

Горев Григорий Владимирович

**ОЦЕНКА КЛИМАТИЧЕСКОЙ ПРЕДРАСПОЛОЖЕННОСТИ ТЕРРИТОРИИ
К ВОЗНИКНОВЕНИЮ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ
(НА ПРИМЕРЕ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ)**

25.00.36 – Геоэкология

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Томск – 2004

Работа выполнена в Томском государственном университете на кафедре метеорологии и климатологии

Научный руководитель: доктор физико-математических наук, профессор
Задде Геннадий Освальдович

Официальные оппоненты: доктор географических наук, профессор
Поздняков Александр Васильевич

кандидат географических наук, доцент
Решетько Маргарита Викторовна

Ведущая организация: Институт мониторинга климатических и
экологических систем СО РАН

Защита состоится 22 сентября 2004 года в 14.30 часов на заседании диссертационного совета К 212.267.07 при Томском государственном университете по адресу 634050 г. Томск, пр. Ленина, 36, главный корпус, ауд. 119.

С диссертацией можно ознакомиться в Научной библиотеке Томского государственного университета

Автореферат разослан «___» августа 2004 года

Ученый секретарь
диссертационного совета

Н.И. Савина

Общая характеристика работы

Лесные пожары являются одной из серьезнейших проблем российских лесов. Они ежегодно наносят громадный ущерб окружающей среде. Помимо прямого ущерба, 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, таких как аэрозоли, парниковые газы, канцерогены.

Проблема лесных пожаров актуальна во всем мире, подтверждение тому состоявшаяся в 2003 году конференция ООН по изменению климата, на которой одной из мер по сокращению выбросов диоксида углерода было предложено реформирование охраны леса и усовершенствование системы лесного хозяйства. В связи с этим необходимо, используя современные научные методы и решения, добиться максимально эффективной организации мероприятий по предотвращению лесных пожаров. С этой целью следует изучить весь спектр обстоятельств, способствующих возникновению лесных пожаров, и в первую очередь метеорологические и другие факторы.

Возникновению лесных пожаров и их связи с метеорологическими величинами посвящено много работ. В некоторых из них отмечается, что существующее расхождение данных статистики лесных пожаров и материалов учета лесного фонда часто не позволяет достоверно оценить причинно-следственную связь метеорологических факторов и лесных пожаров. К тому же исследователями почти не применяется комплексный подход для оценки климатической предрасположенности территории к лесным пожарам.

В последние годы для выявления лесных пожаров стали широко применяться геоинформационные технологии, базирующиеся на спутниковой информации. Для мониторинга горимости лесов на территории России с успехом используются данные спутников серии NOAA. Спутниковая информация, в совокупности с данными метеорологических станций, открывает новые пути и возможности для установления и анализа связей лесных пожаров с комплексом метеорологических и ряда других характеристик, а также в прогнозировании пожарной опасности территории.

Целью работы являлась оценка предрасположенности территории к возникновению лесных пожаров по метеорологическим и другим факторам, на примере Томской области, а также разработка эффективного метода прогноза пожарной опасности. Для достижения поставленных целей решались следующие задачи:

1. Изучались характеристики пожароопасного периода на исследуемой территории.

2. Исследовалась и оценивалась степень влияния метеорологических и других факторов на лесные пожары.

3. Исследовалась достоверность определяемой пожарной опасности по нескольким методам, проводилась их оценка с целью разработки уравнения прогноза пожарной опасности.

4. Проводился анализ распределения климатических величин по территории с целью поиска природных причин, способствующих возникновению лесных пожаров.

5. Оценивалось влияние изменения метеорологических величин на пожарную опасность территории.

6. Проводилось районирование климатической предрасположенности территории к возникновению лесных пожаров.

Методы исследования и фактический материал

В настоящей работе материалами для исследования послужили данные о лесных пожарах в Томской области со спутников серии NOAA за 1998–2002 гг., предоставленные Федеральным государственным учреждением «Томское управление сельскими лесами» и Главным управлением по делам ГОЧС Томской области. Метеорологические данные предоставлены Западно-Сибирским межрегиональным территориальным управлением по гидрометеорологической службе и мониторингу окружающей среды.

Оценка влияния метеорологических факторов проводилась с использованием комплексных метеорологических показателей, разработанных и применяемых как в России, так и за рубежом. Районирование территории выполнено на основании распределения полученных погодно-климатических характеристик и фактической горимости территории. В качестве основных методов использовались методы физико-статистического анализа данных.

Научная новизна работы заключается в следующем:

1. Впервые дана оценка влияния засушливости территории на пожароопасный период в Томской области.

2. Впервые дана оценка максимально возможной вероятности возникновения лесных пожаров от грозовой активности в Томской области, а также проведена оценка значения антропогенного фактора как причины возникновения лесных пожаров.

3. Впервые проведено районирование территории Томской области по климатической предрасположенности к возникновению лесных пожаров.

4. Впервые проанализирована эффективность прогнозирования пожарной опасности в Томской области с использованием нескольких комплексных метеорологических показателей пожарной опасности. Предложенный в работе новый метод прогноза пожарной опасности позволяет, с достаточной для практики достоверностью, спрогнозировать возможный рост числа пожаров.

Практическая значимость работы. Результаты работы используются на территории Томской области и могут быть применены для территорий других регионов при планировании мероприятий по предупреждению возникновения лесных пожаров, оперативному прогнозированию пожарной опасности с целью маневрирования и правильного размещения сил и средств пожаротушения. Результаты подходят для планирования сроков проведения

отдельных сельскохозяйственных работ, таких, как отжиг стерни и соломы на полях в весенний и осенний периоды. Кроме этого, результаты могут применяться в дальнейшей работе по изучению проблемы возникновения и распространения лесных пожаров. Отдельные разделы работы могут использоваться в теоретических и практических курсах «Региональная климатология» и «Экология».

На защиту выносятся следующие защищаемые положения:

1. Причины возникновения лесных пожаров в Томской области в большей степени обусловлены антропогенными, а не природными факторами, такими, как грозовая активность.

2. Локализация числа очагов лесных пожаров по территории Томской области является следствием особенностей распределения основных погодноклиматических характеристик.

3. Метод, основанный на комплексном учете метеорологических факторов, позволяет с достаточной для практики достоверностью спрогнозировать пожарную опасность территории.

Апробация работы

Результаты работы докладывались на научных форумах различного уровня: научно-практической конференции «Проблемы гляциогидрометеорологии Сибири и сопредельных территорий» (2002); VII и VIII Международных симпозиумах студентов, аспирантов и молодых ученых «Проблемы геологии и освоения недр» (2003, 2004); научной конференции «Проблемы геологии и географии Сибири» (2003); Всероссийской молодежной школе-семинаре «Проблемы устойчивого развития в географической науке и образовании» (2004); Европейском семинаре по проблемам лесного хозяйства, (Национальный офис лесного хозяйства г. Нанси, Франция (2003)). Результаты исследования автора по теме диссертации опубликованы в 6 печатных работах, и еще 2 находятся в печати.

Структура и объем диссертации

Работа состоит из введения, четырех глав, заключения и приложений. Объем диссертации составляет 129 страниц, включая 38 рисунков, 14 таблиц, 6 приложений. Список литературы насчитывает 144 наименования, из них 10 на иностранных языках.

