

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ В ЛЕСАХ ЮЖНОГО ПРИБАЙКАЛЬЯ

Софронова Т. М.

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН,  
660036, г. Красноярск, Академгородок, 50, [volokit@ksc.krasn.ru](mailto:volokit@ksc.krasn.ru).

*Целью исследования являлась оценка эффективности работы различных метеорологических показателей пожарной опасности на примере Южного Прибайкалья. Проверка работы трех российских показателей: В.Г. Нестерова (ПН), ЛенНИИЛХА (ПВ-1), М.А. Софронова (ПВГ) и канадского показателя (FWI) по их связи с ежедневным количеством действующих пожаров в пределах периодов пожароопасного сезона не показала явных преимуществ какого-либо из них, поскольку пожарная опасность определяется не только погодными факторами. Поэтому эффективность методов ежедневной оценки пожарной опасности можно значительно повысить за счет косвенного учета и всех остальных факторов пожарной опасности (характера и состояния растительности, источников загорания, освоенности территории и т.д.) через составление индивидуальных шкал пожарной опасности по усовершенствованной нами методике М.А. Софронова.*

### Введение

Значимость метеорологических факторов в возникновении и развитии лесных пожаров хорошо известна, поэтому во многих странах делается оценка их как факторов пожарной опасности, причем эта оценка выражается в виде специальных показателей или индексов. Почти в каждой стране существуют свои методы оценок, но в последние годы появилось стремление к интеграции, к выбору и использованию одного, наиболее эффективного метода.

Проверка эффективности различных методов была предпринята в конце 90-х годов (Viegas et al., 1999). Для этого в Португалии, Франции и Италии были выбраны пять территорий (преимущественно с горными лесами) площадью от 0,5 до 1,8 млн. га и собраны сведения о погоде и о лесных пожарах на них за периоды 3-9 лет. Испытывались методы (индексы) португальский, испанский, французский, итальянский и канадский. Критерием служила связь величины каждого индекса с такими характеристиками, как: 1) процент дней с возникающими пожарами; 2) то же с действующими пожарами; 3) выгоревшая за день площадь; 4) среднее количество пожаров в сутки.

Индексы для каждой территории (региона) рассчитывались по данным только одной метеостанции. Здесь явно была допущена методическая ошибка, поскольку известно, что данные одной метеостанции репрезентативны в радиусе до 25 км (т.е. на площади около 200 000 га), причем в равнинных условиях. В горных районах эта площадь значительно сокращается за счет проявления вертикальной климатической поясности. Правда, авторы работы предварительно доказывали репрезентативность данных именно одной метеостанции для всей территории путем сравнения средних многолетних (а не ежедневных!) данных.

Перед нанесением данных на графики различные индексы были приведены к единому масштабу, а именно, они выражались в процентах, причем за 100 % принималась самая максимальная величина индекса, которая наблюдалась в данном регионе в границах выбранного периода наблюдений (т. е. величина чисто случайная). На большинстве графиков связь оказалась слабой или отсутствовала. Отчасти это можно объяснить допущенными методическими ошибками. По оценке методом статистических проб лучшие индексы – канадский и португальский (модифицированный показатель Нестерова).

## Характеристика района исследований

Наши исследования проводились в 2003-2005 годах в горных лесах хребта Хамар-Дабан у южной оконечности озера Байкал (Слюдянский лесхоз, Иркутская область). Здесь в горах на высоте 1442 метра над уровнем моря находится метеостанция *Хамар-Дабан*, а внизу на побережье озера Байкал находится вторая метеостанция *Култук* (высота 465 м над уровнем моря).

Растительность на склонах хребта образует высотно-поясные комплексы типов леса (кедрово-пихтовый, кедрово-таежный, тундрово-гольцовый). Преобладают темнохвойные леса (кедровники – 55 %, пихтарники и ельники – 11 %) с покровом из зеленых мхов (34 %), лишайников и опада (37 %) на хорошо дренированных почвах. Наверху в подгольцовой зоне много зарослей из кедрового стланика (12 %); для нижнего пояса характерны разнотравные березняки и осинники ( 9 %). Слабо дренированные площади занимают всего лишь 8%. Характер растительности и сухая весна создают благоприятные условия для возникновения и распространения лесных пожаров.

Основное количество лесных пожаров возникает в нижней части лесного пояса, возле дорог и населенных пунктов, особенно весной. Летом пожары возникают и высоко в горах от молний.

Подекадное сезонное распределение пожаров в верхнем и нижнем лесных поясах показано на рисунке 1. Видно, что в нижней части лесного пояса максимум лесных пожаров возникает в весенний период (15 апреля – 20 июня); на этот период приходится 75 % всех пожаров и 86 % всей площади пожаров. На летний период (21 июня – 31 августа) – 20 % пожаров и всего лишь 4 % площади; на осенний период (1 сентября – 20 октября) – 5 % пожаров и 10 % площади.

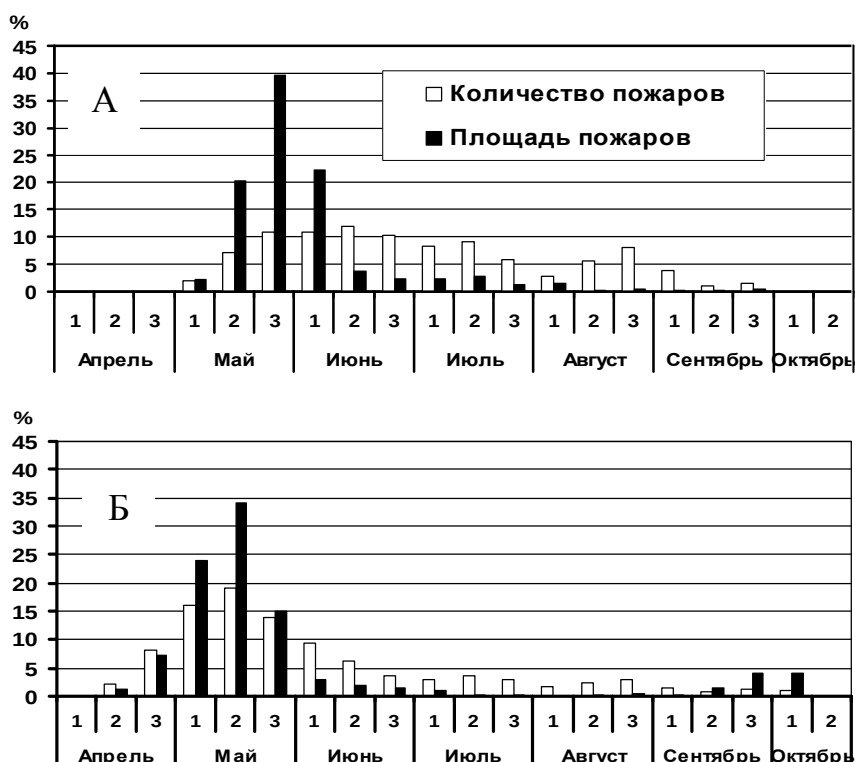


Рисунок 1 – Сезонное распределение пожаров (в %) в верхней (А) и нижней (Б) частях лесного пояса за период с 1974 по 2003 годы в Слюдянском лесхозе

В верхней части лесного пояса распределение лесных пожаров сходное: на весенний период (1 мая – 30 июня) приходится 53 % всех пожаров и 91 % всей площади пожаров; на летний период (1 июля – 20 августа) – 32 % пожаров и 8 % площади; на осенний период (21 августа – 1 октября) – 15 % пожаров и 1 % площади.

Итак, пожароопасный сезон в нижней части лесного пояса длится с конца апреля по начало октября, а в верхней части пояса - с начала мая по конец сентября. В верхней и нижней частях лесного пояса более половины количества пожаров (75 и 53 %) и их площади (91 и 86 %) приходится на весенний период.

### **Метеорологические показатели пожарной опасности**

Из числа различных метеорологических показателей пожарной опасности интерес для России представляют, кроме используемых показателей В. Г. Нестерова (ПН) (1949) и ПВ-1 ЛенНИИЛХа (Вонский, Жданко, 1976), канадский индекс FWI (Van Wagner, 1987; Canadian Forest..., 1987) и показатель ПВГ М.А.Софронова (Софронов и др., 2005).

Мы проверили эффективность использования этих показателей по их связи с ежедневным количеством действующих лесных пожаров. Вначале был выполнен графический анализ. На графиках показаны ежедневные величины показателей ПН, ПВ-1 и ПВГ, а также ежедневное количество действующих лесных пожаров в течение всего пожароопасного сезона. Для анализа взяты 1996 год, когда было много пожаров весной, а в летне-осенний период пожары почти не возникали (рис. 2), и 2002 год, который отличался повышенной горимостью не только весной, но и со второй половины июля по сентябрь (рис.3). Были рассчитаны за эти годы все четыре показателя. На графиках видно, что в пределах весеннего периода динамика изменений всех трех показателей и их величина практически идентичны, но в летний период значительно уменьшается по своей абсолютной величине показатель ПВГ. Интересно, что величина всех показателей колеблется, в основном, в пределах первого и второго классов засухи, изредка достигает третьего класса, не превышая при этом 2000 единиц в 1996 году и 1600 единиц – в 2003 году, что характерно для влажного климата Южного Прибайкалья.

Графики показывают наличие связи между колебаниями величины показателей с ежедневным количеством действующих пожаров, особенно в 2002 году. Однако, связь эта неустойчива, потому что возникновение лесных пожаров зависит не только от погоды, но и от такого фактора, как появление источников загорания. Например, в 1996 году возрастание величины показателей не всегда сопровождалось возникновением пожаров.

Сезонная динамика канадского индекса FWI по причине его малой размерности рассмотрена на отдельном графике (рис. 4). Характер колебаний его величины в течение сезона сходен с колебаниями величин российских показателей, за исключением первой половины весеннего периода, где его величина кажется заниженной. Кроме того, индекс FWI резко увеличивается в дни с сильным ветром, причем, как правило, это увеличение не сопровождается адекватным увеличением количества действующих пожаров.

Для того чтобы судить об эффективности использования различных метеорологических показателей пожарной опасности нами были собраны сведения за 1996-2003 годы о лесных пожарах в Слюдянском лесхозе и о погоде – на метеостанции Култук, рассчитаны за 8 лет все четыре показателя. В качестве критерия эффективности служило выражение тесноты связи между величиной показателя и ежедневным количеством действующих пожаров по периодам пожароопасного сезона.

Следует заметить, что ежедневное количество действующих пожаров (или плотность действующих пожаров – при пересчете на единицу площади) отражает количество возникающих пожаров и продолжительность их действия, что соответствует сущности понятия *пожарная опасность*, которая включает вероятность возникновения пожаров и вероятный ущерб от них (зависящий во многом от продолжительности действия пожаров).

Вначале сведения о ежедневном количестве действующих пожаров в пределах каждого периода (весенний и летне-осенний) были сгруппированы по градациям показателей (таблица 1), затем определены средние характеристики по каждой градации и построены графики, а в конце выполнен математический анализ *с учетом веса каждой точки* (рис. 5 - 8).

