднемесячной температуры воздуха в общую дисперсию числа пожароопасных дней в июле.

В июле главным фактором, лимитирующим лесные пожары становится относительная влажность воздуха (рис. 4).

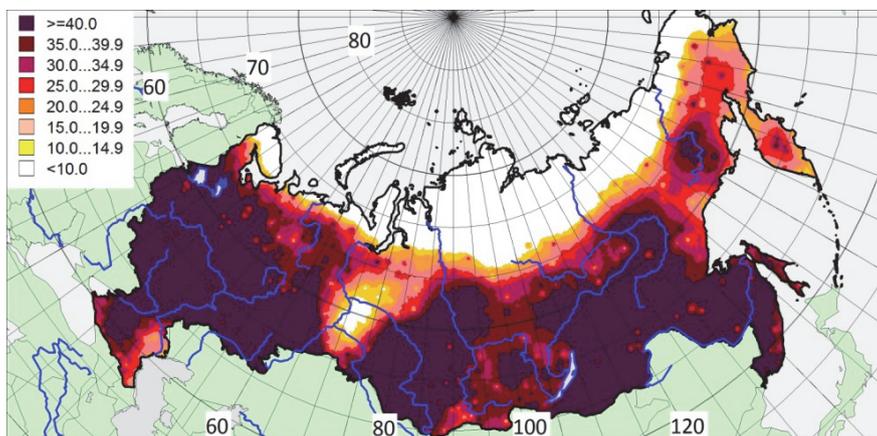


Рис. 4. Вклад изменений среднемесячной относительной влажности воздуха в общую дисперсию числа пожароопасных дней в июле.

На карте России области, в которых вклад относительной влажности воздуха в горимость леса составляет 40% более, охватывают Россию от ее южных границ до широты примерно 60° с.ш. А еще севернее и до самой северной границы лесов России почти повсеместно этот вклад составляет 30% и более.

Осадки в июле на большей части территории России дают вклад 30-40%, а на юге Европейской части России и в Сибири в широтной зоне 55-65° с.ш. вклад осадков достигает 40% и более (рис. 5).

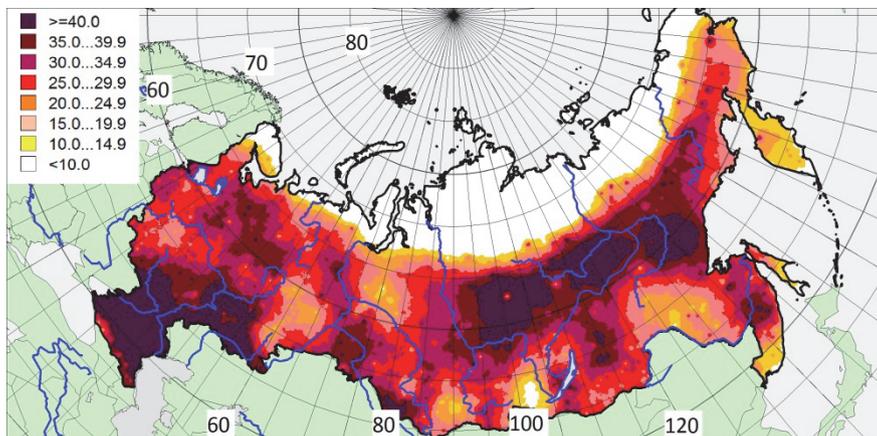


Рис. 5. Вклад изменений месячного количества осадков в общую дисперсию числа пожароопасных дней в июле.

При использовании в уравнении регрессии всех трех предикторов их совокупный вклад составляет на всей лесной территории России не менее 50%, а южнее 60° с.ш. в Европейской части и Западной Сибири, а также на широтах 55-65° с.ш. в Восточной Сибири совокупный вклад трех месячных характеристик составляет 70% и более (рис. 6).

В августе сохраняются закономерности, отмеченные для июля. Основной вклад в общую дисперсию числа пожароопасных дней в лесу в августе вносит изменение среднемесячной относительной влажности воздуха 30-40% и более на всей лесной территории России.