Во введении обоснована актуальность выбранной темы и проведенного исследования. Определены цели и задачи диссертационной работы, изложены основные результаты, обозначен вклад автора в исследования по данной теме, отражена научная новизна работы и практическая значимость полученных результатов.

В первой главе отражено современное состояние и степень изученности по проблеме возникновения лесных пожаров. Обозначены основные метеорологические характеристики, влияющие на пожарную опасность, на основе исследований различных авторов. Рассмотрены перспективы применения спутниковой информации с целью охраны лесов от пожаров.

Во второй главе приводится описание материалов основных методов исследования и физико-географическая характеристика рассматриваемой территории.

Третья глава посвящена исследованию связи лесных пожаров с метеорологическими элементами с целью разработки метода прогнозирования пожарной опасности на территории Томской области. Рассматриваются грозовая активность и вероятность возникновения лесных пожаров от различных факторов на исследуемой территории. Проведена оценка влияния изменений метеорологических величин на возникновение лесных пожаров и перспективы применения искусственно вызываемых осадков с целью тушения лесных пожаров в Томской области.

В четвертой главе проводится районирование территории Томской области по степени погодно-климатической предрасположенности к лесным пожарам. Районирование территории проведено на основании хода климатических характеристик, комплексных метеорологических показателей пожарной опасности и фактической горимости территории.

В заключении подведены итоги исследований, сформулированы основные выводы.

Основные результаты исследования

1. Причины возникновения лесных пожаров в Томской области в большей степени обусловлены антропогенными, а не природными факторами, такими, как грозовая активность.

Среди причин возникновения лесных пожаров выделяют антропогенные и природные. К антропогенным причинам относят: несоблюдение мер пожарной безопасности при проведении определенных видов работ в непосредственной близости от лесных массивов, будь то лесозаготовительные работы, добыча полезных ископаемых, сельскохозяйственные работы и т. д.

Природные причины возникновения лесных пожаров связывают, как правило, с грозой, которая может являться источником воспламенения лесной растительности. Статистические данные о возникновении лесных пожаров от гроз в Томской области неоднозначны и сильно различаются в зависимости от источников формирования базы данных. По данным различных источников в Томской области около 35–50% среднего многолетнего числа лесных пожаров вызвано грозами (Экологическое движение... 2001; Л.В. Столярчук и др., 1989).

По мнению многих авторов (В.А. Иванов, 1985; Л.В. Столярчук, А.Н. Захаров 1989; Н.А. Корпунов, П.М. Матвеев, 2001), при выявлении связности

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 целью оценки вклада грозовой деятельности в возникновение лесных пожаров в Томской области были сопоставлены даты с грозой и даты возникновения лесных пожаров. В качестве критерия для анализа соответствия принималось, что все лесные пожары, зафиксированные в день с грозой или днем позднее, были вызваны этой грозой. В табл. 1 приведены результаты сопоставления пожаров и гроз.

Таблица 1

Максимально возможная средняя многолетняя повторяемость числа лесных пожаров от гроз в Томской области за 1998–2002 гг.

Станция	Среднегодовое кол-во лесных пожаров		
	всего	из них от гроз, в % от общего кол-ва	
		без учета осадков	с учетом осадков ≤ 2мм
Бакчар	15	12,0	10,7
Батурино	36,4	6,6	4,9
Белый Яр	25	12,0	2,0
Кожевниково	70,6	5,1	4,1
Парабель	10,6	22,6	20,8
Первомайское	40,2	14,0	10,9
Пудино	14,2	17,0	16,1
Степановка	13	9,2	6,2
Тегульдэт	6	6,7	4,7
Томск	42,4	5,2	5,2
Томская область	273,4	11,0	8,5

Анализ полученных результатов показывает, что без учета атмосферных осадков максимально возможная вероятность лесных пожаров от гроз равна 11%. С учетом осадков максимально возможная вероятность лесных пожаров от гроз равна 8,5% в среднем для Томской области. Такая низкая вероятность возникновения пожаров от грозовой активности говорит о том, что главным фактором возникновения лесных пожаров является антропогенный фактор.

Результаты расчетов представлены в виде карты-схемы на рис. 1. Как видно из рис. 1, распределение вероятности возникновения лесных пожаров от гроз по территории Томской области носит неравномерный характер. Самые высокие значения отмечены на ст. Парабель (20,8%), самые низкие – на ст. Белый Яр (2%). В целом вероятность возникновения лесных пожаров от гроз выше в северо-западной части Томской области по сравнению с юго-восточной частью.

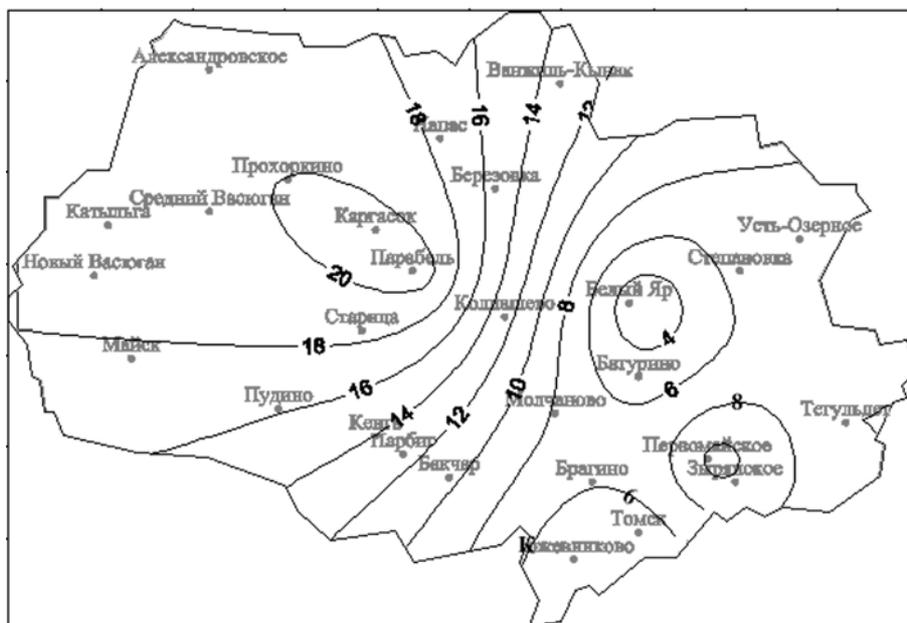


Рис. 1. Максимально возможная вероятность возникновения лесных пожаров от гроз в Томской области, %

Представляет интерес исследовать статистические характеристики и динамику изменения грозовой активности за рассматриваемый период и предыдущие годы. Для этого были дополнительно использованы данные о грозовой активности, приведенные в работе В.П. Горбатенко и др. за период с 1966 по 1995 г. В табл. 2 отражены статистические характеристики грозовой активности на территории Томской области.

