

Г.В. Горев, Г.О. Задде, И.В. Кужевская

## Оценка климатической предрасположенности территории Томской области к возникновению лесных пожаров

*Томский государственный университет*

Поступила в редакцию 8.04.2004 г.

Рассмотрена возможность повысить эффективность мероприятий по охране лесов от пожаров на основании анализа распределения климатических величин по территории Томской области. Представлен новый метод определения пожарной опасности в условиях Томской области, позволяющий упростить процесс и снизить затраты на определение пожарной опасности территории. Проведено районирование климатической предрасположенности территории Томской области к возникновению лесных пожаров.

### Введение

Лесные пожары ежегодно наносят громадный ущерб окружающей среде. Помимо прямого, включающего в себя потери древесины и животного мира, а также затраты на восстановление лесов, существует и косвенный ущерб в виде выбросов различных продуктов горения в атмосферу: аэрозоли, парниковые газы, канцерогены.

Существующее расхождение данных статистики лесных пожаров и материалов учета лесного фонда часто не позволяет достоверно оценить причинно-следственную связь природно-метеорологических факторов и лесных пожаров. Современные геоинформационные технологии мониторинга возникновения лесных пожаров базируются на спутниковой информации. Для мониторинга горимости лесов на территории России с успехом используются данные спутников серии NOAA, имеющих полярные солнечно-синхронные орбиты высотой около 850 км [1].

В данной статье рассматривается возможность повысить эффективность мероприятий по охране лесов от пожаров. Изучение влияния метеорологических величин на возникновение лесных пожаров, опосредованно через комплексные метеорологические коэффициенты, а также дополнения к методам определения пожарной опасности для лесов Томской области позволяют это сделать. Проводится районирование природно-климатической предрасположенности территории Томской области к возникновению лесных пожаров.

Исследование связи метеорологических величин и возникновения лесных пожаров в Томской области ранее рассматривалось в работах [2, 3], однако изучение касалось отдельных метеорологических элементов.

### 1. Вероятность возникновения лесных пожаров от гроз в Томской области

Среди причин возникновения лесных пожаров выделяют антропогенные и природные. К антропогенным причинам относят: проведение определенных видов работ в непосредственной близости от лесных массивов, например лесозаготовительные работы, добыча полезных ископаемых, сельскохозяйственная деятельность и т.д. Природные причины возникновения лесных пожаров связывают, как правило, с грозами, которые могут являться источниками воспламенения лесной растительности. Цель настоящего исследования — оценить возможную вероятность возникновения лесных пожаров от гроз в Томской области.

Статистические данные о возникновении лесных пожаров от гроз неоднозначны, в различных источниках отмечается, что в Томской области порядка 35–50% среднегодового числа лесных пожаров вызвано грозами [4, 5].

С целью оценки возникновения лесных пожаров от гроз в Томской области за рассматриваемый период нами были сопоставлены даты с грозой и даты возникновения лесных пожаров. Чтобы оценить максимально возможное число пожаров от гроз, было сделано предположение, что все лесные пожары, зафиксированные в день с грозой или днем позднее, были спровоцированы этой грозой.

В Томской области за период 1995–2002 гг. в среднем за год наблюдалось 17 дней с грозой, средняя суммарная продолжительность гроз составила 29,5 ч. Максимальное число дней с грозой (21 день) было отмечено на юге Томской области (ст. Бакчар), минимальное (3 дня) в восточной части области (ст. Белый Яр). Максимальная средняя суммарная продолжительность гроз составила 43,8 ч

(ст. Пудино), минимальная – 3 ч (ст. Пудино). Среднее за период число дней и средняя суммарная продолжительность гроз за 1995–2002 гг. для станций Томской области представлены в табл. 1. Для сопоставления полученных данных с климатическими значениями грозовой активности были использованы материалы исследования грозовой активности в Томской области за период 1966–1995 гг., проведенные авторами [6] на базе НИИ высоких напряжений Томского политехнического университета (данные в табл. 1 помечены звездочкой).