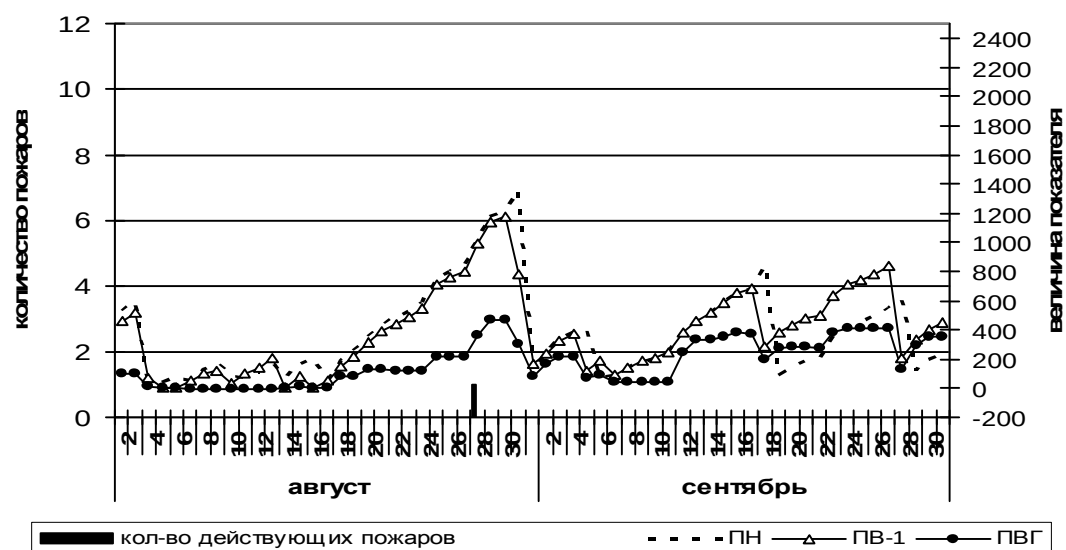
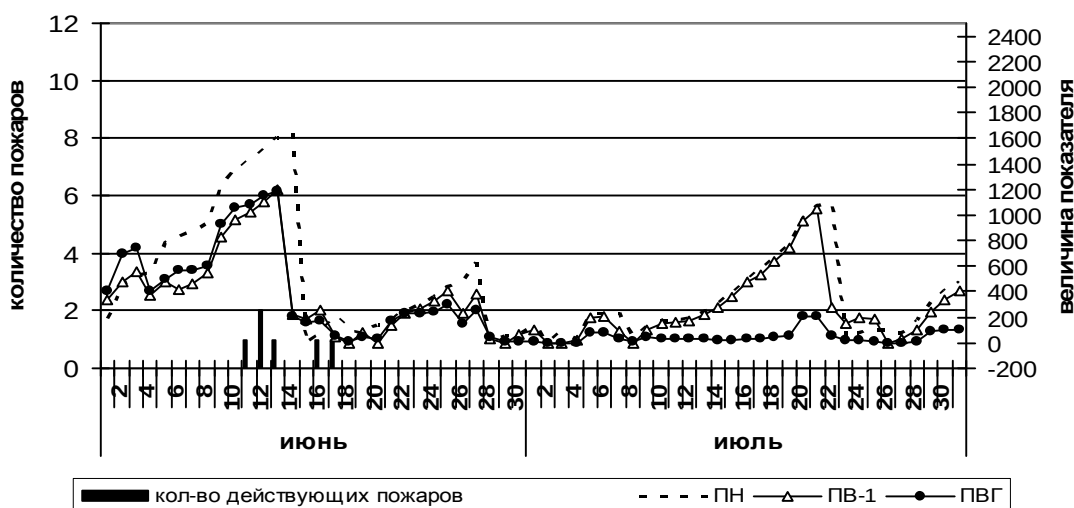
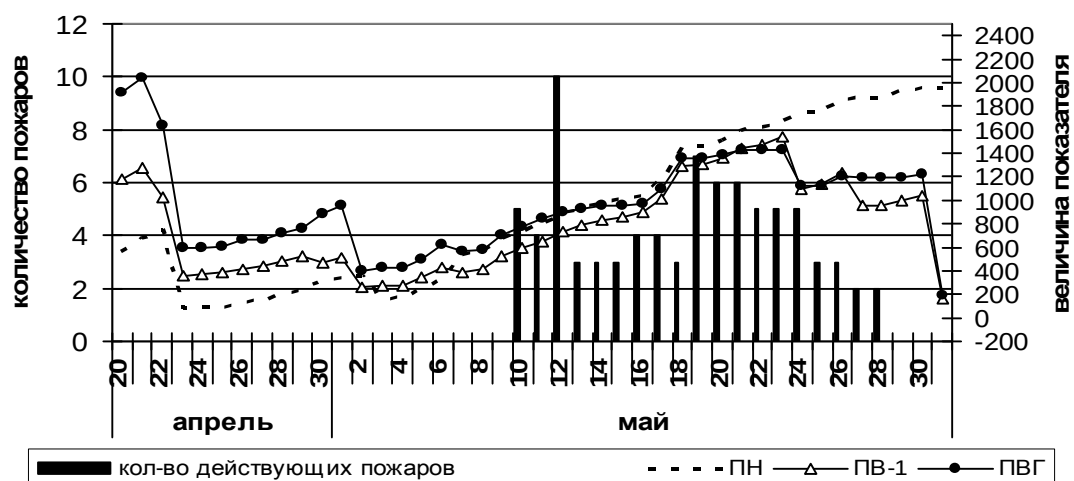


Рис. 2. Динамика величины показателей (ПН, ПВ-1 и ПВГ) и ежедневного количества действующих лесных пожаров в течение пожароопасного сезона 1996 года (Слюдянский лесхоз, нижний лесной пояс)

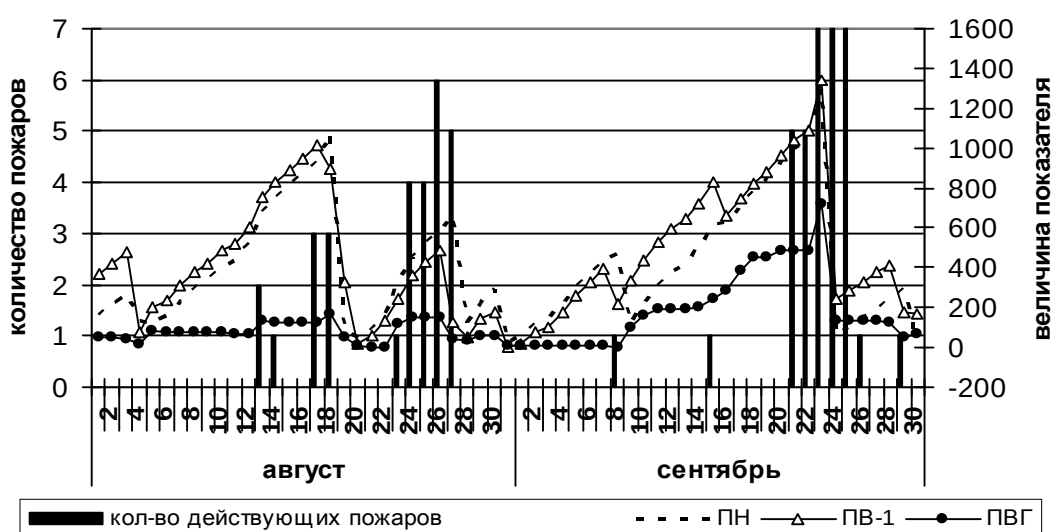
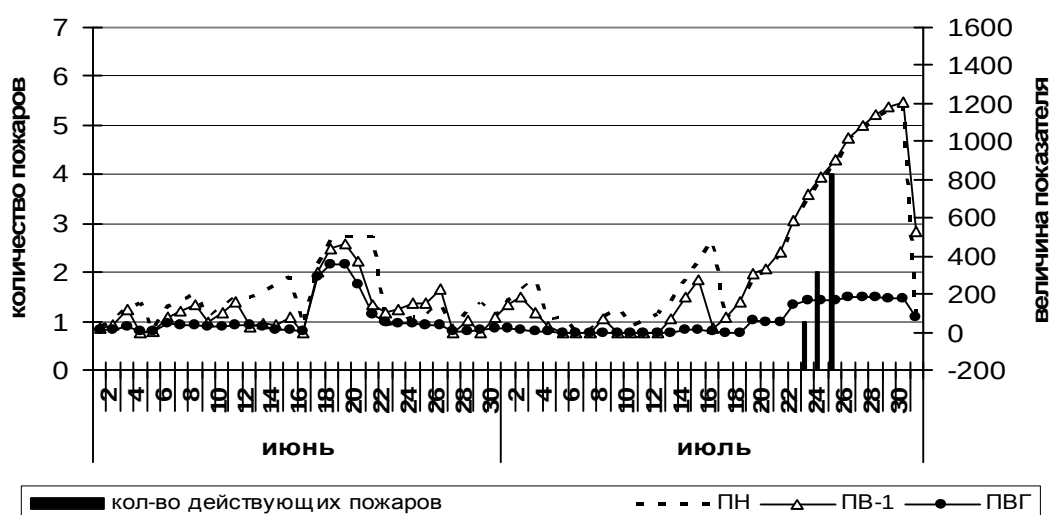
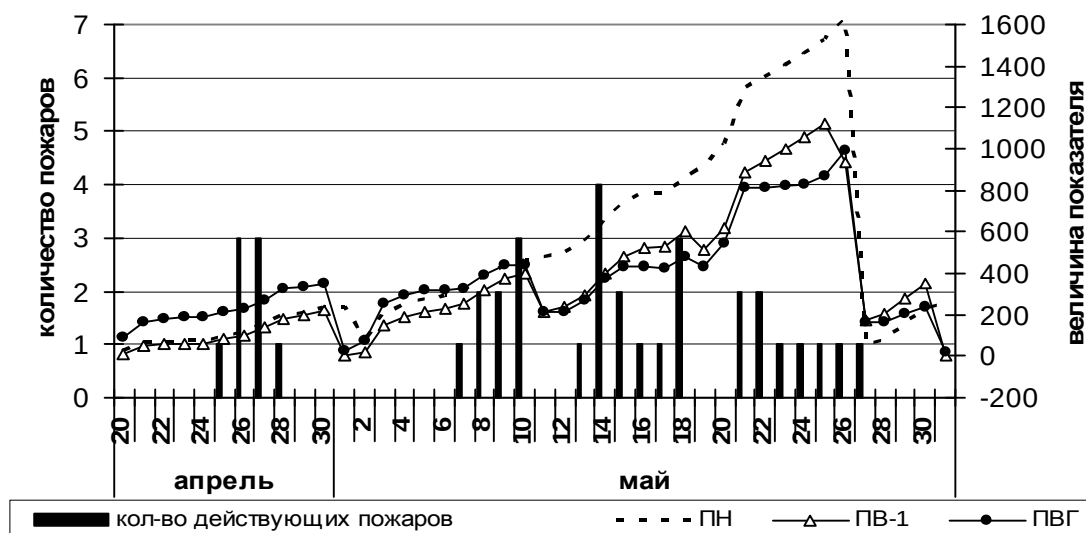