Таблица 2
Среднемноголетние характеристики грозовой активности в Томской области

Метеостанция	Период			
	1966–1995 гг.*		1995–2002 гг.	
	Число дней с грозой	Продолжительность, ч	Число дней с грозой	Продолжительность, ч
Бакчар	26	50	21	30,2
Батурино	21	40	17	33,0
Белый Яр	18	25	3	3,0
Кожевниково	23	50	20	25,0
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	23,0
В среднем по Томской области	22	42	17	29,5

* По данным, приведенным сотрудниками НИИ высоких напряжений Томского политехнического университета (В.П. Горбатенко и др., 2001).

Анализ данных показал, что на территории Томской области за период с 1995 по 2002 гг. наблюдалось 17 дней с грозой в среднем за год, средняя суммарная продолжительность гроз составила 29,5 ч. Максимальное число дней с грозой составило 21 и было отмечено на юге Томской области (станция Бакчар), минимальное – 3 дня, в восточной части области (станция Белый Яр). Максимальная средняя суммарная продолжительность гроз составила 43,8 ч (станция Пудино), минимальная – 3 ч (станция Белый Яр). Среднее многолетнее число дней с грозой и средняя суммарная продолжительность гроз за 1995–2002 гг. для станций Томской области представлены в табл. 2.

Анализ характеристик грозовой активности указывает на то, что 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 почти на всей территории Томской области.

В исследованных данных было отмечено увеличение числа дней с грозой (станция Парабель) и суммарной продолжительности гроз (станции Парабель и Пудино), поэтому можно предположить, что на северо-западе Томской области отмечается некоторый рост грозовой активности. Однако для подтверждения данного предположения необходимо изучение более широкого ряда данных о грозах, охватывающего большее количество метеорологических станций.

Для выявления антропогенной составляющей причин возникновения лесных пожаров были привлечены данные о численности населения по административным районам Томской области (Демографический ежегодник... 2002), которые представлены в табл. 3.

Таблица 3

Численность населения Томской области по административным районам

Административный район	Площадь района, тыс. км ²	Население, тыс. чел.	Плотность, чел./ км ²
Александровский	30,2	11,5	0,4
Асиновский	5,8	43,0	7,5
Бакчарский	24,7	15,6	0,7
Верхнекетский	43,3	20,5	0,5
Зырянский	4,0	16,6	4,3
Каргасокский	86,9	26,0	0,3
Кожевниковский	3,9	24,0	6,2
Колпашевский	17,1	46,5	2,7
Кривошеинский	4,4	17,0	3,9
Молчановский	6,4	16,9	2,5
Парабельский	36,7	13,9	0,4
Первомайский	15,6	22,3	1,5
Тегульдетский	12,3	8,5	1,5
Чаинский	7,2	15,2	2,2
Томский	10,6	84,0	8,3
Шегарский	5,1	22,4	4,5

Для проведения исследования был использован метод регрессионного анализа. В результате его проведения для всего ряда данных о лесных пожарах обнаруженная связь количества очагов лесных пожаров с численностью населения по административным районам оказалась незначительной ($R = 0,16$), хотя и статистически значимой. Более представительной ($R = 0,48$), оказалась корреляционная связь плотности населения и количества очагов лесных пожаров в Томской области. Судя по величине коэффициента корреляции, можно сказать, что плотность распределения населения по территории Томской области вносит ощутимый вклад в причины возникновения лесных пожаров.

На основании проведенных расчетов было построено уравнение связи количества лесных пожаров с плотностью населения, которое имеет вид

$$Y = 1,323 + 0,189 \cdot X , \quad (1)$$

где Y – количество лесных пожаров в день в течение пожароопасного периода; X – плотность населения, чел. /км².

Полученное уравнение может использоваться для предварительной оценки антропогенной составляющей пожароопасности территории. Приведенное уравнение учитывает лишь один из антропогенных факторов появления открытого огня на территории лесного фонда. Привлекая в уравнение дополнительные члены путем анализа других факторов, способных спровоцировать возникновение лесных пожаров, например площади обрабатываемых сельскохозяйственных угодий, количества объектов нефтегазового комплекса, площади лесных рубок и объема добываемой древесины, можно добиться улучшения его описательных свойств.

2. Локализация числа очагов лесных пожаров по территории Томской области является следствием особенностей распределения основных погодно-климатических характеристик.

Грозовая активность является не единственным природным фактором, способствующим возникновению лесных пожаров; огромное влияния на их возникновение оказывает определенное сочетание метеорологических параметров, таких как температура и влажность воздуха, осадки и т.д. (М.В. Гриценко, 1952; В.В. Франк, 1964; Н.П. Курбатский, 1966; Э.Н. Валендик, 1985; В.П. Кобец и др., 2001; Л.И. Сверлова и др., 1985; Т.В. Костырина, 1981).

Климатические характеристики и лесные пожары в зарубежной литературе связывают индексом FFI (forest fire index) (International forest... 1999). Вычисление индекса лесных пожаров (FFI) базируется на значениях температуры воздуха и условиях выпадения осадков в течение вегетационного периода. Вычисление производят по формуле

$$FFI = \frac{\sum_{i=V_b}^{V_e} sdi}{\sum_{i=V_b}^{V_e} Pi}, \quad (2)$$

где $sdi = 1$, если ежедневный максимум температуры воздуха $> 25 \text{ }^\circ\text{C}$, $sdi = 0$ – во всех других случаях; Pi – суточное количество осадков за вегетационный период; V_b – дата начала вегетационного периода; V_e – дата окончания вегетационного периода.

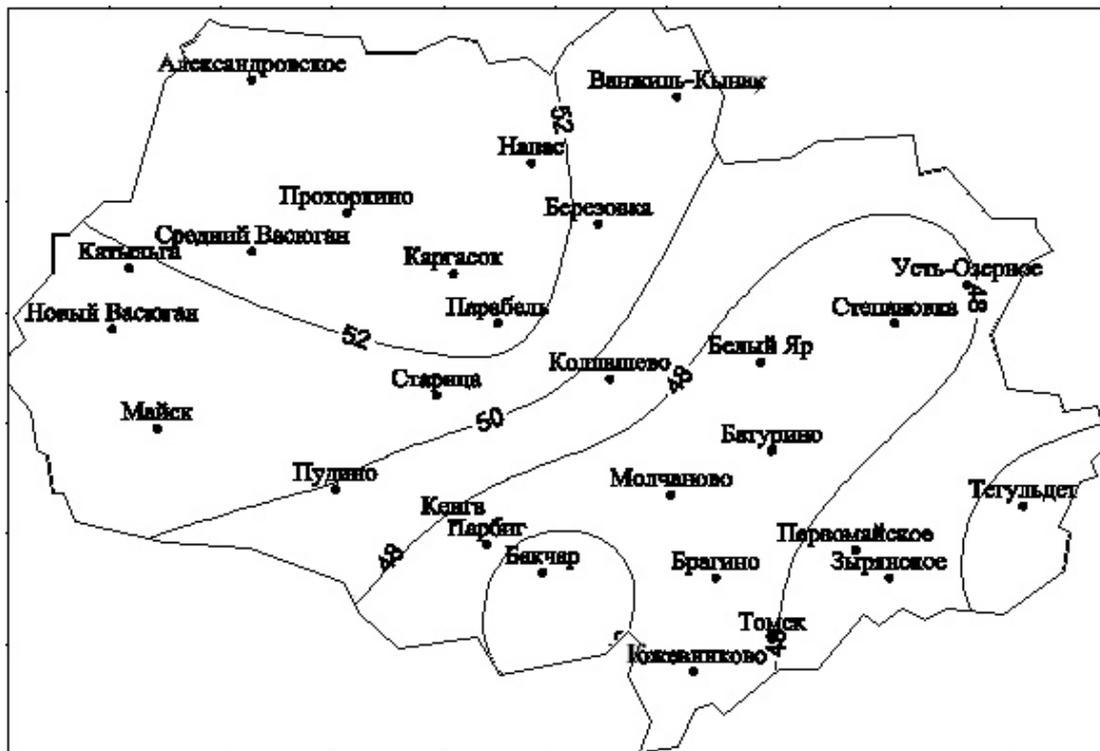
При проведении климатического районирования помимо FFI в работе учитывались особенности территориального распределения в пожароопасный период среднегодовых значений метеорологических характеристик, таких как:

- $W_{\text{возд.}}$ – суточная минимальная влажность воздуха,
- $Q_{\text{ос}}$ – суммы количества осадков за вегетационный период,
- КПО – значения коэффициента пожарной опасности Нестерова,
- КВДИ – значения индекса засушливости Кетча–Бирама,
- $T_{\geq 25^\circ\text{C}}$ – суммы температур воздуха более $25 \text{ }^\circ\text{C}$,
- FFI – значения индекса лесных пожаров.

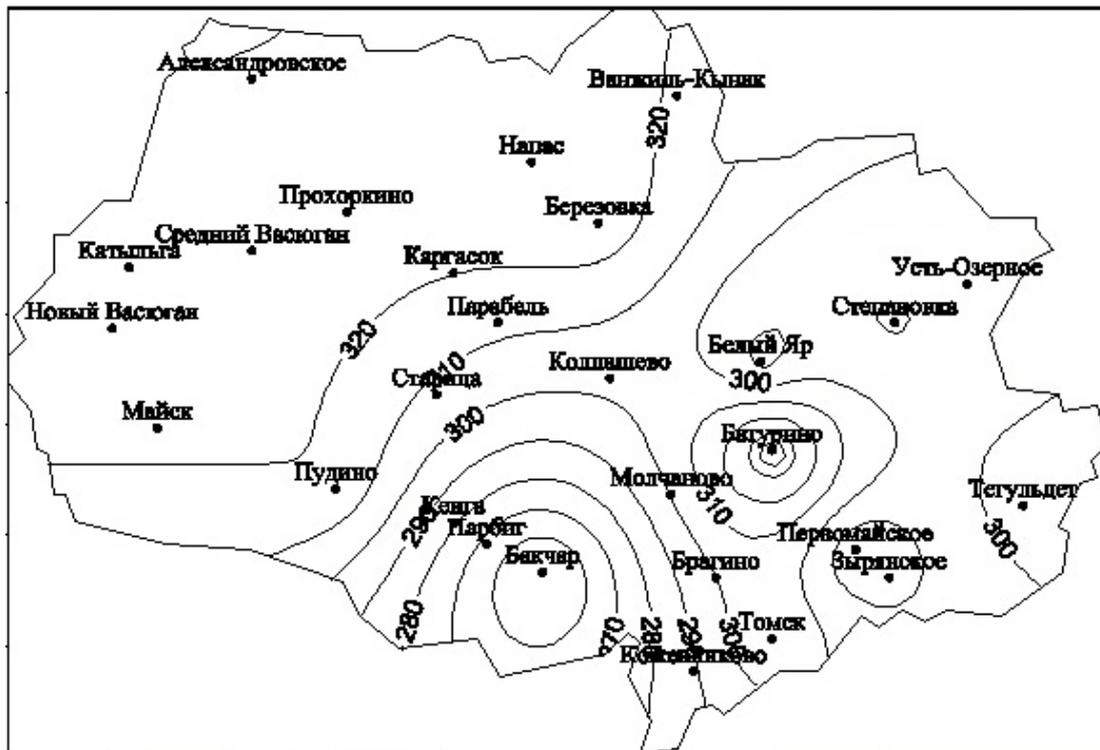
Помимо этого, для оценки состояния подстилающей поверхности были привлечены данные о распределении влажности почв в Томской области (Почвенная карта... 1987), а именно: удельного веса переувлажненности почв в общей площади административного района (W почвы).

На рис. 2, 3 и 4 представлено среднегодовое распределение значений климатических характеристик на территории Томской области за вегетационный период 1998–2002 гг.

На основании распределения исследованных метеорологических величин территория Томской области делится на два больших района, которые условно можно обозначить как «северо-западный» и «центрально-восточный». Третий район выделяется на основании распределения, из всех исследованных нами климатических характеристик, по сумме максимальных температур воздуха выше $25 \text{ }^\circ\text{C}$ и индексу лесных пожаров FFI за вегетационный период, который условно можно обозначить как «южный».