Таблица 1  
Среднегодовое количество гроз и средняя суммарная продолжительность гроз в Томской области

Метеостанция	1966–1995 г.*		1995–2002 г.	
	Число дней с грозой	Продолжительность, ч	Число дней с грозой	Продолжительность, ч
Бакчар	26	50	21	30,2
Батурино	21	40	17	33
Белый Яр	18	25	3	3
Кожевниково	23	50	20	25
Парабель	19	31	20	36,8
Первомайское	24	39	18	35,6
Пудино	22	43	18	43,8
Степановка	22	43	20	40,4
Тегульдет	20	37	13	24,6
Томск	22	34	17	23

Данные, представленные в табл. 1, указывают на то, что расположение очагов в распределении грозовой активности по территории сохраняется, однако отмечается уменьшение как числа дней с грозой, так и суммарной продолжительности гроз в рассматриваемый период по сравнению с 1966–1995 гг.

Это свидетельствует о наличии спада грозовой активности.

По мнению многих авторов [7], при выявлении взаимосвязи гроз и количества лесных пожаров важно учитывать атмосферные осадки, так как вероятность возникновения лесных пожаров от гроз, сопровождаемых осадками менее 2 мм, значительно выше по сравнению с другими случаями. С учетом осадков максимально возможная вероятность лесных пожаров от гроз в среднем для Томской области равна 8,5%. Причем распределение гроз по территории Томской области носит неравномерный характер. Самые высокие значения вероятности возникновения гроз отмечены на ст. Парабель (20,8%), самые низкие на ст. Белый Яр (1,6%).

Результаты расчетов представлены в виде карты-схемы на рис. 1. Очевидно, что вероятность возникновения лесных пожаров от гроз в северо-западной части Томской области выше, чем в юго-восточной. Такое распределение вероятности может говорить о том, что в юго-восточной части Томской области возникновение лесных пожаров связано с антропогенными факторами (работа механизмов в лесу, наличие крупных населенных пунктов и др.), а не с природным фактором – грозой. В северо-западной части Томской области вероятность возникновения лесных пожаров от гроз выше, однако и там грозы не являются основным источником лесных пожаров.

Грозная активность является не единственным природным фактором, способствующим возникновению лесных пожаров. Огромное влияние на их возникновение оказывает определенное сочетание метеорологических параметров, таких как температура и влажность воздуха, осадки и так далее, которые будут рассмотрены ниже.



Рис. 1. Максимально возможная вероятность возникновения лесных пожаров от гроз в Томской области, %

## 2. Определение пожарной опасности по комплексным метеорологическим коэффициентам

Существует несколько критериев для определения пожарной опасности в лесах на основе метеорологических показателей, связывающих горимость лесов и температуру, осадки, силу ветра и т.д. В службе лесного хозяйства Российской Федерации применяется расчет пожарной опасности по гидротермическому коэффициенту пожарной опасности В.Г. Нестерова (КПО Нестерова). Этот коэффициент был разработан в 1949 г. и затем дополнен Н.П. Курбатским [8]. Он представляет собой кумулятивную сумму произведений температуры воздуха и дефицита влажности (выраженного через разницу температуры воздуха и температуры точки росы) и вычисляется по следующей формуле:

$$\text{КПО}_n = \sum_{j=1}^n t_j (t_j - \tau_j), \quad (1)$$

где КПО – коэффициент пожарной опасности за каждый день, с нарастающим итогом;  $n$  – количество дней без осадков или с осадками менее 2,5 мм;  $t$  – температура воздуха за срок, ближайший к 13 ч местного времени;  $\tau$  – температура точки росы за тот же срок.

КПО Нестерова используется как величина безразмерная, по его численному значению определяется класс пожарной опасности в лесу, в зависимости от которого регламентируется работа лесопожарных служб.

Для определения пожарной опасности на территории Томской области службами лесной охраны используется общероссийская шкала пожарной опасности [9].

Среднегодовое количество лесных пожаров и значения КПО Нестерова отображены на рис. 2, а. Ход количества лесных пожаров по Томской области за 1998–2002 гг. совпадает, за редким исключением, с ходом значений КПО Нестерова, точки экстремумов совпадают по датам их появления в пожароопасный период.

Максимальное значение КПО Нестерова приходится на 25 мая и 5 июля, именно тогда и наблюдаются максимумы в распределении очагов лесных пожаров со значениями КПО Нестерова 4280 и 3518 (очагов 54 и 31 соответственно). Минимальное значение КПО Нестерова за рассматриваемый нами период падает на 5 июня и на 3 сентября (1200 и 1100 соответственно), тогда же и отмечается снижение числа очагов пожаров (4 и 2 соответственно). В ходе исследования было установлено, что общероссийская шкала КПО Нестерова не учитывает особенности пожароопасного сезона в Томской области.