Рис. 3. Динамика величины показателей (ПН, ПВ-1 и ПВГ) и ежедневного количества действующих лесных пожаров в течение пожароопасного сезона 2002 года (Слюдянский лесхоз, нижний лесной пояс)

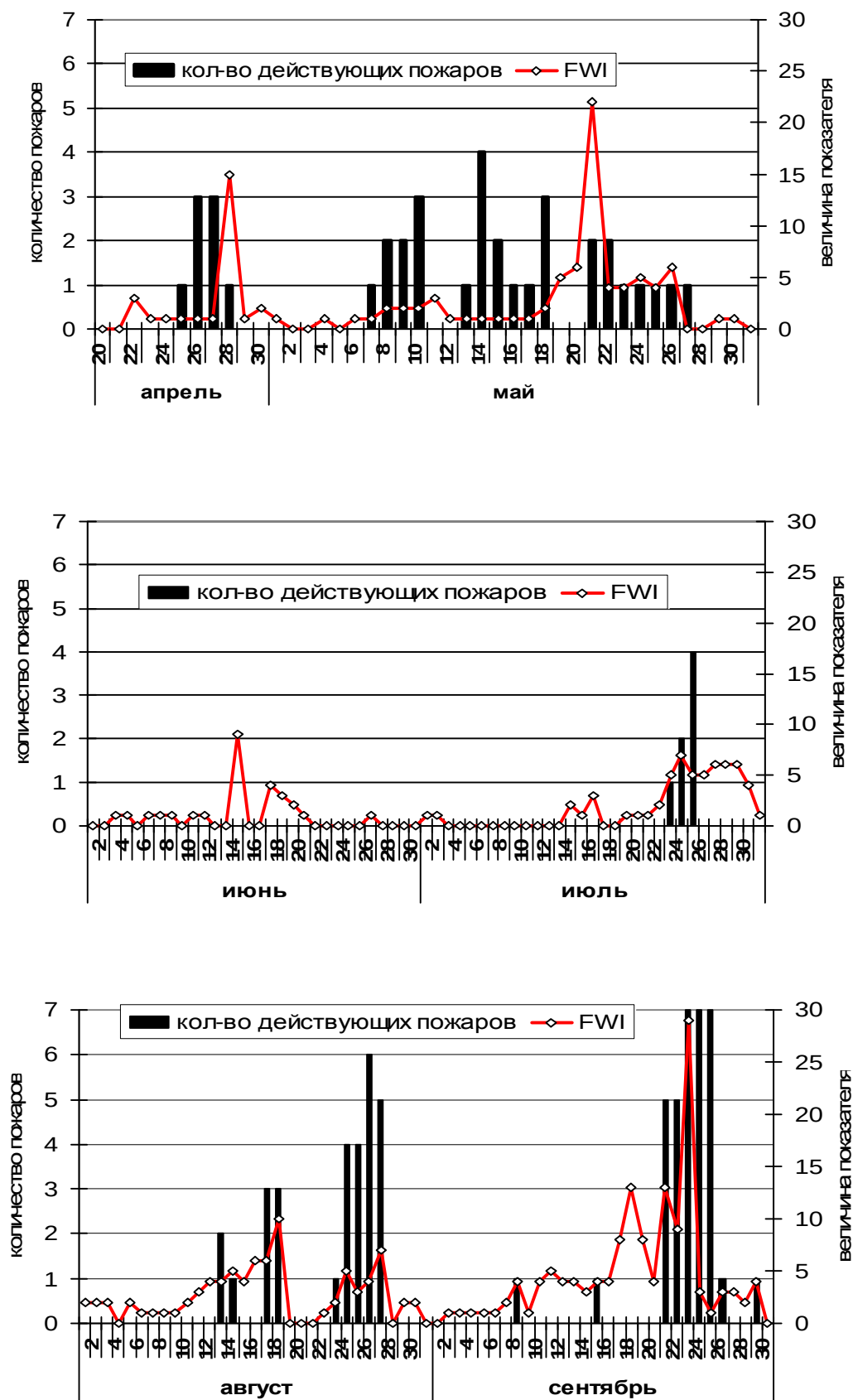


Рис. 4. Динамика величины индекса FWI и ежедневного количества действующих лесных пожаров в течение пожароопасного сезона 2002 года (Слюдянский лесхоз, нижний лесной пояс)

Таблица 1

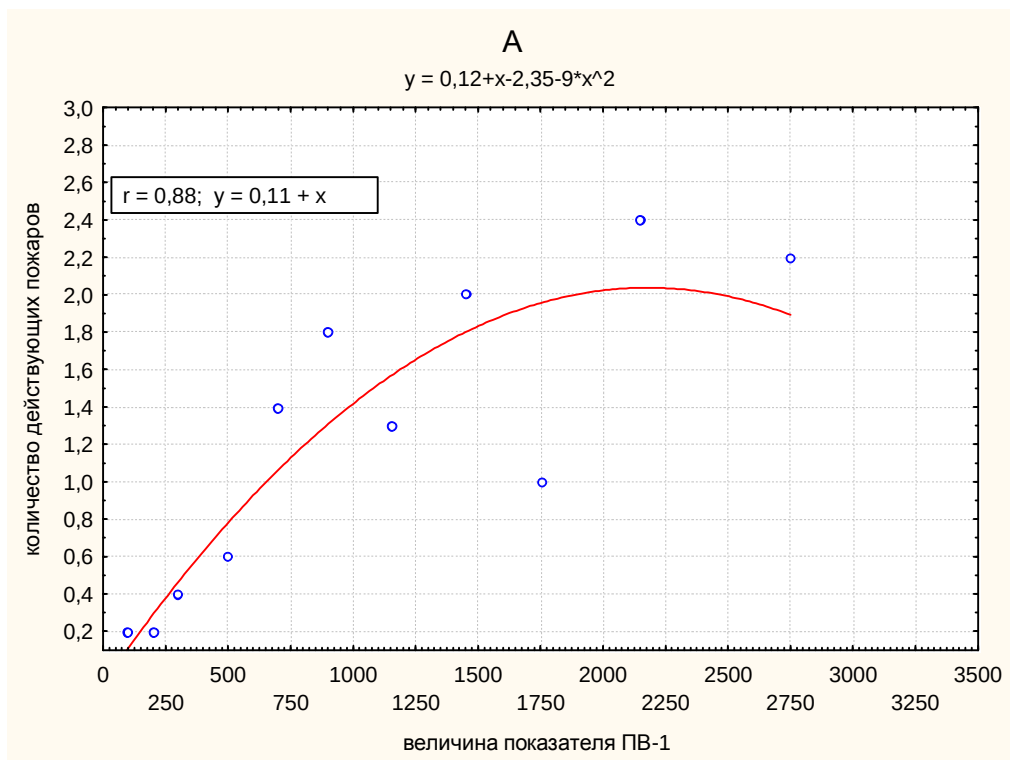
**Ежедневное количество действующих лесных пожаров на территории Слюдянского лесхоза (351 тыс. га) в связи с величиной показателей В.Г.Нестерова (ПН), ПВ-1, ПВГ и канадского индекса FWI по периодам сезона (по данным за 1996-2003 гг.)**

| <b>ПН</b>                   | <b>Ср.</b> | <b>n</b> | <b>f</b> | <b>f/n</b> | <b>ПВ-1</b> | <b>Ср.</b> | <b>n</b> | <b>f</b> | <b>f/n</b> |
|-----------------------------|------------|----------|----------|------------|-------------|------------|----------|----------|------------|
| <i>Весенний период</i>      |            |          |          |            |             |            |          |          |            |
| до 50                       | 25         | 52       | 12       | 0,2        | до 50       | 25         | 61       | 3        | 0,0        |
| 51-150                      | 100        | 75       | 15       | 0,2        | 51-150      | 100        | 75       | 12       | 0,2        |
| 151-250                     | 200        | 62       | 18       | 0,3        | 151-250     | 200        | 56       | 12       | 0,2        |
| 251-400                     | 300        | 56       | 16       | 0,3        | 251-400     | 300        | 79       | 30       | 0,4        |
| 401-600                     | 500        | 67       | 72       | 1,1        | 401-600     | 500        | 97       | 64       | 0,6        |
| 601-800                     | 700        | 35       | 50       | 1,4        | 601-800     | 700        | 37       | 53       | 1,4        |
| 801-1000                    | 900        | 28       | 54       | 1,9        | 801-1000    | 900        | 39       | 69       | 1,8        |
| 1001-1 300                  | 1150       | 21       | 27       | 1,3        | 1001-1300   | 1150       | 40       | 51       | 1,3        |
| 1301-1600                   | 1450       | 22       | 41       | 1,9        | 1301-1600   | 1450       | 21       | 42       | 2,0        |
| 1601-1900                   | 1750       | 23       | 46       | 2          | 1601-1900   | 1750       | 10       | 10       | 1,0        |
| 1901-2400                   | 2150       | 10       | 7        | 0,7        | 1901-2400   | 2150       | 5        | 12       | 2,4        |
| 2401-3100                   | 2750       | 5        | 9        | 1,8        | 2401-3100   | 2750       | 4        | 9        | 2,2        |
| <i>Летне-осенний период</i> |            |          |          |            |             |            |          |          |            |
| до 50                       | 25         | 83       | 1        | 0,01       | до 50       | 25         | 156      | 0        | 0,0        |
| 51-100                      | 75         | 99       | 7        | 0,1        | 51-150      | 100        | 154      | 8        | 0,1        |
| 101-150                     | 125        | 88       | 10       | 0,1        | 151-250     | 200        | 147      | 14       | 0,1        |
| 151-250                     | 200        | 127      | 2        | 0,02       | 251-400     | 300        | 140      | 15       | 0,1        |
| 251-400                     | 300        | 150      | 5        | 0,03       | 401-600     | 500        | 105      | 13       | 0,1        |
| 401-600                     | 500        | 123      | 21       | 0,2        | 601-900     | 750        | 70       | 18       | 0,2        |
| 601-900                     | 750        | 76       | 21       | 0,3        | 901-1200    | 1050       | 35       | 24       | 0,7        |
| 901-1200                    | 1050       | 39       | 21       | 0,5        | 1201-1600   | 1400       | 7        | 14       | 2,0        |
| 1201-1800                   | 1500       | 14       | 13       | 0,9        | 1901-2200   | 2050       | 3        | 6        | 2,0        |
| 1901-2400                   | 2150       | 17       | 11       | 0,6        | —           | —          | —        | —        | —          |