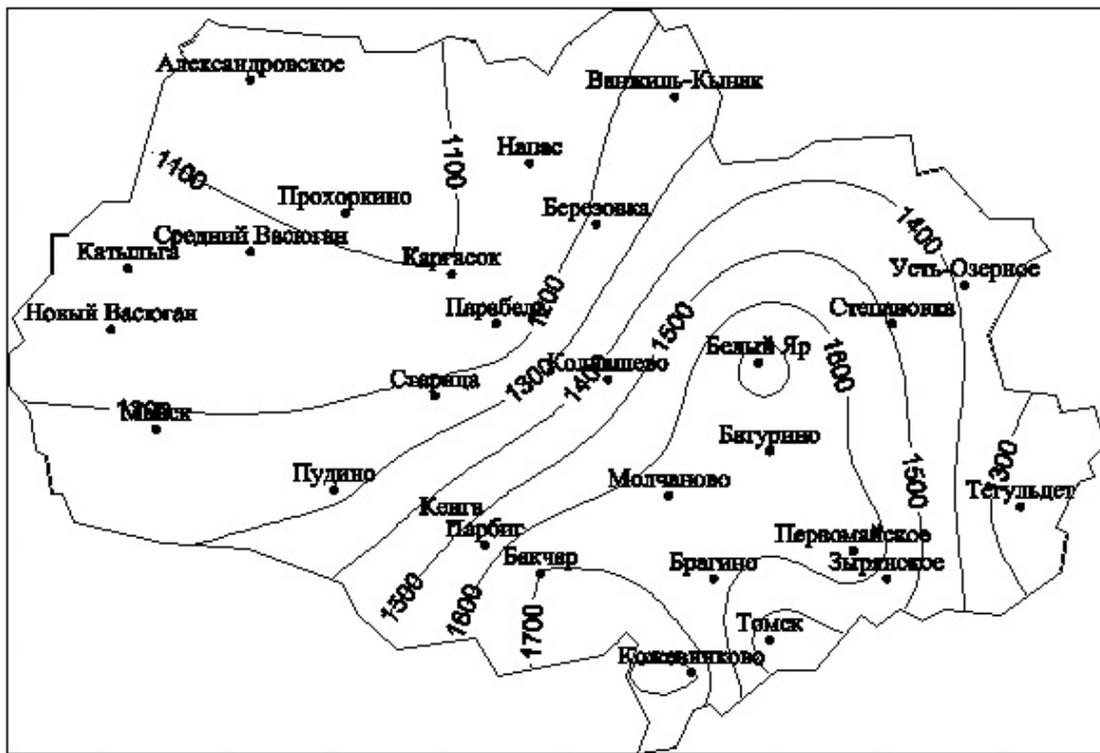


а

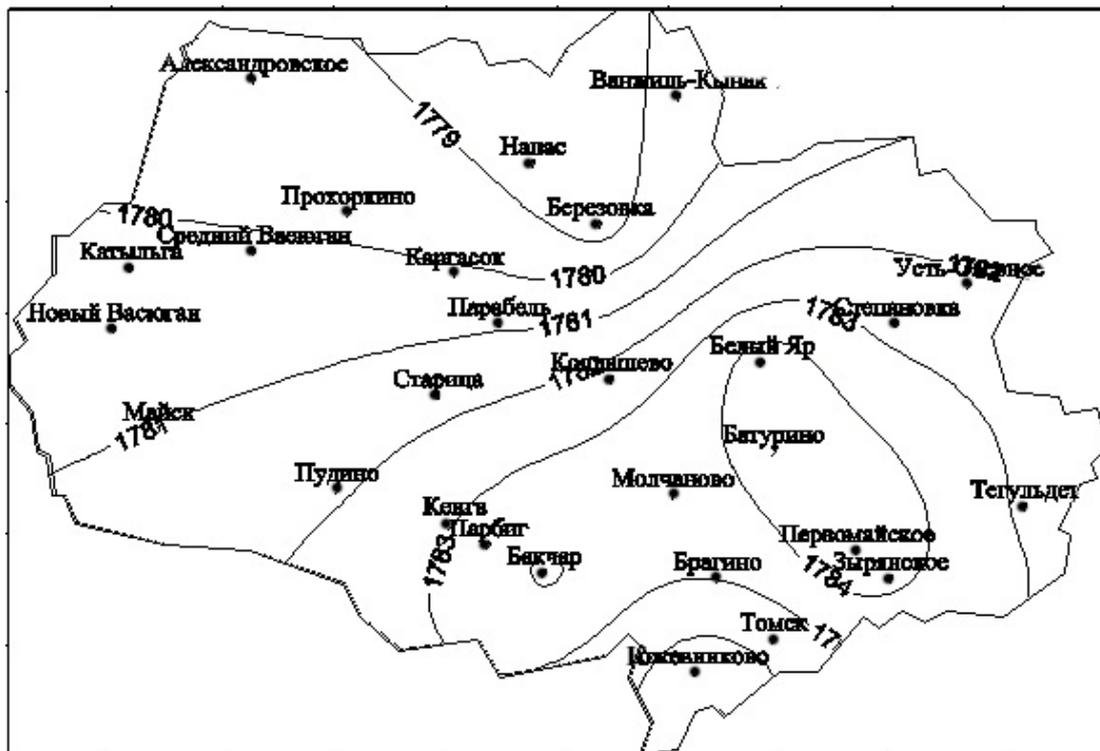


б

Рис. 2. Среднее многолетнее распределение значений климатических характеристик на территории Томской области за вегетационный период: а – суточная минимальная влажность воздуха; б – сумма суточного количества осадков.