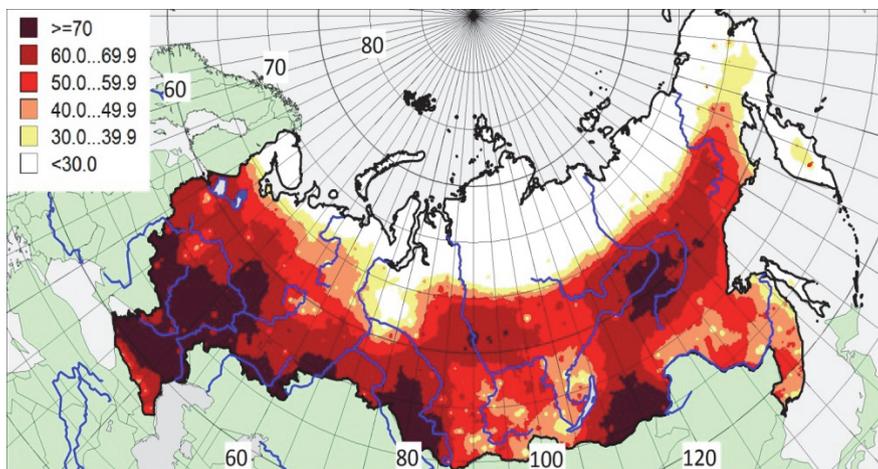


Рис. 6. Совместный вклад изменений среднемесячной температуры, относительной влажности воздуха и количества осадков в общую дисперсию числа пожароопасных дней в июле.

Атмосферные осадки в августе на 30-40% определяют изменение горимости леса в южной половине Европейской территории России и в широтной зоне 55-65° с.ш в Азиатской части России.

Совместный вклад температуры, относительной влажности и количества осадков в августе дает вклад в общую дисперсию числа пожароопасных дней свыше 55% на всей лесной части России и свыше 70% в южной половине Европейской части России и в некоторых южных районах Азиатской части (рис. 7).

В сентябре, с установлением дождливой погоды, число лесных пожаров уменьшается и в конце сентября или в начале октября пожары прекращаются. В этом месяце главная роль в управлении лесными пожарами принадлежит атмосферным осадкам.

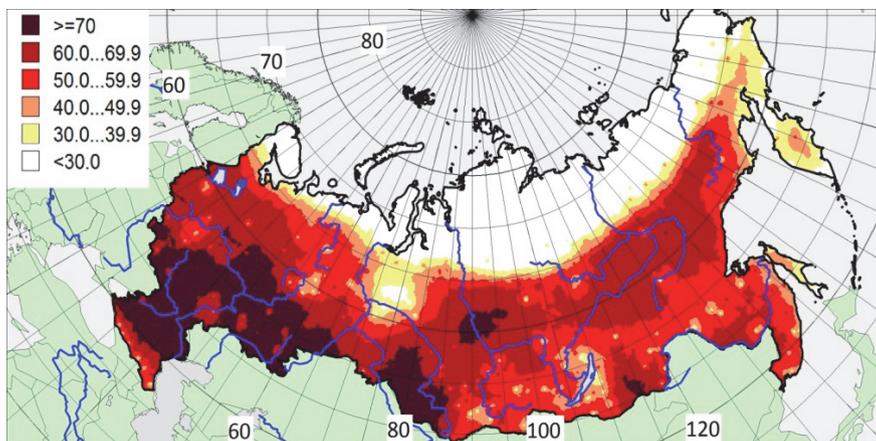


Рис. 7. Совместный вклад изменений среднемесячной температуры, относительной влажности воздуха и количества осадков в общую дисперсию числа пожароопасных дней в августе.

Оценки совместного вклада всех трех метеорологических характеристик в общую дисперсию числа пожароопасных дней за весь сезон май-август показаны на рис. 8.

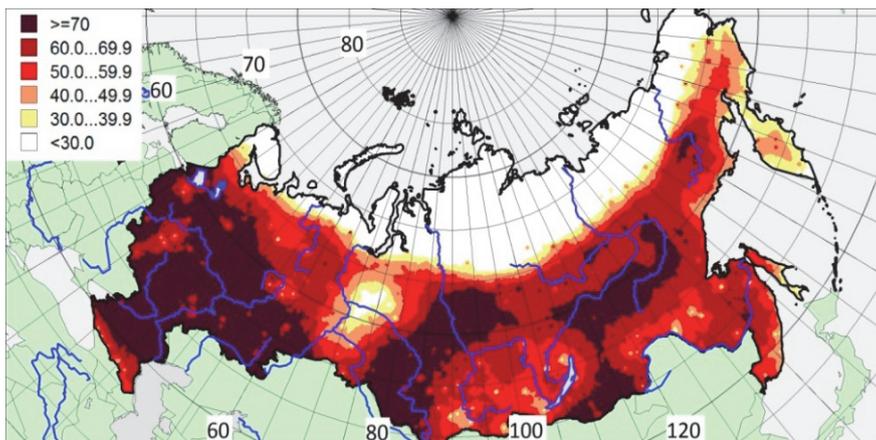


Рис. 8. Совместный вклад изменений среднемесячной температуры, относительной влажности воздуха и количества осадков в общую дисперсию числа пожароопасных дней за весь пожароопасный сезон (май-август).