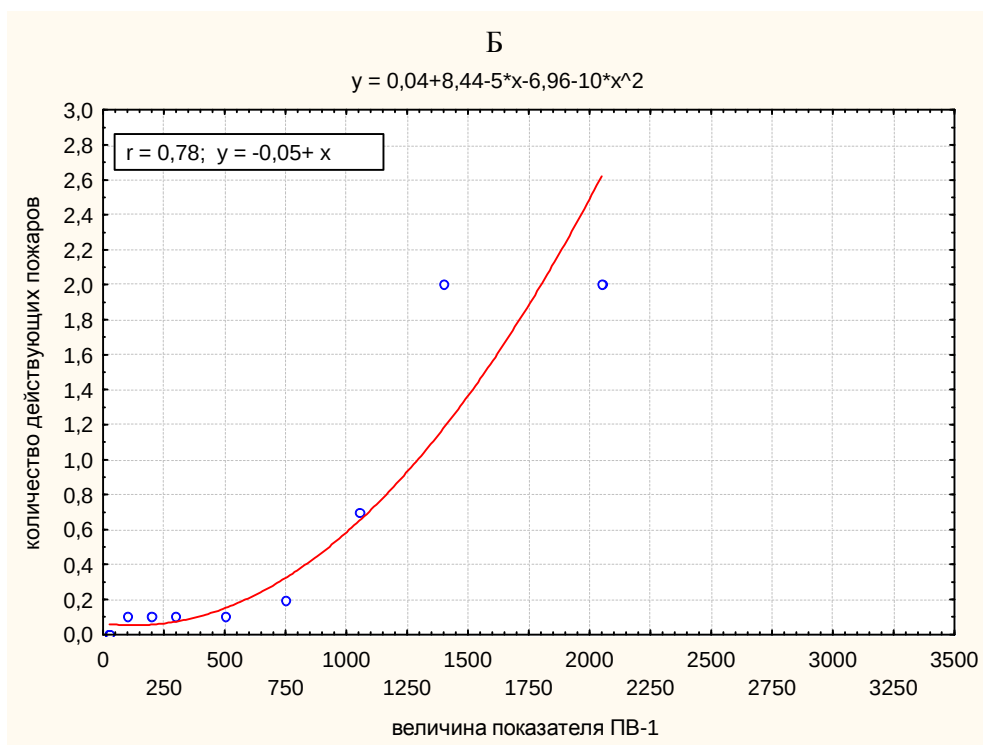
| <b>ПВГ</b>                  | <b>Ср.</b> | <b>n</b> | <b>f</b> | <b>f/n</b> | <b>FWI</b> | <b>Ср.</b> | <b>n</b> | <b>f</b> | <b>f/n</b> |
|-----------------------------|------------|----------|----------|------------|------------|------------|----------|----------|------------|
| <i>Весенний период</i>      |            |          |          |            |            |            |          |          |            |
| до 50                       | 25         | 76       | 2        | 0,0        | 0          | 0          | 79       | 9        | 0,1        |
| 51-150                      | 100        | 52       | 10       | 0,2        | 1-2        | 1,5        | 149      | 71       | 0,5        |
| 151-250                     | 200        | 58       | 16       | 0,3        | 3-4        | 3,5        | 91       | 109      | 1,2        |
| 251-400                     | 300        | 52       | 28       | 0,5        | 5-6        | 5,5        | 57       | 91       | 1,6        |
| 401-600                     | 500        | 61       | 28       | 0,4        | 7-10       | 8,5        | 43       | 45       | 1,0        |
| 601-800                     | 700        | 48       | 28       | 0,6        | 11-15      | 13         | 17       | 20       | 1,2        |
| 801-1000                    | 900        | 54       | 77       | 1,4        | 15-30      | 22,5       | 17       | 22       | 1,3        |
| 1001-1300                   | 1150       | 41       | 30       | 0,7        | –          | –          | –        | –        | –          |
| 1301-1600                   | 1450       | 29       | 56       | 1,9        | –          | –          | –        | –        | –          |
| 1601-2000                   | 1800       | 22       | 48       | 2,2        | –          | –          | –        | –        | –          |
| 2001-2400                   | 2200       | 17       | 17       | 1,0        | –          | –          | –        | –        | –          |
| 2401-2900                   | 2650       | 5        | 12       | 2,4        | –          | –          | –        | –        | –          |
| 2901-3800                   | 3350       | 5        | 12       | 2,4        | –          | –          | –        | –        | –          |
| <i>Летне-осенний период</i> |            |          |          |            |            |            |          |          |            |
| до 50                       | 25         | 413      | 15       | 0          | 0          | 0          | 303      | 2        | 0,01       |
| 51-100                      | 75         | 113      | 2        | 0          | 1-2        | 1,5        | 297      | 16       | 0,1        |
| 101-200                     | 150        | 137      | 48       | 0,4        | 3-4        | 3,5        | 141      | 33       | 0,2        |
| 200-300                     | 250        | 64       | 7        | 0,1        | 5-6        | 5,5        | 31       | 17       | 0,5        |
| 300-500                     | 400        | 66       | 15       | 0,2        | 7-10       | 8,5        | 29       | 26       | 0,9        |
| 501-800                     | 650        | 15       | 12       | 0,8        | 11-15      | 13         | 13       | 10       | 0,8        |
| 801-1200                    | 1000       | 3        | 6        | 2,0        | 15-30      | 22,5       | 2        | 8        | 4,0        |
| 1201-1600                   | 1400       | 5        | 7        | 1,4        | –          | –          | –        | –        | –          |

Примечание: Ср. – среднее значение для данной градации показателя; n – количество дней в пределах данной градации показателя; f – количество пожаро-дней в пределах данной градации показателя; f/n – среднее ежедневное количество действующих пожаров в пределах данной градации показателя.



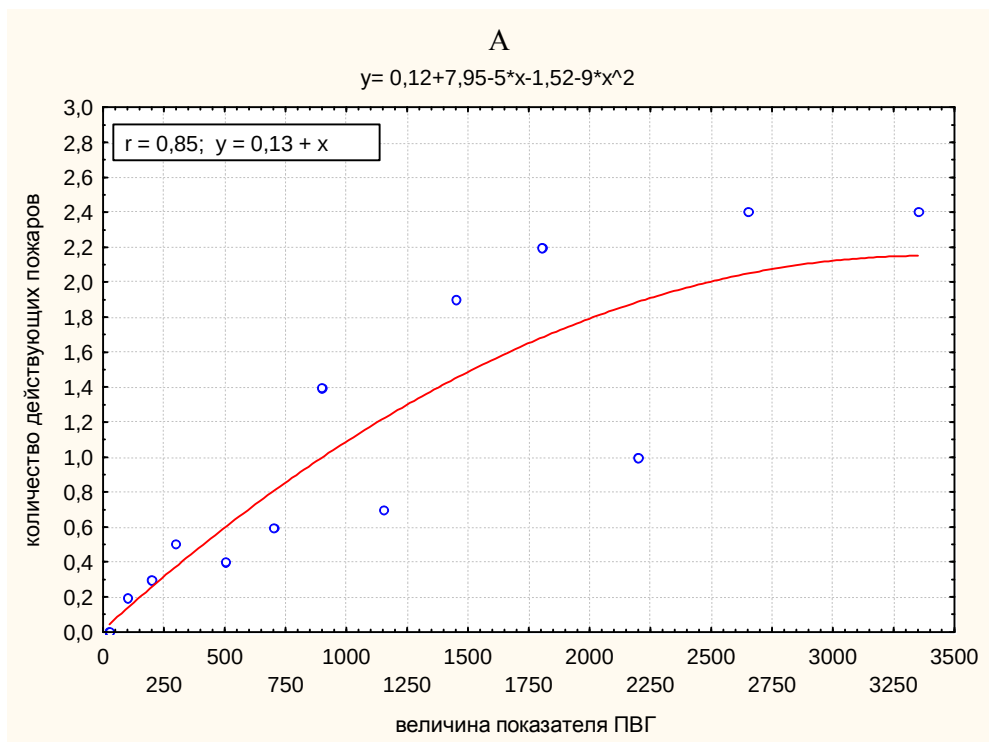


А. Весенний период

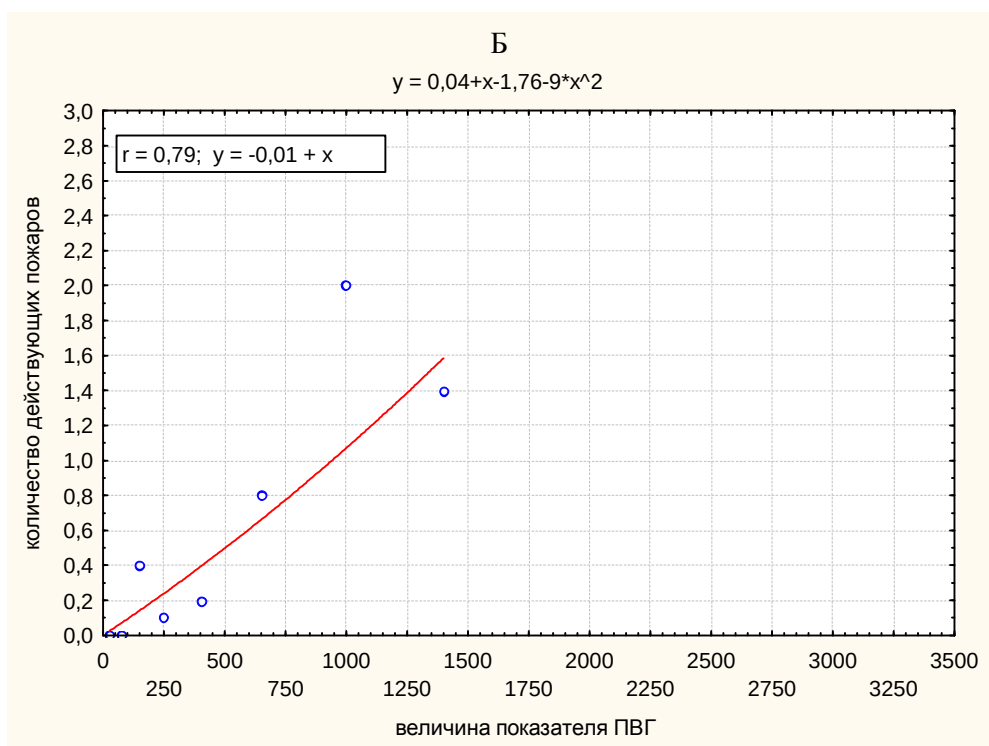


Б. Летне-осенний период

Рис. 5. Ежедневное количество действующих лесных пожаров на территории Слюдянского лесхоза (351 тыс. га) в связи с величиной показателя ПВ-1 по периодам сезона (по данным за 1996-2003 гг.)