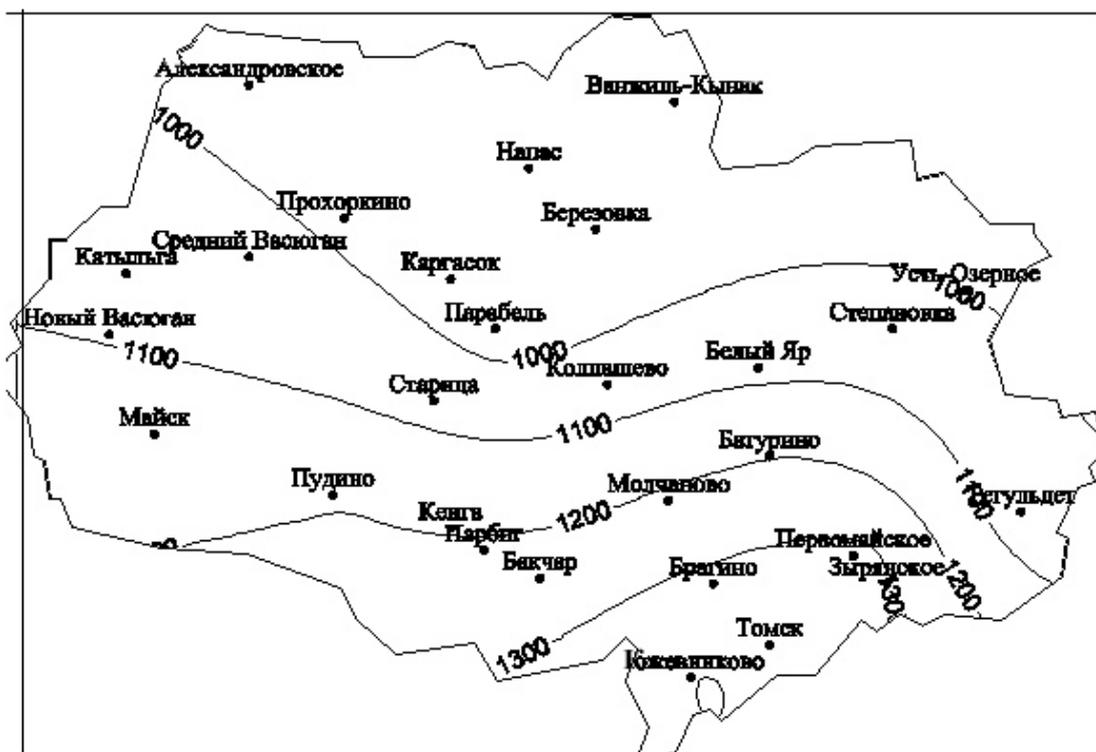


а

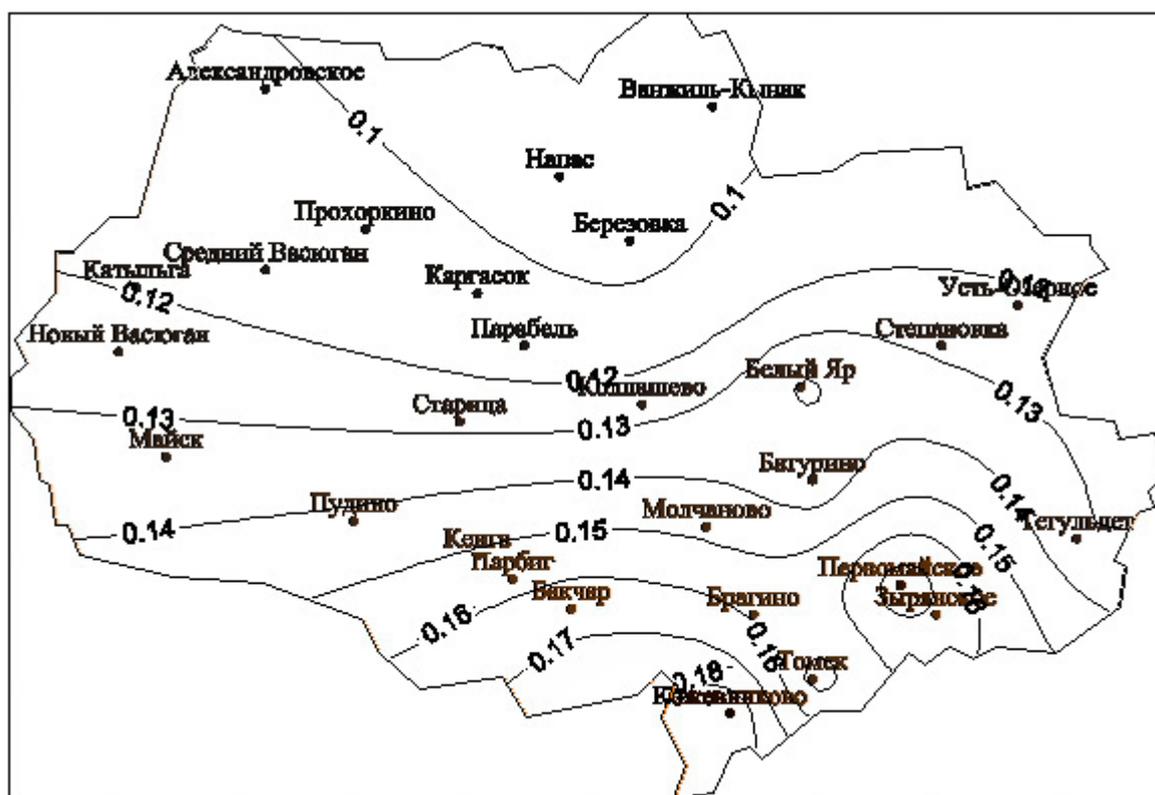


б

Рис. 3. Среднее многолетнее распределение значений климатических характеристик на территории Томской области за вегетационный период: а – коэффициент пожарной опасности Нестерова; б – индекс засушливости Кетча–Бирама.



а



б

Рис. 4. Среднее многолетнее распределение значений климатических характеристик на территории Томской области за вегетационный период: а – сумма суточной температуры воздуха $T \geq 25 \text{ }^\circ\text{C}$; б – индекс лесных пожаров FFI.

Особенность территориального распределения очагов лесных пожаров можно объяснить, привлекая, помимо исследованных в работе климатических факторов, данные о распределении переувлажненности почв в Томской области (Почвенная карта...1987), представленные на рис. 5.

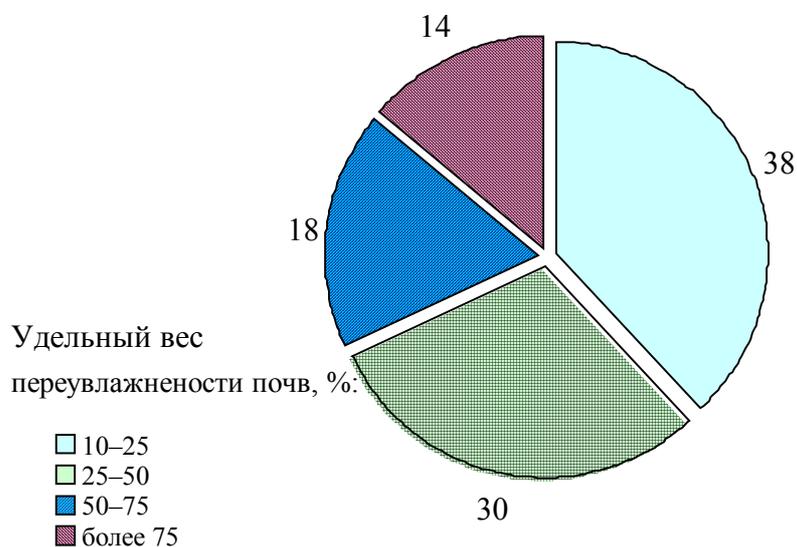


Рис. 5. Распределение удельного веса переувлажненности почв в общей площади административного района (%) и среднего многолетнего количества очагов лесных пожаров (%) в Томской области

Из анализа рис. 5 следует, что районы с минимальным переувлажнением почвы, наиболее подвержены пожарам. Почвы выделенных нами ранее «северо-западного» и «центрально-восточного» районов более переувлажнены по сравнению с «южным» районом, а значит, имеют меньшую предрасположенность к лесным пожарам. В табл. 4 представлено распределение климатических показателей в выделенных районах.

Таблица 4

Распределение климатических показателей в Томской области

Климатическая характеристика	Район		
	северо-западный	центрально-восточный	южный
$W_{\text{возд.}}, \%$	>50	45–50	46–48
$Q_{\text{осад.}}, \text{мм}$	>310	260–310	280–300
КПО	<1300	1300–1700	1400–1600
KBDI	<1782	1782–1785	>1783
$T_{\text{в}} \geq 25 \text{ } ^\circ\text{C}$	1000–1200	1000–1300	>1300
FFI	0,1–0,14	0,12–0,16	>0,16
$W_{\text{почвы}}, \%$	>75	25–75	10–25

Для сопоставления выделенных мезоклиматических районов с фактической горимостью территории произведен расчет относительного числа пожаров в пересчете на 100 тыс. га. Для этой цели территория Томской

области была разделена сеткой, площадь каждой ячейки которой равнялась 100 тыс. га. Подсчет среднего многолетнего количества лесных пожаров производился для каждой ячейки, после чего проводилась оценка степени горимости. Результаты оценки среднего многолетнего распределения фактической горимости территории Томской области представлены на рис. 6.