На основании установления эмпирической зависимости числа пожаров и величины КПО Нестерова нами была разработана местная шкала пожарной опасности для лесов Томской области с учетом

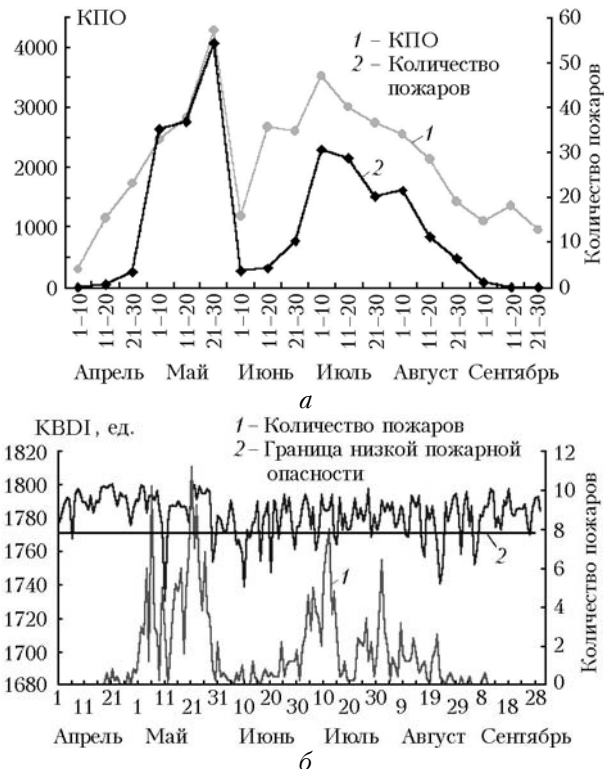


Рис. 2. Среднегодовое количество лесных пожаров и значения: КПО Нестерова (а) и индексов засухи Кетча–Бирама (б), по Томской области за пожароопасные периоды 1998–2002 гг.

предложений [10]: на время с I классом пожарной опасности должно приходиться до 5, со II – не более 15–20, с III – 35–40 и с IV – 40–45% всех пожаров за пожароопасный период. В основу деления пожароопасного сезона на весенний и летний было положено наличие между ними небольшого перерыва в возникновении лесных пожаров (табл. 2).

Таблица 2

Местная шкала пожарной опасности для лесов Томской области

Период	Класс пожарной опасности			
	I	II	III	IV
Весенний	0–800	801–2300	2301–3500	> 3500
Летний	0–1100	1101–1600	1601–3100	> 3100

Для определения степени пожарной опасности на базе Объединенного управления лесными пожарами в Восточном Калимантане (Индонезия) с успехом используется в течение последних 5 лет индекс засухи Кетча–Бирама (Keetch Byram Drought Index) [11].

Расчет индекса основан на свойстве почвы удерживать влагу против сил тяжести, называемая наименьшей или полевой влагоемкостью. Полевая влагоемкость, увеличенная в 10 раз, дает верхний предел оценки степени пожарной опасности по КВДИ. Для Восточного Калимантана полевая влагоемкость составляет в среднем 200 мм, поэтому пожарная опасность оценивается в пределах от 0 до

2000 усл. ед. Ноль – точка минимальной пожарной опасности, 2000 ед. – максимально возможный уровень засухи. Главным преимуществом KBDI перед другими показателями пожарной опасности является то, что для его вычисления необходимо знать только сегодняшнее количество атмосферных осадков.

Для большинства территорий Томской области (по почвообразующей породе) характерны глинистые и среднесуглинистые почвы [12]. Полевая влагемкость для такого рода почв в среднем равна 170–190 мм продуктивной влаги в метровом слое почвы [13]. Следовательно, для Томской области верхний предел KBDI можно принять равным 1800 ед. В целом для Томской области индекс засухи

$$KBDI = -10R + 1800, \quad (2)$$

где  $R$  – суточное количество атмосферных осадков.