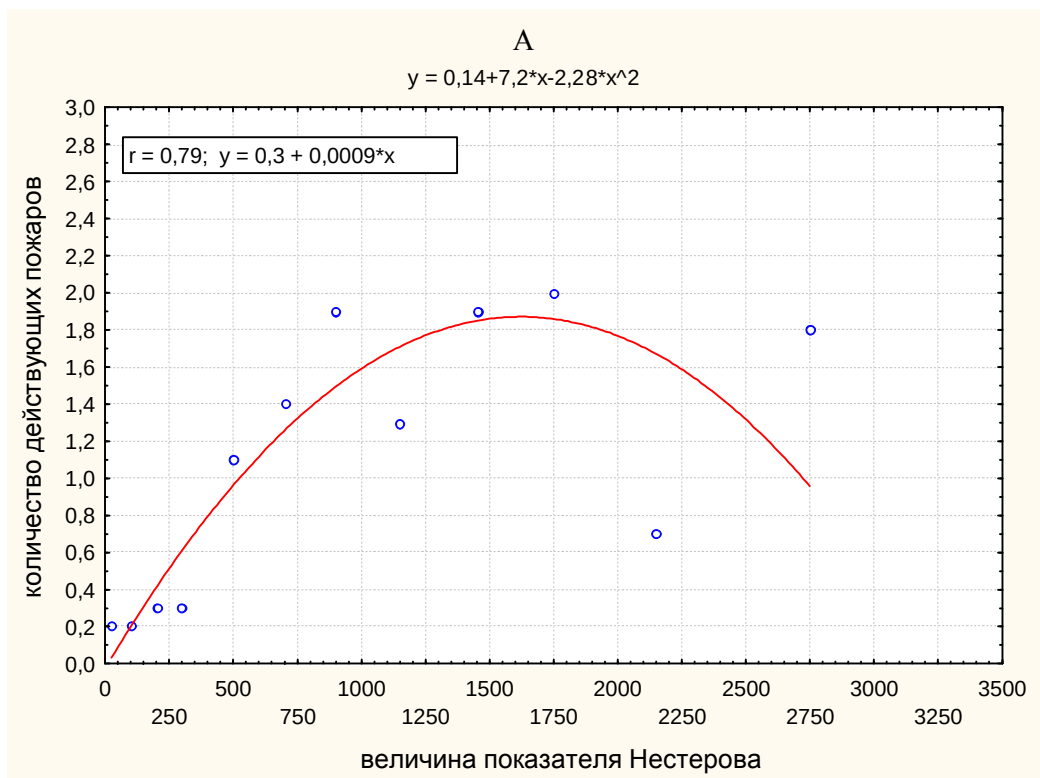


А. Весенний период

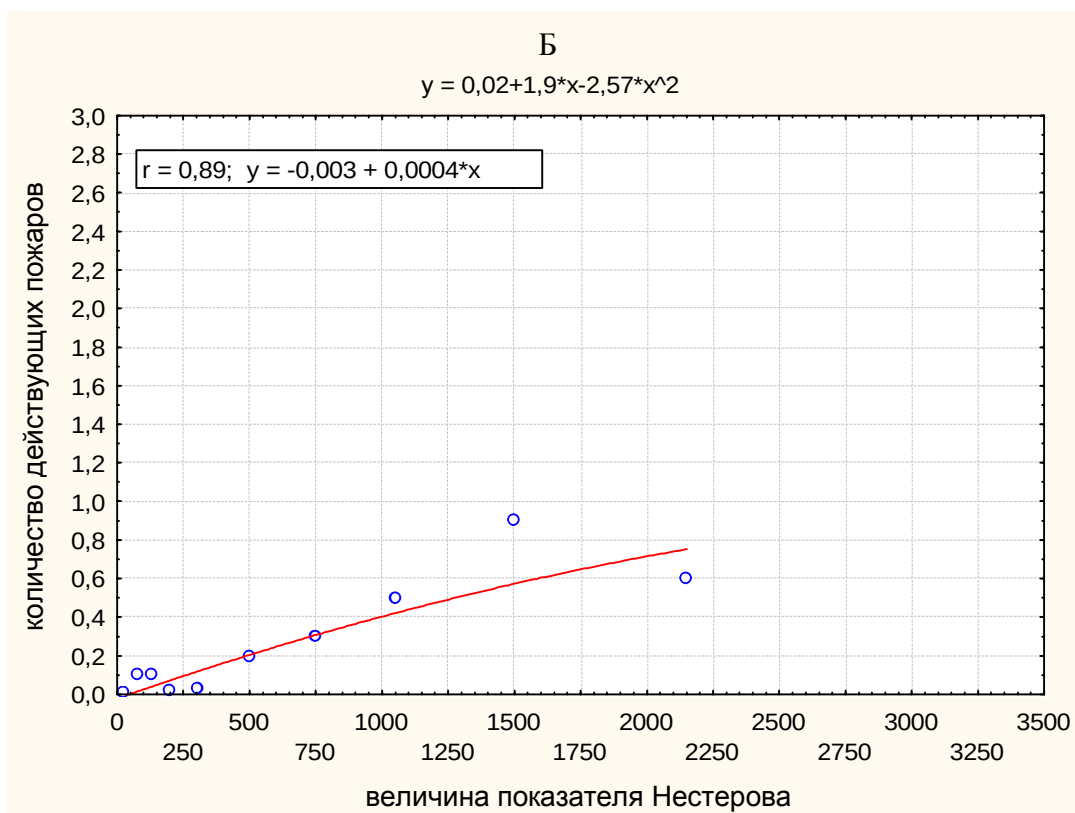


Б. Летне-осенний период

Рис. 6. Ежедневное количество действующих лесных пожаров на территории Слюдянского лесхоза (351 тыс. га) в связи с величиной показателя ПВГ по периодам сезона (по данным за 1996-2003 гг.)

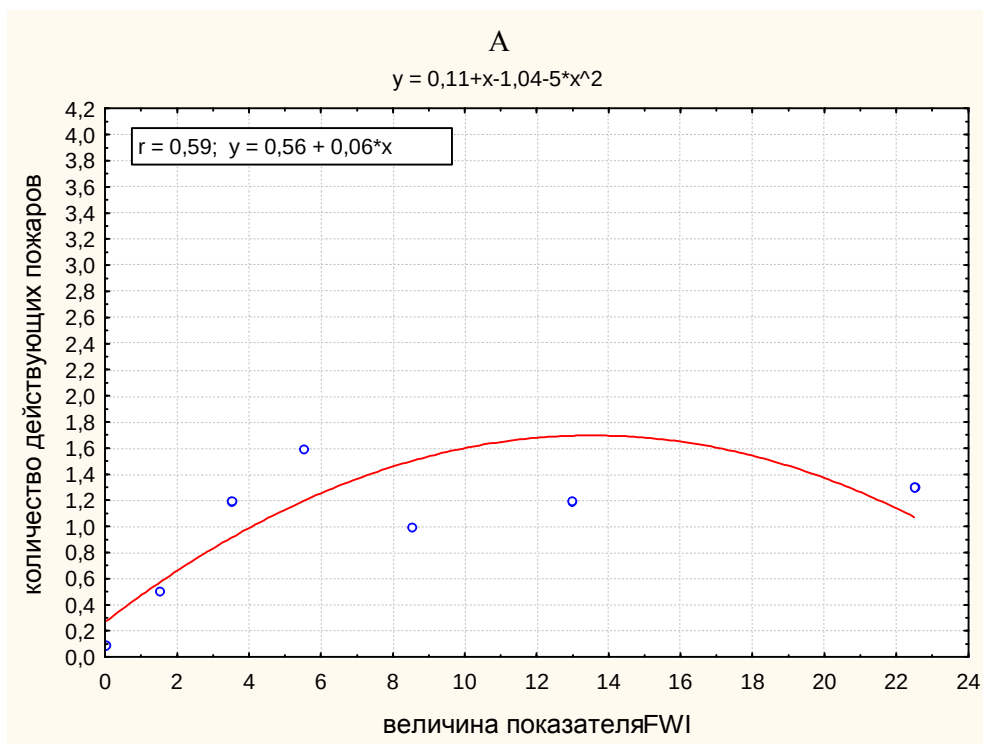


А.  
Весенний  
период

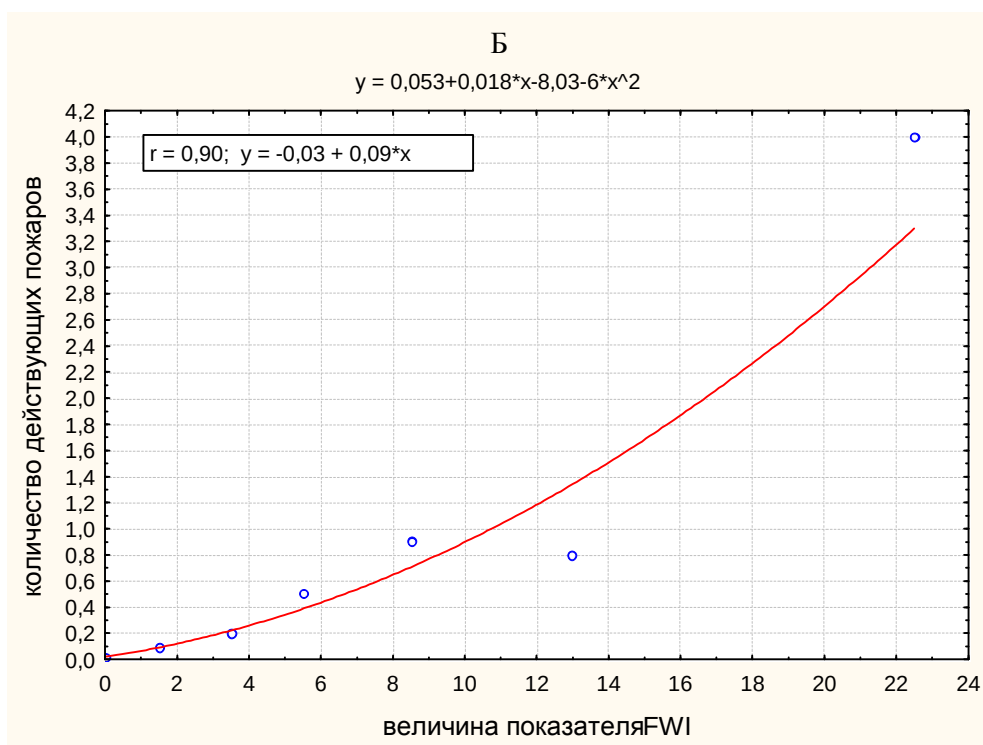


Б. Летне-  
осенний  
период

Рис. 7. Ежедневное количество действующих лесных пожаров на территории Слюдянского лесхоза (351 тыс. га) в связи с величиной показателя Нестерова по периодам сезона (по данным за 1996-2003 гг.)



А. Весенний период



Б. Летне-осенний период

Рис. 8. Ежедневное количество действующих лесных пожаров на территории Слюдянского лесхоза (351 тыс. га) в связи с величиной показателя FWI по периодам сезона (по данным за 1996-2003 гг.)