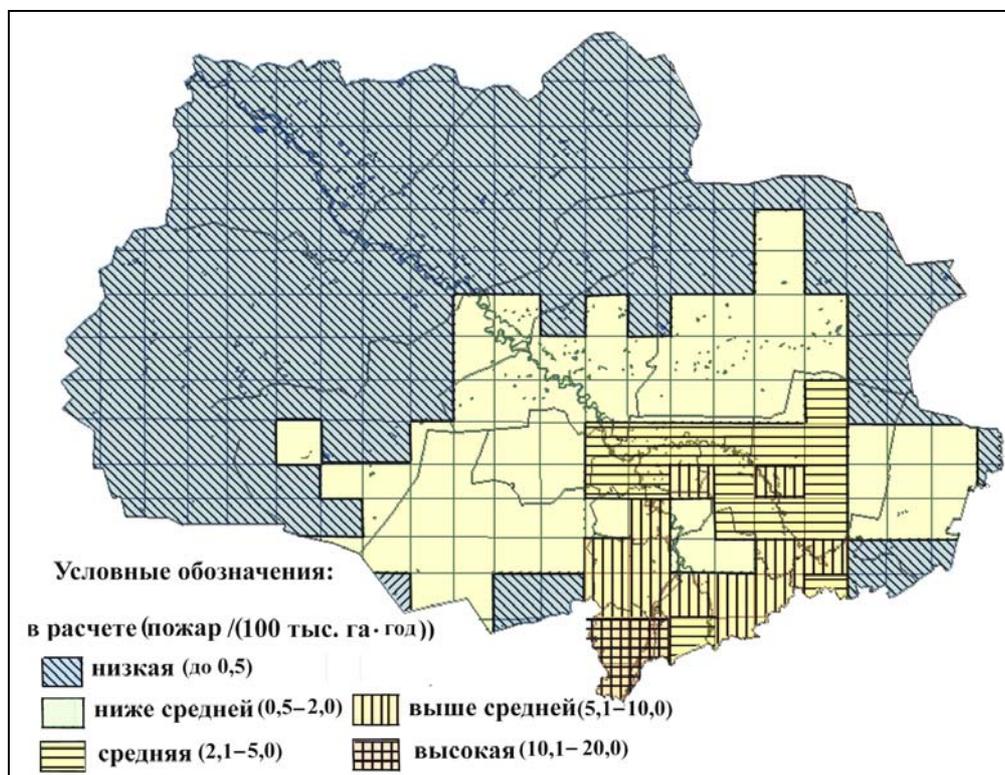


Рис. 6. Распределение фактической горимости территории Томской области

Как видно из рис. 6, выделенный нами ранее «южный» мезоклиматический район характеризуется высокой и выше средней степенью горимости (5,1–20,0 пожаров/100 тыс. га), «центрально-восточный» район характеризуется средней и ниже средней степенью горимости (0,5–5,0 пожаров/100 тыс. га), «северо-западный» район охарактеризован низкой степенью горимости (менее 0,5–5,0 пожаров/100 тыс. га).

Совместный анализ классификаций климатических показателей и фактической горимости позволил провести ранжирование мезоклиматических районов по степени климатической предрасположенности к возникновению лесных пожаров, представленное в табл. 5.

Таблица 5

Ранжирование мезоклиматических районов по степени климатической предрасположенности к возникновению лесных пожаров

Мезоклиматический район	Степень предрасположенности
Северо-западный	низкая
Центрально-восточный	умеренная
Южный	высокая

На рис. 7 представлено, в виде карты–схемы, районирование территории Томской области по степени погодно-климатической предрасположенности к возникновению лесных пожаров на основании хода климатических характеристик, комплексных метеорологических показателей пожарной опасности территории и фактической горимости территории.

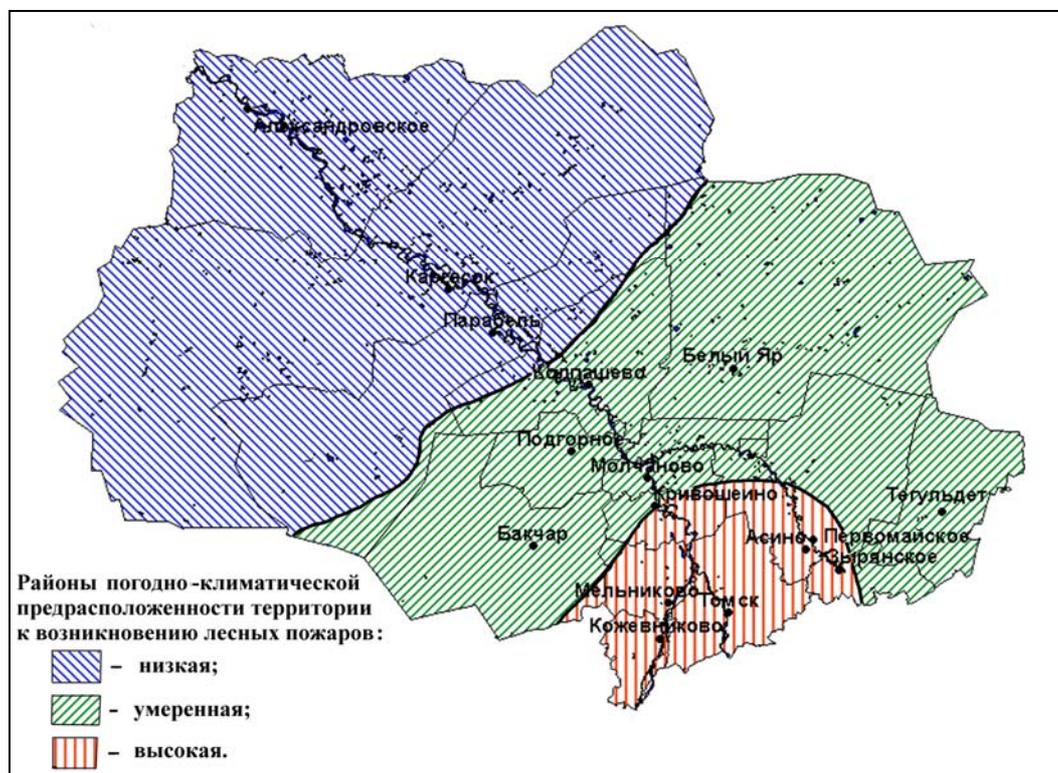


Рис. 7. Районирование территории Томской области по погодно-климатической предрасположенности к возникновению лесных пожаров

При проведении районирования не учитывалось климатическое распределение скоростей ветра, ввиду того, что Томская область характеризуется невысокой амплитудой годового хода и среднегодовой скоростью ветра. По данным (Кадастр возможностей... 2002), амплитуда годового хода варьирует в пределах 0,9–2,0 м/с, среднегодовые скорости изменяются от 2,1 до 4,2 м/с. За рассматриваемые нами в диссертации пожароопасные периоды значения скорости ветра более 10 м/с, значительно повышающие пожарную опасность, наблюдались в среднем 2–5 дней. Все это указывает на слабое влияние скорости ветра на пожарную опасность в Томской области.

3. Метод, основанный на комплексном учете метеорологических факторов, позволит с достаточной для практики достоверностью спрогнозировать пожарную опасность территории.

Для определения угрозы возникновения лесного пожара был введен термин – пожароопасность, выражаемый его вероятностью (Н.П. Курбатский, 1964).

Различаются следующие виды пожарной опасности:

– природная, обусловленная естественными особенностями леса;

- обусловленная условиями погоды;
- антропогенная.

Существует несколько показателей для определения пожарной опасности в лесах на основе метеорологических условий, связывающих горимость лесов и метеорологические параметры.

На практике, в службе лесного хозяйства Российской Федерации, с 1968 г. производят расчет пожарной опасности по гидротермическому коэффициенту КПО (Сборник нормативных актов... 1995). Он разработан В.Г. Нестеровым в 1949 г. и дополнен Н.П. Курбатским в 1963 г. (Пожароопасность в лесу... 1963) и представляет собой кумулятивную сумму произведения температуры воздуха на разность температур воздуха и точки росы, вычисляемый по формуле

$$КПО_n = \sum_{j=1}^n t_j \cdot (t_j - \tau_j), \quad (3)$$

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; τ – температура точки росы за тот же срок.

КПО – величина безразмерная, по его численному значению определяется (по общероссийской шкале) класс пожарной опасности территории, в зависимости от которого регламентируется работа лесопожарных служб.

На основании анализа полученных результатов расчета КПО было установлено, что общероссийская шкала КПО не учитывает особенности пожароопасного сезона в Томской области. В этой связи нами была разработана местная шкала пожароопасности для лесов Томской области по комплексному показателю В.Г. Нестерова, с учетом предложений Н.П. Курбатского (Пожароопасность в лесу... 1963). На время с I классом пожарной опасности должно приходиться до 5%, со II – не более 15–20, с III – 35–40, 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. Местная шкала пожарной опасности для территории Томской области приведена в табл. 6.