На рис. 2,б представлены средненные за 5-летний период значения KBDI и числа очагов лесных пожаров. Ход KBDI на графике совпадает, за редким исключением, с количеством лесных пожаров для всего пожароопасного периода в Томской области. Расхождения в ходе распределения наблюдаются ранней весной и поздней осенью (в начале апреля и конце сентября), высокие значения KBDI сопровождаются низким количеством лесных пожаров, однако это можно объяснить наличием в апреле избыточного количества влаги от таяния снежного покрова, переувлажняющего почву, а в сентябре появлением низких температур.

За рассматриваемый нами период минимальное значение KBDI равнялось 1635 ед., а амплитуда хода составила 165 ед. Это обусловлено тем, что в отличие от тропиков, для которых изначально рассчитывался KBDI, в Томской области максимальное суточное количество выпадающих атмосферных осадков не превышает 20 мм. Такой аспект делает невозможным применение принятых градаций в классификации пожарной опасности по KBDI для Томской области. Для репрезентативности исследуемых методов применимы те же требования, что и для метода разработки местных шкал пожароопасности по КПО Нестерова. На основании анализа результатов нами разработана местная шкала пожарной опасности по KBDI, представленная в табл. 3.

Таблица 3

Шкала пожарной опасности по индексу засухи Кетча–Бирама для Томской области

Числовая шкала	Характеристика пожарной опасности
0–1771	низкая (I)
1772–1794	умеренная (II)
1795–1799	высокая (III)
1800	экстремальная (IV)

Сравнивая методики прогнозирования пожарной опасности по КПО Нестерова и KBDI, можно видеть как достоинства, так и недостатки обоих методов. На рис. 3 представлено распределение случаев по классам пожарной опасности за 1998–2002 гг., рассчитанное по обоим индексам. Для

удобства классы пожарной опасности, рассчитанные по KBDI, представлены по возрастанию, аналогично классам по КПО Нестерова.

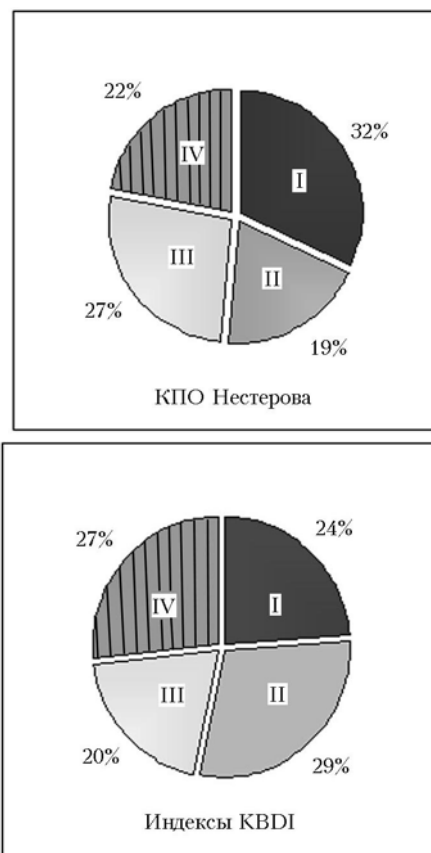


Рис. 3. Количество случаев по классам пожарной опасности по КПО Нестерова и KBDI в Томской области за 1998–2002 гг.

Представленные диаграммы демонстрируют нам, что при прогнозировании пожарной опасности по KBDI число случаев с IV классом пожарной опасности выше, а с I классом ниже, чем при прогнозе по индексу Нестерова. Это связано с различными методиками определения индексов. В случае с KBDI при небольшом количестве осадков происходит незначительное падение индекса, которое часто остается в одном и том же классе пожарной опасности. В случае прогнозирования по КПО Нестерова при выпадении осадков более 2,5 мм значение индекса падает до нуля, что и обуславливает большее, по отношению к KBDI, число случаев с низкой пожарной опасностью. Это можно отнести к недостатку прогнозирования пожарной опасности по КПО Нестерова, так как атмосферными осадками может быть охвачена лишь часть территории и существует риск недооценить реальную пожарную опасность. Вместе с тем неоправданно высокое число случаев с экстремальной пожарной опасностью может повлечь неоправданные затраты на предотвращение возникновения лесных пожаров. К достоинству обоих методов можно отнести простоту расчетов, не требующих больших финансовых вложений и широкого ряда метеорологических данных, что делает привлекательным использова-

ние обоих методов в целях прогнозирования пожарной опасности в Томской области.