Оценка тесноты связи в границах периодов пожароопасного сезона не выявила заметного преимущества какого-либо из показателей. Корреляционные отношения ( $\eta$ ) и порядковые места показателей по их величине оказались следующими:

| Показатели  | Весенний период |       | Летне-осенний период |       | Итоговое место |
|-------------|-----------------|-------|----------------------|-------|----------------|
|             | $\eta$          | место | $\eta$               | место |                |
| <b>ПН</b>   | 0,79            | 3     | 0,89                 | 2     | (3 + 2) = 5    |
| <b>ПВ-1</b> | 0,88            | 1     | 0,78                 | 4     | (1 + 4) = 5    |
| <b>ПВГ</b>  | 0,85            | 2     | 0,79                 | 3     | (2 + 3) = 5    |
| <b>FWI</b>  | 0,59            | 4     | 0,90                 | 1     | (4 + 1) = 5    |

Видно, что явных преимуществ ни один из показателей не имеет, в том числе и канадский индекс FWI.

Имеется еще один способ оценить работу показателей (индексов) – *метод статистических проб*, например, по их способности выделять дни с альтернативными уровнями пожарной опасности, как очень низкой, так и наиболее высокой (Viegas et al., 1999). С этой целью в весеннем и летне-осеннем периодах пожароопасного сезона взяты сходное количество дней (200-400) с самыми низкими величинами каждого показателя и по 20-40 дней с самыми высокими показателями, а затем рассчитано среднее ежедневное количество действующих пожаров в каждом варианте и ранжированы места (табл. 2).

Таблица 2

**Сравнительная оценка показателей по выделению дней с низким и высоким количеством действующих пожаров**

| Показатели                  | Дни с низким значением показателей |    |      |    | Дни с высоким значением показателей |    |      |          |
|-----------------------------|------------------------------------|----|------|----|-------------------------------------|----|------|----------|
|                             | n                                  | f  | f/n  | Pl | n                                   | f  | f/n  | Pl       |
| <i>Весенний период</i>      |                                    |    |      |    |                                     |    |      |          |
| <b>ПН</b>                   | 210                                | 50 | 0,23 | 3  | 38                                  | 62 | 1,63 | <b>2</b> |
| <b>ПВ-1</b>                 | 217                                | 34 | 0,16 | 1  | 42                                  | 73 | 1,74 | <b>1</b> |
| <b>ПВГ</b>                  | 210                                | 40 | 0,19 | 2  | 41                                  | 56 | 1,37 | <b>3</b> |
| <b>FWI</b>                  | 228                                | 80 | 0,35 | 4  | 34                                  | 42 | 1,24 | <b>4</b> |
| <i>Летне-осенний период</i> |                                    |    |      |    |                                     |    |      |          |
| <b>ПН</b>                   | 270                                | 18 | 0,07 | 4  | 31                                  | 24 | 0,77 | <b>4</b> |
| <b>ПВ-1</b>                 | 310                                | 8  | 0,03 | 2  | 28                                  | 36 | 1,29 | <b>1</b> |
| <b>ПВГ</b>                  | 413                                | 15 | 0,04 | 3  | 23                                  | 25 | 1,09 | <b>2</b> |
| <b>FWI</b>                  | 303                                | 2  | 0,01 | 1  | 44                                  | 44 | 1,00 | <b>3</b> |

Примечание: n – количество дней с низким (или высоким) значением показателей; f – количество пожаро-дней в эти дни; f/n – среднее ежедневное количество действующих пожаров; Pl – номер места по качеству оценки.

Сравнительная оценка работы показателей сделана по сумме мест:

|             |                    |            |
|-------------|--------------------|------------|
| <b>ПН</b>   | 3 + 2 + 4 + 4 = 13 | <b>IV</b>  |
| <b>ПВ-1</b> | 1 + 1 + 2 + 1 = 5  | <b>I</b>   |
| <b>ПВГ</b>  | 2 + 3 + 3 + 2 = 10 | <b>II</b>  |
| <b>FWI</b>  | 4 + 4 + 1 + 3 = 12 | <b>III</b> |

Итак, лучшим оказался ПВ-1, худшим – ПН.

Необходимо отметить, что связь устанавливалась между *средней* величиной показателя каждой градации и *средним* ежедневным количеством действующих пожаров в градации. Конкретное количество действующих пожаров за каждый день градации изменяется в широком интервале, начиная с нуля. Если бы устанавливалась связь между конкретной величиной показателя и конкретным количеством действующих пожаров за

каждый день, то очевидно, что коэффициенты корреляции были бы гораздо ниже.

Таким образом, результат получился примерно тот же, что и при испытании различных метеорологических индексов пожарной опасности в Западной Европе. Это объясняется, во-первых, тем, что испытываемые показатели отражают влагосодержание эталонного горючего материала – слоя зеленых мхов на дренированных почвах в сосняках, а подобных участков в лесах не так много (особенно, в южно-таежных лесах). Следовательно, совершенствование показателей в плане все более точного соответствия влагосодержанию эталонного горючего не гарантирует повышенную точность в отражении влагосодержания разнообразных напочвенных покровов всего района.

Во-вторых, плотность действующих пожаров зависит не только от погоды, но и от других факторов: вероятности появления источников загорания, своевременности обнаружения пожаров, их доступности, условий и успешности тушения и т.д. Данные факторы косвенно учитываются при составлении местных шкал, поэтому самым главным звеном в оптимизации ежедневной оценки пожарной опасности, безусловно, является не совершенствование метеорологических показателей пожарной опасности, а совершенствование методики составления местных шкал.

После расчета любого метеорологического показателя пожарной опасности необходимо преобразовать величину показателя в оценку самой пожарной опасности, т.е. определить *класс пожарной опасности (КПО)*. Обычно используется пятиклассная шкала: I КПО – низкая пожарная опасность; II КПО – пониженная (ниже средней); III КПО – средняя; IV КПО – высокая; V КПО – очень высокая.

Ежедневная порайонная пожарная опасность лесов в связи с погодой оценивалась в России (СССР) с 1950 года по показателю В. Г. Нестерова (1949) с помощью “общесоюзной” шкалы В. Г. Нестерова из пяти классов пожарной опасности. Эти классы, в сущности, являются *классами засухи*, поскольку при их определении учитывается только величина показателя В. Г. Нестерова, т.е. баланс погодных факторов высыхания и увлажнения. Но пожарная опасность в лесу определяется не только уровнем засухи. Она зависит еще и от количества источников загорания на охраняемой территории, характера растительности, ее фенологического состояния и т.д. Поэтому при одинаковом классе засухи может быть фактически различный уровень пожарной опасности, причем не только в различных районах, но даже в одном районе, но в разные периоды пожароопасного сезона (Софронов, Волокитина, 1990).

Это обстоятельство послужило стимулом для разработки различных *местных шкал* пожарной опасности по условиям погоды для районов. Идея местных шкал наиболее глубоко была развита Н. П. Курбатским (1963).

По методике Н. П. Курбатского, шкалы строятся на основе соотношения между ежедневной величиной лесопожарного показателя засухи (показателя В. Г. Нестерова, ПВ-1) и ежедневным количеством *возникающих* пожаров. Это соотношение закономерно изменяется в каждом районе в течение пожароопасного сезона. В соответствии с методикой, собираются следующие сведения по району (лесхозу) о пожарах не менее, чем за пять – десять лет: когда возник каждый пожар (месяц, число) и при какой величине показателя (Нестерова или ПВ-1). Все эти данные наносятся на график, который показывает распределение всего количества пожаров по пожароопасному сезону в связи с величиной показателя за многолетний период. Учитывая динамику количества пожаров в пределах сезона и сезонные изменения зависимости возникновения пожаров от величины показателя, сезон делится экспертным методом на периоды. Для каждого периода составляется своя шкала, причём границы между классами пожарной опасности (КПО) по величине показателя проводятся таким образом, чтобы в первом (нижнем) классе оказалось 5 % пожаров; выше, во втором классе – 15-20 %, в третьем – 35-40 % и в последнем четвертом – 40-45 %.

В более поздних рекомендациях ЛенНИИЛХа принцип деления на классы тот же, только допустимый процент пожаров в каждом классе принимается не стандартным, а устанавливается экспертным путем для данной территории, поэтому построение местных

шкал связано с известной долей субъективизма в назначении допустимого распределения пожаров по классам пожарной опасности (Коровин и др., 1977).

Впоследствии указанные придержки по доле пожаров в каждом классе были несколько изменены следующим образом: в первом КПО должно быть не более 5 % пожаров от всего количества в данном периоде, во втором – не более 15 %, в третьем – не более 25 %, в четвертом – тоже не более 25 %, а в пятом – оставшиеся 30-35 % (Матвеев, Матвеев, 2002). В настоящее время в оперативных авиаотделениях России используются местные шкалы, составленные Центральной авиабазой.

В процессе составления местных шкал, когда устанавливается эмпирическая связь между количеством возникающих пожаров и величиной показателя (например, ПВ-1), как бы “автоматически” учитывается влияние и *всех остальных факторов* пожарной опасности, которые в пределах района и периода сезона принимаются за постоянные факторы. Следовательно, местные шкалы фактически являются шкалами пожарной опасности не только по погоде, поскольку они отражают влияние *всех* факторов пожарной опасности.

Однако по методике Н. П. Курбатского, как в высокогоримом районе с засушливым климатом, так и в малогоримом с влажным климатом, как в высокогоримый период сезона, так и в малогоримый всегда выделяются четыре класса пожарной опасности (или пять классов в современном варианте). В высокогоримом районе при III классе пожарной опасности обстановка может быть очень напряженной, а в малогоримом районе при том же классе вполне благополучной. Это означает, что одноименные классы пожарной опасности в разных местных шкалах *несопоставимы* друг с другом по пожарной напряженности на территории районов. Кроме того, шкалы, составленные для одного и того же района, но по материалам разных лет, отличающихся по средней засушливости сезонов, будут иметь различные границы классов по показателю. В то же время сами местные шкалы достаточно точно отражают относительное влияние местных особенностей на пожарную опасность.

Таким образом, у местных шкал, построенных по вышеописанной методике, имеется один существенный недостаток, а именно, *несопоставимость* одноименных классов пожарной опасности (КПО) из разных районов и из разных периодов сезона по истинному уровню пожарной опасности, которая при ее реализации обуславливает определенную пожарную ситуацию в районе. Причина несопоставимости одноименных КПО – в их *относительности*, так как по методике в каждом районе и в каждом периоде должны выделяться все пять КПО при *любом* количестве пожаров за анализируемый период.

Для иллюстрации этой несопоставимости мы составили по методике Н. П. Курбатского местные шкалы для Слюдянского лесхоза по данным о пожарах за 1996-2003 годы (рис. 9, таблица 3). Распределение возникающих пожаров (в %) по КПО было принято по последнему варианту: I КПО – 5, II КПО – 15, III КПО – 25, IV КПО – 25, V КПО – 30%.