На большей части территории России вклад метеорологических характеристик в уравнение регрессии составляет 50-69%, а в некоторых южных районах России совместный вклад всех трех метеорологических характеристик в общую дисперсию превышает 70%.

В тех случаях, когда аналогичное уравнение регрессии строится по месячным данным только температуры воздуха и количества атмосферных осадков (без данных об относительной влажности), вклад указанных метеорологических элементов в уравнение составляет 40-55% почти во всей лесной зоне России.

В ходе работы был создан массив коэффициентов уравнений регрессии числа пожароопасных дней от месячных значений температуры, влажности воздуха и количества атмосферных осадков для каждого отдельного месяца по каждой станции России. Эти коэффициенты предназначены для получения прогностических оценок изменения горимости леса по прогностическим данным об изменениях климата.

Заключение

Приведенные результаты показывают, что, не имея ежедневных данных о температуре, влажности воздуха и о количестве атмосферных осадков, можно на основе месячных значений тех же метеорологических характеристик получать оценки количества дней в месяце с метеорологическими условиями, создающими предпосылки для возникновения лесных пожаров.

Задача получения оценок горимости леса по месячным данным о температуре и об осадках рассматривалась в работах (Малевский-Малевиц и др., 2005; Малевский-Малевиц С.П. и др., 2007; Школьник И.М. и др., 2008; Мохов И.И., Чернокульский А.В., 2010), где была показана правомерность получения оценок горимости леса по месячным метеорологическим данным, но в указанных работах не проводилось анализа вклада каждой характеристики. В этих работах метеорологические условия оценивались по индексу засушливости, при этом не учитывалось изменение по месяцам роли каждого отдельного метеорологического элемента. В настоящей статье применимость месячных данных подтверждена и показаны особенности влияния разных метеорологических условий в разные месяцы пожароопасного периода года.

Применение уравнений линейной регрессии между метеорологическими элементами и пожарной опасностью в лесу предполагает наличие линейной зависимости во всем пожароопасном периоде года, но оказалось, что такие зависимости не сохраняются на интервале всего теплого периода года – роль необходимых и лимитирующих условий сильно изменяется от весны к лету и к осени. Поэтому, как показано в настоящей работе, число пожароопасных дней за год целесообразно вычислять как сумму пожароопасных дней, полученных по уравнениям регрессии отдельно за каждый месяц пожароопасного сезона. При этом для каждой станции и каждого месяца необходимо вычислить свои зависимости и коэффициенты уравнений регрессии. При таком подходе по уравнениям регрессии и месячным метеорологическим данным можно учесть до 70% вклада метеорологических условий в горимость леса при изменениях климата.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вонский С.М. 1981. Определение природной пожарной опасности в лесу. Методические рекомендации. –Л.: ЛенНИИЛХ. 52 С.
2. ГОСТ Р 22.1.09-99. Государственный стандарт Российской Федерации. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование лесных пожаров. Общие требования. ОКС 13.020, ОКСТУ 002. Дата введения 01.01.2000. 13 С.
3. Малевский-Малевич С.П., Молькентин Е.К., Надежина Е.Д., Семиошина А.А., Салль И.А., Хлебникова Е.И., Шкляревич О.Б. 2005. К оценке изменений пожароопасной обстановки в лесах России при ожидаемом потеплении климата в XXI веке. Метеорология и гидрология. №3. С. 36-44.
4. Малевский-Малевич С.П., Молькентин Е.К., Надежина Е.Д., Шкляревич О.Б. 2007. Анализ изменения пожароопасной обстановки в лесах России в XX и XXI веках на основе моделирования климатических условий. Метеорология и гидрология. №3. С. 14-24.
5. Методические указания по прогнозированию пожарной опасности в лесах по условиям погоды. 1975. –Л.: Гидрометеиздат. 15 С.
6. Мохов И.И., Чернокульский А.В. 2010. Региональные модельные оценки риска лесных пожаров в азиатской части России при изменениях климата. География и природные ресурсы. №2. С. 120-126.
7. Школьник И.М., Молькентин Е.К., Надежина Е.Д., Хлебникова Е.И., Салль И.А. 2008. Экстремальность термического режима в Сибири и динамика пожароопасной обстановки в XXI веке: оценки с помощью региональной климатической модели ГГО. Метеорология и гидрология. №3. С. 5-15.