Таким образом, на основании результатов исследования можно сделать вывод, что для определения пожарной опасности в Томской области наряду с КПО Нестерова можно применять индекс KBDI. В будущем при проверке эффективности определения пожарной опасности по новому для России методу KBDI на более длинном ряду данных о лесных пожарах возможен отказ от использования КПО Нестерова в пользу метода KBDI как более дешевого, но не менее эффективного метода для определения пожарной опасности.

### 3. Районирование территории Томской области по климатической предрасположенности к возникновению лесных пожаров

Климатические характеристики и лесные пожары в зарубежной литературе чаще всего связывают с индексом FFI (индекс лесных пожаров) [14]. Вычисление FFI базируется на значениях температуры воздуха и условиях выпадения осадков в течение вегетационного периода:

$$FFI = \sum_{i=V_b}^{V_e} sd_i / \sum_{i=V_b}^{V_e} P_i, \quad (3)$$

где  $sd = 1$ , если ежедневный максимум температуры воздуха больше  $25^\circ\text{C}$ , и  $0$  – во всех других случаях;  $P$  – ежедневная сумма осадков;  $V_b$  – начало вегетационного периода;  $V_e$  – конец вегетационного периода.

Продолжительность вегетационного периода, даты его начала и окончания определялись как часть календарного года с устойчивой средней суточной температурой воздуха выше  $5^\circ\text{C}$ , так как, в большинстве случаев, активное функционирование лесной растительности возможно уже при данной температуре. Даты устойчивого перехода температуры воздуха через заданный предел определялись по методу А.В. Федорова [15].

В задачи настоящего исследования входило изучение, помимо FFI, целого комплекса климатических характеристик. При проведении климатического районирования учитывались особенности территориального распределения в пожароопасный период среднееголетних значений метеорологических характеристик, таких как суточная минимальная влажность воздуха ( $W_v$ ), сумма количества осадков за вегетационный период ( $Q_{oc}$ ), гидротермический коэффициент Нестерова, индекс засушливости, сумма температур воздуха более  $25^\circ\text{C}$  ( $t_v \geq 25^\circ\text{C}$ ), индекс лесных пожаров. Помимо этого, для оценки состояния подстилающей поверхности были привлечены данные о распределении влажности почв в Томской области [12], а именно, удельного веса переувлажненности почв в общей площади административного района ( $W$  почвы).

На рис. 4 представлено среднееголетнее распределение значений трех из шести рассматриваемых нами климатических характеристик на территории Томской области за вегетационный период 1998–2002 гг. Почти все описанные выше климатические показатели делят территорию Томской области на два больших района, которые условно можно обозначить как «северо-западный» и «центрально-восточный».



а



б



в

Рис. 4. Среднееголетнее распределение значений климатических характеристик на территории Томской области за вегетационный период (а – КПО Нестерова; б – KBDI; в – FFI)

Третий район выделяется из всех исследованных нами климатических характеристик по сумме максимальных температур воздуха выше 25 °С за вегетационный период и индексу лесных пожаров FFI. Этот район условно можно обозначить как «южный». Данный район также выделяется как менее переувлажненный по сравнению с двумя другими – «северо-западным» и «центрально-восточным» – районами.

В табл. 4 представлено распределение природно-климатических показателей в соответствии с выделенными районами.

Таблица 4

Распределение природно-климатических показателей в Томской области

Климатическая характеристика	Район		
	«северо-западный»	«центрально-восточный»	«южный»
$W_v, \%$	> 50	45–50	–
$Q_{oc}, \text{мм}$	> 310	260–310	–
КПО Нестерова	< 1300	1300–1700	–
KBDI	< 1782	1782–1785	–
$t_v \geq 25 \text{ }^\circ\text{C}$	1000–1200	1000–1300	> 1300
FFI	0,1–0,14	0,12–0,16	> 0,16
$W_n, \%$	> 75	25–75	10–25

С целью оценки степени пожарной опасности исследуемой территории нами была проведена оценка фактической горимости территории по методике, применяемой в Российском лесном хозяйстве и с учетом предложений [16].

Для оценки фактической горимости территория Томской области была разделена сеткой, площадь каждой ячейки которой равнялась 100 тыс. га.