Таблица 3

**Местные шкалы пожарной опасности по условиям погоды для территории  
Слюдянского лесхоза (методика Н.П. Курбатского, 1963)**

| КПО | Весенний период        |    |     |      | Летне-осенний период   |    |     |      |
|-----|------------------------|----|-----|------|------------------------|----|-----|------|
|     | границы КПО по<br>ПВ-1 | f  | n   | f/n  | границы КПО по<br>ПВ-1 | f  | n   | f/n  |
| I   | до 175                 | 9  | 148 | 0,06 | До 150                 | 3  | 310 | 0,01 |
| II  | 176-400                | 26 | 122 | 0,21 | 151-350                | 8  | 243 | 0,03 |
| III | 401-650                | 43 | 108 | 0,40 | 351-500                | 13 | 112 | 0,12 |
| IV  | 651-900                | 43 | 47  | 0,91 | 501-900                | 13 | 107 | 0,12 |
| V   | более 900 ед.          | 52 | 98  | 0,53 | более 900 ед.          | 16 | 45  | 0,35 |

Примечание. f – количество возникающих пожаров в границах КПО, n – количество дней с величиной показателя в границах КПО, f/n – средняя вероятность возникновения лесного пожара в день при данном КПО.

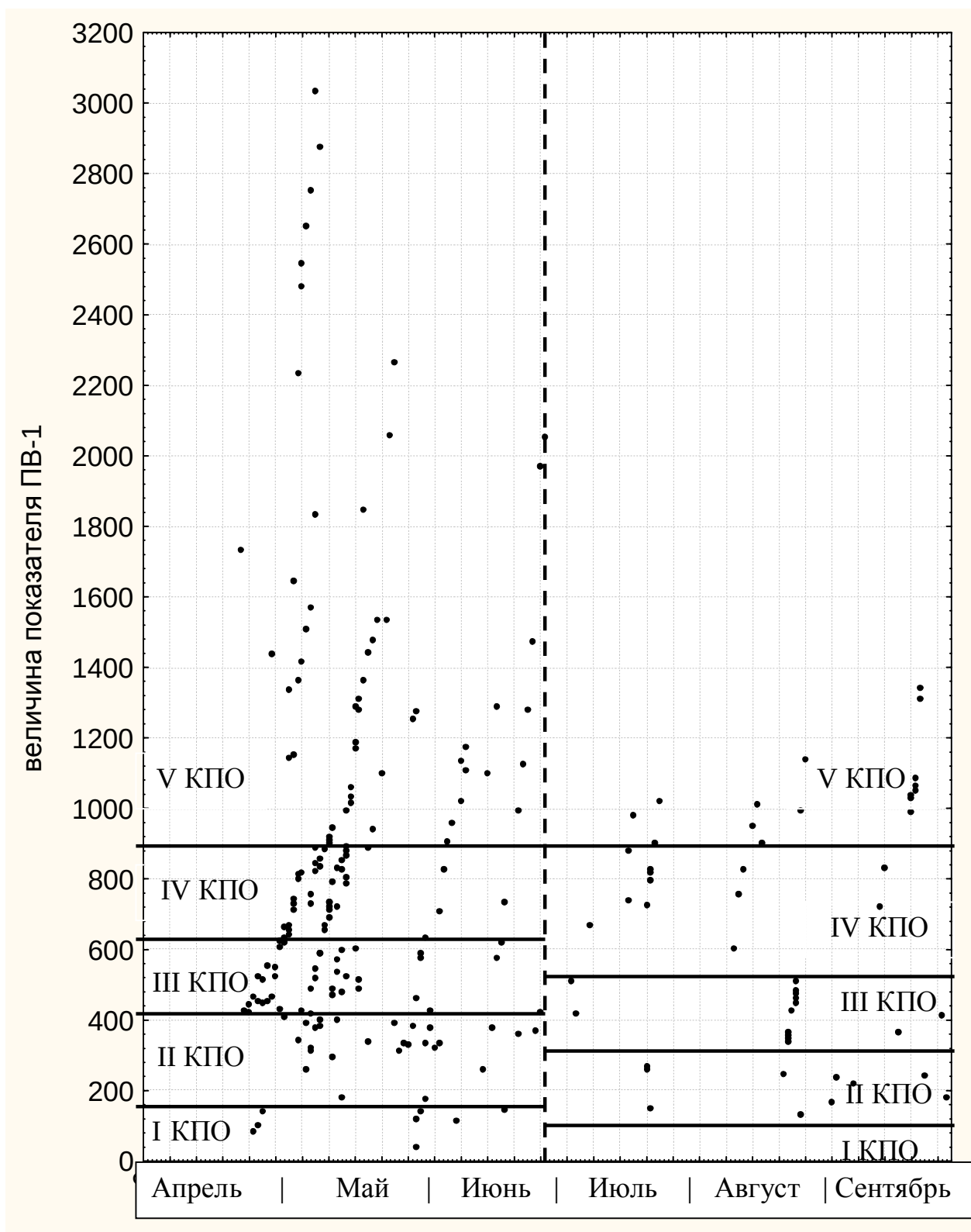


Рис. 9. Пример составления местных шкал пожарной опасности по методике Н. П. Курбатского (1963) для Слюдянского лесхоза



В составленных шкалах показана вероятность возникновения лесных пожаров в дни с указанными КПО. Видно, что одноименные КПО в весенний и летне-осенний периоды резко различаются по вероятности возникновения пожаров и, следовательно, по напряженности пожарной ситуации. Например, весной в дни со вторым КПО вероятность возникновения пожара 0,21, а летом – только 0,03, т.е. в 7 раз меньше. Весной в дни с четвертым КПО вероятность 0,91, летом же только 0,12, т.е. почти 8 раз меньше. Кроме того, границы КПО по величине показателя ПВ-1 весной и летом близкие, их можно объединить в единую шкалу для всего сезона. Интересно, что в местной шкале, которую использует Иркутское авиаотделение в Слюдянском лесхозе, нет деления на периоды: I КПО – до 400, II КПО – 401-1200, III КПО – 1201-2000, IV КПО – 2001-3000, V КПО – более 3000 единиц ПВ-1.

Но для более точной регламентации работы лесопожарных служб и широкого маневрирования силами лесопожарной охраны, а также для более обоснованного планового распределения сил и средств между регионами, лесхозами и авиаотделениями необходимо иметь местные шкалы именно с *сопоставимыми* классами пожарной опасности, которые связаны с абсолютным критерием пожарной опасности на территории района, а именно, с **вероятной ежедневной плотностью действующих пожаров** (*пож. / млн га*). Первому КПО должна соответствовать вероятная плотность действующих пожаров менее 0,2; второму КПО – 0,2-0,8; третьему КПО – 0,81-3,2; четвертому КПО – 3,21-12,8; пятому КПО – более 12,8 *пож./млн га* (Софронов, Волокитина, 1990, Софронов и др., 2005).

Для составления шкалы необходимо вначале определить связь между величиной метеорологического показателя пожарной опасности и ежедневным количеством действующих пожаров, а также закономерное изменение этой связи, ее динамику в течение пожароопасного сезона. Связь устанавливается на основании анализа сведений о погоде и о пожарах за многолетний период.

Были использованы сведения за 1996-2003 годы о погоде по метеостанции Култук и рассчитана ежедневная величина показателя ПВ-1 с апреля по сентябрь. За эти же годы были взяты сведения о датах обнаружения и ликвидации лесных пожаров, на основании чего определено ежедневное количество действующих пожаров.

Данные о ежедневном количестве действующих пожаров (включая дни с отсутствием пожаров) были объединены в группы по следующим градациям факторов: 1) по погодному фактору, т.е. по величине показателя ПВ-1 – в границах классов засухи (КЗ): 0 КЗ – до 60 единиц показателя; I КЗ – 60-300; II КЗ – 301-1000; III КЗ – 1001-3000; IV КЗ – 3001-10 000; V КЗ – более 10 000 единиц (Софронов и др., 2005); 2) по фактору времени – в границах каждой декады каждого месяца. В каждой группе подсчитано количество пожаро-дней.

Распределение дней по классам засухи оказалось следующим: 0 КЗ – 25 %; I КЗ – 32 %; II КЗ – 34 %; III КЗ – 9 %; IV КЗ – 0%.

Таким образом, из-за влажного климата Южного Прибайкалья в пожароопасном сезоне преобладают дни с первым и вторым классами засухи (66 %), дней с третьим классом мало (9 %), а дни с четвертым классом практически отсутствуют. Что касается *пожаро-дней*, то их основное количество приходится на дни со вторым классом засухи (52 %).

Затем было подсчитано среднее ежедневное количество действующих пожаров в каждой декаде при каждом классе засухи, причем учитывались и те дни, когда пожаров не было. Эти данные были выровнены и нанесены на график (рис. 10).

Видно, что ежедневное количество действующих пожаров при одном и том же классе засухи очень значительно изменяется в течение сезона, достигая максимума весной – в конце мая, и снижаясь до минимума летом.

Это еще раз подтверждает представление о том, что пожарную опасность нельзя оценивать только по одному фактору – погодному, и что очень большую роль играют другие факторы, прежде всего, фенологическое состояние растительности и источники загорания. Их влияние учитывается косвенно – через местные районные шкалы, составленные для каждого периода сезона.

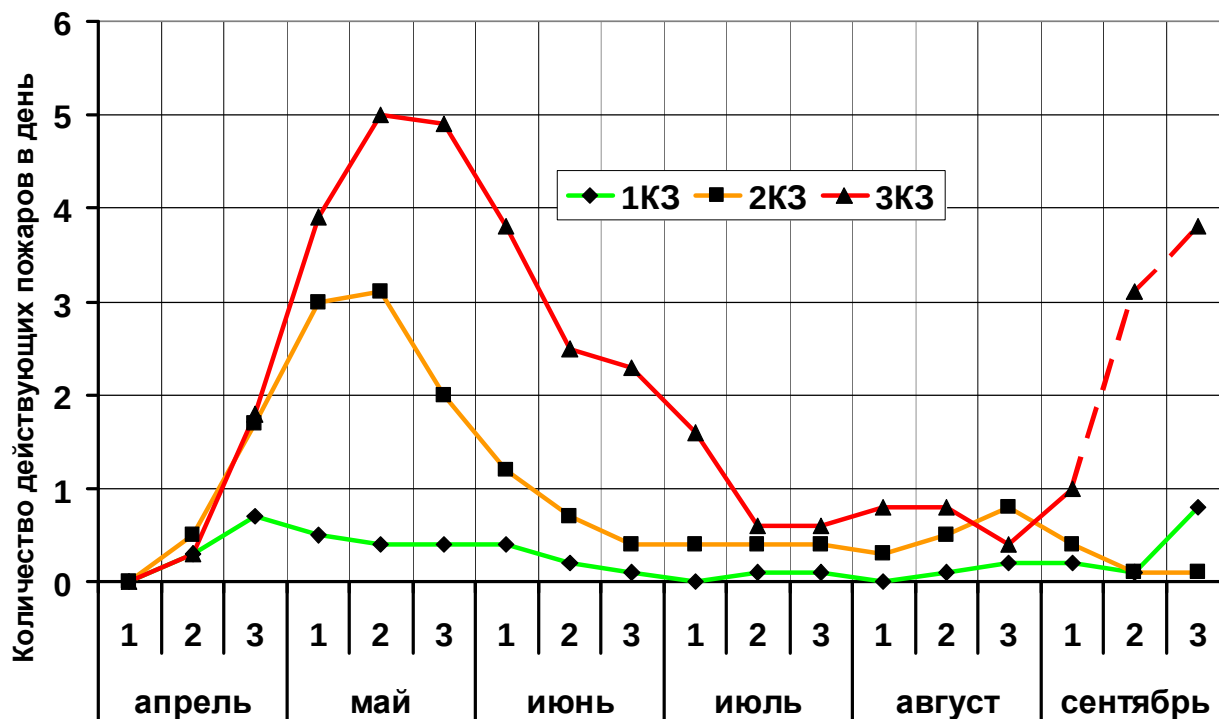


Рис. 10. Среднее ежедневное количество действующих лесных пожаров в связи с классами засухи (КЗ) и их динамика в течение сезона (по данным за 1996-2003 годы, Слюдянский лесхоз)

Следует заметить, что на территории Слюдянского лесхоза в осенний период пожаров возникает мало, причем только в отдельные годы. По причине малого количества данных выявить достоверную связь между величиной показателя ПВ-1 и ежедневным количеством действующих пожаров не удалось. Это видно и на графике. Поэтому следует объединить эти периоды в один летне-осенний период и составить для него общую шкалу оценки пожарной опасности.