Подсчет среднегодового (1998–2002 гг.) количества лесных пожаров производился для каждой ячейки, после чего проводилась оценка степени горимости. По результатам оценки среднемноголетнего распределения фактической горимости лесов Томской области можно сказать, что выделенный нами ранее «южный» район характеризуется высокой и выше средней степенью горимости (5,1–20,0 пожаров/100 тыс. га). «Центрально-восточный» район характеризуется средней и ниже средней степенями горимости (0,5–5,0 пожаров/100 тыс. га), «северо-западный» район – низкой степенью горимости (менее 0,5–5,0 пожаров/100 тыс. га).

Результаты проведенного исследования представлены в виде карты-схемы (рис. 5), на которой показано районирование территории Томской области по степени природно-климатической предрасположенности к возникновению лесных пожаров на основании хода климатических характеристик, комплексных метеорологических показателей пожарной опасности территории и других природных факторов, таких как удельный вес переувлажненности почв.

При проведении районирования нами не учитывалось климатическое распределение скоростей ветра, ввиду того что Томская область характеризуется невысокой амплитудой годового хода и среднегодовой скоростью ветра. По данным [17], амплитуда годового хода варьирует в пределах 0,9–2,0 м/с, среднегодовые скорости изменяются от 2,1 до 4,2 м/с. За рассматриваемый пожароопасный период значения скорости ветра более 10 м/с наблюдались в среднем 2–5 дней. Все это указывает на слабое влияние скорости ветра на пожарную опасность в Томской области.

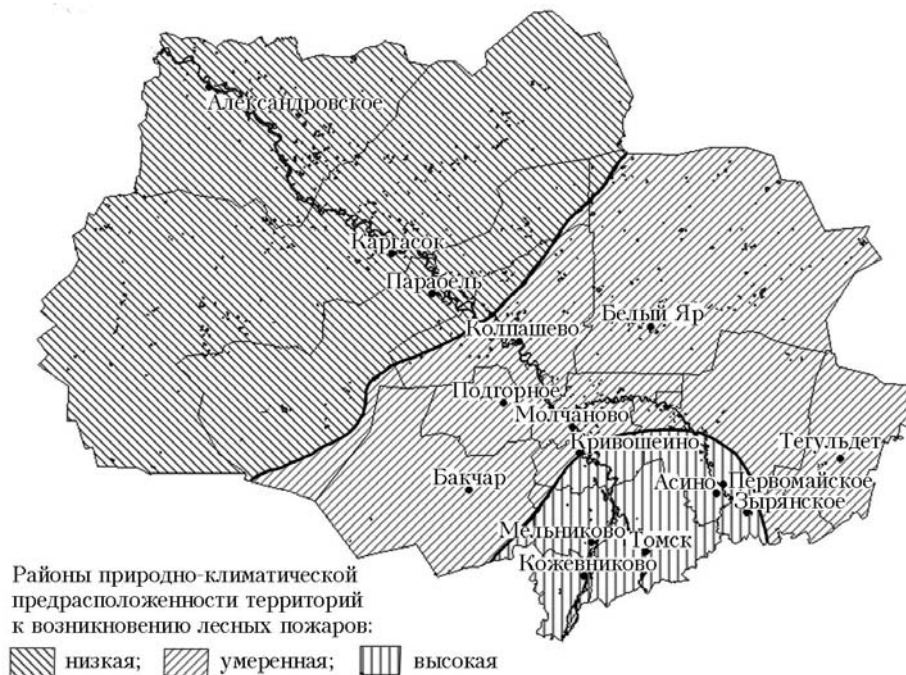


Рис. 5. Районирование природно-климатической предрасположенности территории Томской области к возникновению лесных пожаров

## Заклучение

Проведенный анализ распределения климатических величин по территории позволяет лучше понять природные причины возникновения лесных пожаров.

Рассмотренный нами новый метод прогноза пожарной опасности по индексу KBDI в условиях Томской области позволит упростить процесс и снизить затраты на определение пожарной опасности территории. Кроме того, метод KBDI может быть использован для определения пожарной опасности на всей территории Сибири.

Предложенная методика районирования природно-климатической предрасположенности территории к возникновению лесных пожаров может быть использована для климатического районирования на территории других административных областей.

Материалами настоящей статьи послужили данные о лесных пожарах в Томской области со спутников серии NOAA за 1998–2002 гг., предоставленные Федеральным учреждением «Томское управление сельскими лесами» и Главным управлением по делам ГОЧС Томской области.

Метеорологические данные предоставлены Западно-Сибирским управлением ГМС.

1. Жеребцов Г.А. Использование данных AVHRR с ИСЗ NOAA для обнаружения лесных пожаров // Исслед. Земли из космоса. 1995. № 5. С. 74–77.
2. Горев Г.В. Оценка зависимости возникновения лесных пожаров от грозовой активности в Томской области // Проблемы гляциоклиматологии Сибири и сопредельных территорий. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2002. С. 91–92.
3. Горев Г.В. Особенности расчета местной шкалы пожарной опасности для Томской области по условиям погоды // Пятое Сибирское совещание по климато-экологическому мониторингу: Матер. совещания. Томск: ИОМ СО РАН, 2003. С. 53–54.
4. Экологическое движение – инструмент правового регулирования использования лесных ресурсов Томской

области: Матер. круглого стола. Томск: ОГУ Облком-природы, 2001. 30 с.

5. Столярчук Л.В., Раков В.А., Белая А.Ю. Грозы, вызывающие лесные пожары // Лесные пожары и борьба с ними. Л.: Наука, 1989. С. 18–24.
6. Горбатенко В.П., Решетько М.В., Еришова Т.В. Влияние естественных и антропогенных факторов на грозовую активность // Обской вестн. 2001. № 1. С. 40–46.
7. Захаров А.Н., Столярчук А.В. Пожары от гроз в лесах Тюменской области // Лесное хоз-во. М.: Лесная пром-ть. 1977. № 7. С. 74–75.
8. Курбатский Н.П. Пожароопасность в лесу и ее измерение по местным шкалам // Лесные пожары и борьба с ними. М.: Наука, 1963. С. 5–30.
9. Сборник нормативных актов по пожарной безопасности в лесах Российской Федерации. М.: Всерос. НИИЦ по лесным ресурсам, 1995. 85 с.
10. Курбатский Н.П. Методические указания для разработки местных шкал пожарной опасности в лесах. Л.: Наука, 1954. 33 с.
11. Buchholz G., Weidemann D. The Use of simple Fire Danger Rating Systems as a Tool for Early Warning in Forestry // Intern. forest fire news. FAO. 2000. № 23. P. 33–36.
12. Томская область: Почвенная карта / Сост. и подгот. к печати государств. объединением РОСЗЕМПРОЕКТ. Зап.-Сиб. ин-т по землеустройству. Томский филиал, г. Томск / Отв. ред. Г.В. Романова. 1:1000000. Томск, 1987. 1 л. (3 карты): многокрас.
13. Шульгин А.М. Агрометеорология и агроклиматология. Л.: Гидрометиздат, 1978. 200 с.
14. Gerstengarbe F.W., Werner P.C., Lindner M., Bruschek G. Estimation of Future Forest Fire Development in the State of Brandenburg Background // Intern. forest fire news. FAO. 1999. № 21. P. 91–93.
15. Гулинова Н.В. Методы агроклиматической обработки наблюдений. Л.: Гидрометеониздат, 1974. 150 с.
16. Софронов М.А., Волокитина А.В. Пирологическое районирование в таежной зоне. Новосибирск: Наука, 1990. 205 с.
17. Данченко А.М., Задде Г.О., Земцов А.А., Земцов В.А., Инешева Л.И., Лугутин Б.В., Мезенцев А.В., Назаров А.Д., Обухов С.Г., Севостьянов В.В., Севостьянова Л.М., Слуцкий В.И. Кадастр возможностей. Томск: Изд-во НТЛ, 2002. 280 с.

*G.V. Gorev, G.O. Zadde, I.V. Kuzhevskaya. Estimation of climatic predisposition of the Tomsk region to forest fires.*

In this paper, the possibility to increase the efficiency of measures aimed at protection of forests from fires is examined based on the analysis of distribution of climatic parameters over the territory of the Tomsk region. The new method for determination of fire risk under the conditions of the Tomsk region is considered; this method simplifies the process and lowers expenses for estimation of fire risk of a territory. The climatic predisposition of the territory of the Tomsk region to occurrence of forest fires is mapped.