При составлении шкал мы воспользовались результатами анализа связи между метеорологическими показателями пожарной опасности и ежедневным количеством действующих пожаров (рис. 11). Необходимо только *ежедневное количество действующих пожаров* перевести в *плотность действующих пожаров (пож. / млн га)*, учитывая, что площадь Слюдянского лесхоза составляет 351 тыс. га (т.е. умножить на переводный коэффициент 2,85), а затем установить границы между классами пожарной опасности (КПО) по величине показателей ПВ-1 и ПВГ, соответствующие указанным выше градациям плотности действующих пожаров в каждом КПО. В результате получены следующие местные шкалы (таблица 4).

Выше было показано, что показатель В.Г.Нестерова (ПН) по своей величине в среднем совпадает с показателем ПВ-1 (немного больше его), поэтому местные шкалы по показателю ПВ-1 можно использовать и при оценке по показателю В. Г. Нестерова.

Для наглядности местные шкалы по оценке пожарной опасности по условиям погоды представлены на рис. 12.

Таблица 4

**Местные шкалы пожарной опасности по условиям погоды для лесов Слюдянского лесхоза (составленные по усовершенствованной методике М. А. Софронова)**

| Классы пожарной опасности (КПО) | Весенний период (с 15.04 по 20.06)            | Летне-осенний период (с 21.06 по 20.10) |
|---------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------|
|                                 | Градации по величине показателя ПВ-1, единиц: |                                         |
| I                               | < 100                                         | < 200                                   |
| II                              | 101 – 200                                     | 201 – 700                               |
| III                             | 201 – 700                                     | 701 – 1400                              |
| IV                              | > 700                                         | > 1400                                  |

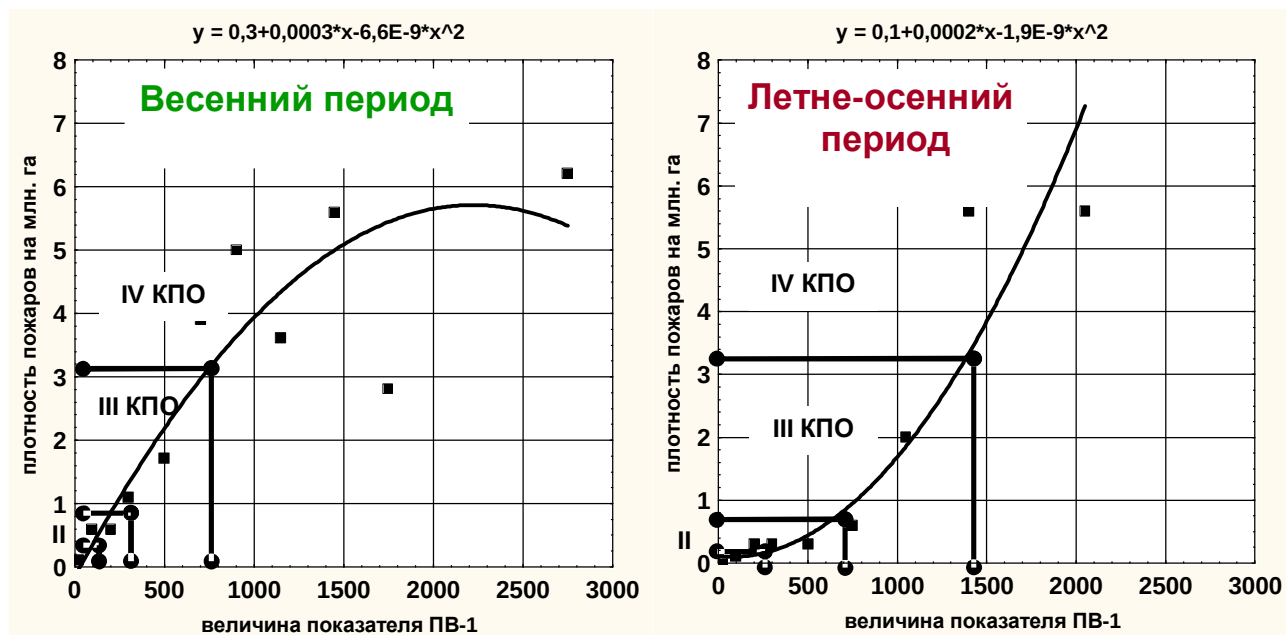


Рис. 11. Связь величины показателя ПВ-1 с плотностью действующих пожаров в пожароопасный сезон (для составления местных шкал с сопоставимыми КПО)

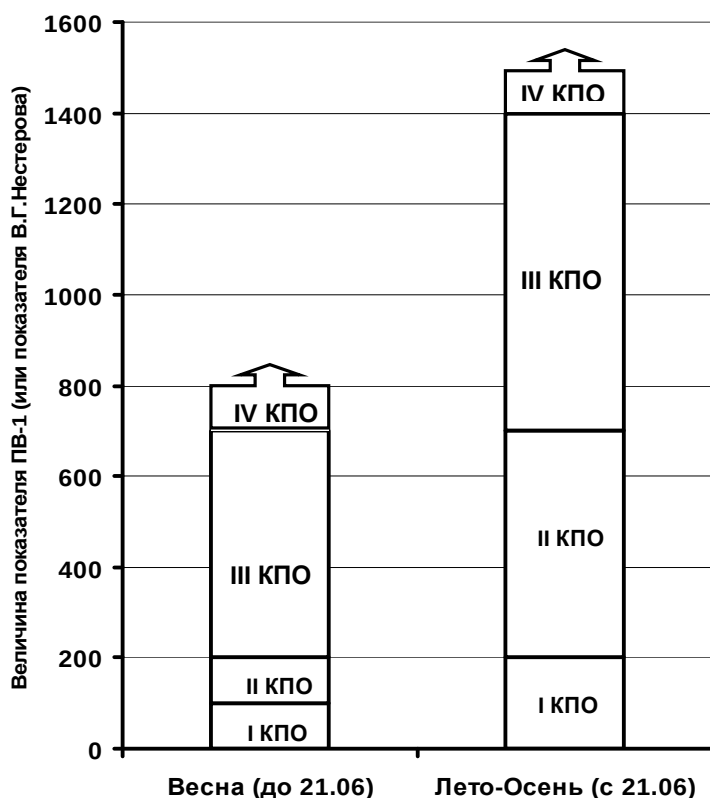


Рис. 12. Местные шкалы для ежедневной оценки пожарной опасности по условиям погоды на территории Слюдянского лесхоза.

### Закключение

Совершенствование метеорологических показателей пожарной опасности не может привести к заметному улучшению ее оценок, поскольку пожарная опасность в лесах зависит не только от погоды, но и от ряда других факторов (источников загорания, характера растительности, фенологического периода и т. д.). Эффективность методов ежедневной оценки пожарной опасности можно значительно повысить за счет косвенного учета всех факторов пожарной

опасности (а не только одного погодного фактора) через составление индивидуальных местных шкал, имеющих сопоставимые классы пожарной опасности, которые связаны с абсолютным критерием пожарной опасности на территории района, а именно, с вероятной ежедневной плотностью действующих пожаров (*пож. / млн га*).

## Литература

Вонский С.М., Жданко В.А.. Принципы разработки метеорологических показателей пожарной опасности в лесу: / С. М. Вонский, В. А. Жданко. Методические рекомендации. - Л.: ЛенНИИЛХ, 1976. - 47 с.

Коровин, Г. Н. Оценка пожарной опасности в лесу и расчет параметров лесных пожаров на ЭВМ: методические указания / Г. Н. Коровин и др. - Л.: ЛенНИИЛХ, 1977. - 64 с.

Курбатский Н. П.. Пожарная опасность в лесу и ее измерение по местным шкалам.// Лесные пожары и борьба с ними. М.: АН СССР, 1963. - С. 5 -30 .

Матвеев, П. М. Лесная пирология / П. М. Матвеев, А. М. Матвеев. - Красноярск: СибГТУ, 2002. - 316 с

Нестеров, В. Г. Горимость леса и методы ее определения / В. Г. Нестеров. - М.: Гослесбумиздат, 1949. - 76 с.

Софронов, М. А , Волокитина А. В.. Пирологическое районирование в таежной зоне / М. А. Софронов, А. В. Волокитина. - Новосибирск: Наука, 1990. - 204 с.

Софронов, М. А. Пожарная опасность в природных условиях / М. А. Софронов, И. А. Гольдаммер, А. В. Волокитина, Т. М. Софронова. - Красноярск: ИЛ СО РАН, 2005. - 330 с.

Canadian Forest Service. Tables for Canadian Forest Fire Weather Index System. For. Techn. Rep. 25. - Ottawa, 1987. - 49 p.

Van Wagner C.E. Development and structure of the Canadian Forest Fire Weather Index System. Can For. Serv., Petawawa. - Techn. Rep. 35. - Ontario, 1987. - 37 p.

Viegas, X. Comparative study of various methods of fire danger evaluation in southern Europe / X. Viegas, G. Bovio, A. Ferreira, A. Nosenzo, B. Sol // International Journal of Wildland Fire. - 2000. - N9. - P. 235-246.

### **Performance of various methods of fire weather danger rating in the South Lake Baikal forests**

Sofronova T. M.

*The objective of our research was to test the performance of different meteorological indices of daily fire danger rating on the example of the South Lake Baikal basin. We tested the performance of four methods of daily fire danger rating in the research area, namely Nesterov's index (PN, 1968), Leningrad Forestry Research Institute index (PV-1, 1975), Sofronov's index (PVG, 1990) and Canadian index (FWI, 1987). The performance criterion was the correlation between the index value and the average number of active fires. None of the methods tested showed the superior overall performance since fire danger depends not only upon weather factors. Therefore, the performance of daily fire danger rating methods can be improved by taking into account all other fire danger factors as well (such as vegetation cover, ignition sources, territory development, etc.) through creation of individual fire danger scales using an improved by us M.A. Sofronov's technique.*