Таблица 6

Местная шкала пожарной опасности КПО для Томской области.

Период	Класс пожарной опасности			
	I малая	II средняя	III высокая	IV экстремальная
Весенний	0–800	801–2300	2301–3500	более 3500
Летний	0–1100	1101–1600	1601–3100	более 3100

За рубежом для определения степени пожарной опасности используется другая методика на базе Объединенного управления лесными пожарами в Калимантане (Индонезия) с успехом применяется в течение последних лет индекс засухи Кетча–Бирама (KBDI – Keetch Byram Drought Index) (International forest... 2000).

Расчет этого индекса основан на свойстве почвы удерживать влагу, иными словами на полевой влагоемкости. Полевая влагоемкость, увеличенная в 10 раз, дает верхний предел оценки степени пожарной опасности по KBDI. Для Восточного Калимантана полевая влагоемкость составляет в среднем 200 мм, поэтому пожарная опасность оценивается в пределах от 0 до 2000 условных единиц. Ноль – точка минимальной, а 2000 ед. – максимальной пожарной опасности. Главным преимуществом KBDI перед другими показателями пожарной опасности является то, что для его вычисления необходимо лишь иметь данные о суточном количестве атмосферных осадков.

Полевая влагоемкость с учетом характера почв в Томской области (Почвенная карта...1987) в среднем равна 170–190 мм продуктивной влаги в метровом слое почвы (А.М. Шульгин, 1978). Следовательно, верхний предел KBDI можно принять равным 1800 ед., а индекс засухи Кетча–Бирама вычисляется по формуле

$$KBDI = -10 \cdot R + 1800, \quad (4)$$

где R - суточное количество атмосферных осадков.

По численному значению KBDI, так же как и при определении пожарной опасности методом КПО, определяют класс пожарной опасности. В отличие от тропиков, для которых изначально рассчитывался KBDI, в Томской области максимальное суточное количество выпадающих атмосферных осадков не превышает 20 мм. Этот аспект делает невозможным применение для Томской области принятых за рубежом градаций в классификации пожарной опасности по KBDI. Для репрезентативности исследуемых методов при разработке местной шкалы пожароопасности были применены те же требования, что и в методе разработки местных шкал пожароопасности по КПО. На основании анализа результатов нами разработана местная шкала пожароопасности по KBDI, представленная в табл. 7.

Таблица 7

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

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

Сравнение степени пожарной опасности, полученной по КПО и КВДІ, дает возможность увидеть как достоинства, так и недостатки обоих методов. На рис. 8 представлено распределение (в %), случаев появления классов пожарной опасности за 1998–2002 гг., рассчитанное по обоим индексам.

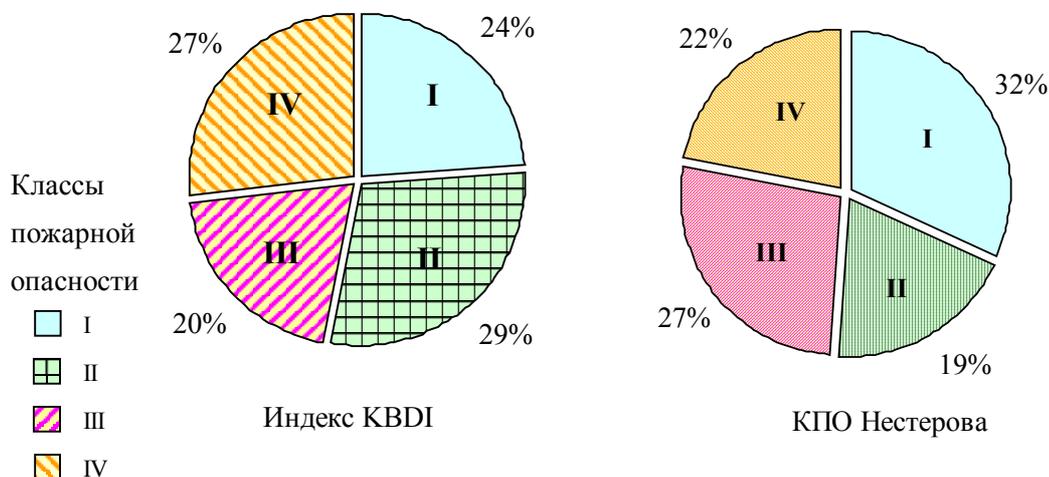


Рис. 8. Количество случаев выпадения классов пожарной опасности, определяемых по КПО и КВДІ в Томской области за 1998–2002 гг.

Представленные диаграммы демонстрируют нам, что при определении пожарной опасности по КВДІ число случаев с IV классом пожарной опасности выше, а с I классом меньше, чем в случае прогноза по КПО. При использовании метода КВДІ (при выпадении осадков до 4 мм) происходит незначительное падение значения индекса, зачастую оставаясь в одном и том же классе пожарной опасности. В случае определения пожароопасности по КПО Нестерова (при выпадении осадков более 2,5 мм) значение индекса падает до нуля, это и обуславливает большее, по отношению к КВДІ, число случаев с низкой пожарной опасностью. К недостаткам определения пожарной опасности по КПО относится тот факт, что 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 мероприятия по предотвращению возникновения лесных пожаров.

К достоинству обоих методов можно отнести относительную простоту расчетов, не требующих больших финансовых вложений и густой сети метеорологических станций, что делает удобным использование обоих методов в целях определения пожарной опасности в Томской области.

Огромный ущерб, наносимый пожарами, требует разработки прогностических методов для своевременного предотвращения возникновения пожаров. Для целей прогнозирования были апробированы указанные методики. С использованием методов регрессионного анализа были проанализированы временные ряды коэффициентов, а именно: КПО, КВДІ и очагов лесных пожаров с целью разработки прогностического уравнения пожарной опасности. Прогностическая достоверность полученных

результатов оказалась невысокой: для КПО $R = 0,32$, а для КВДІ $R = 0,22$; прогноз пожарной опасности по таким уравнениям оказался недостоверным.

С целью улучшения прогноза нами была разработана комплексная методика прогнозирования пожарной опасности. Для этого данные были исследованы методами множественного регрессионного анализа с использованием в качестве основных предикторов показателей КПО и КВДІ.

В результате анализа было получено следующее уравнение для прогноза пожарной опасности:

$$Y = 0,0005 \cdot \text{КПО} + 0,009 \cdot \text{КВДІ} - 16, \quad (5)$$

где Y – прогнозируемая пожарная опасность, (суточная заблаговременность); КПО – коэффициент пожарной опасности Нестерова, КВДІ – индекс засухи Кетча–Бирама.

Прогностическая значимость данного комплексного метода составила значительно большую величину: коэффициент корреляции составлял $R = 0,45-0,56$ (в зависимости от выборки) и в данном случае оказался существенно выше, чем в случае прогноза по методикам КПО и КВДІ в отдельности.

По полученному уравнению были рассчитаны прогнозируемые значения Y и построены графики совместно со значениями реально наблюдаемых пожаров, представленные на рис. 9.

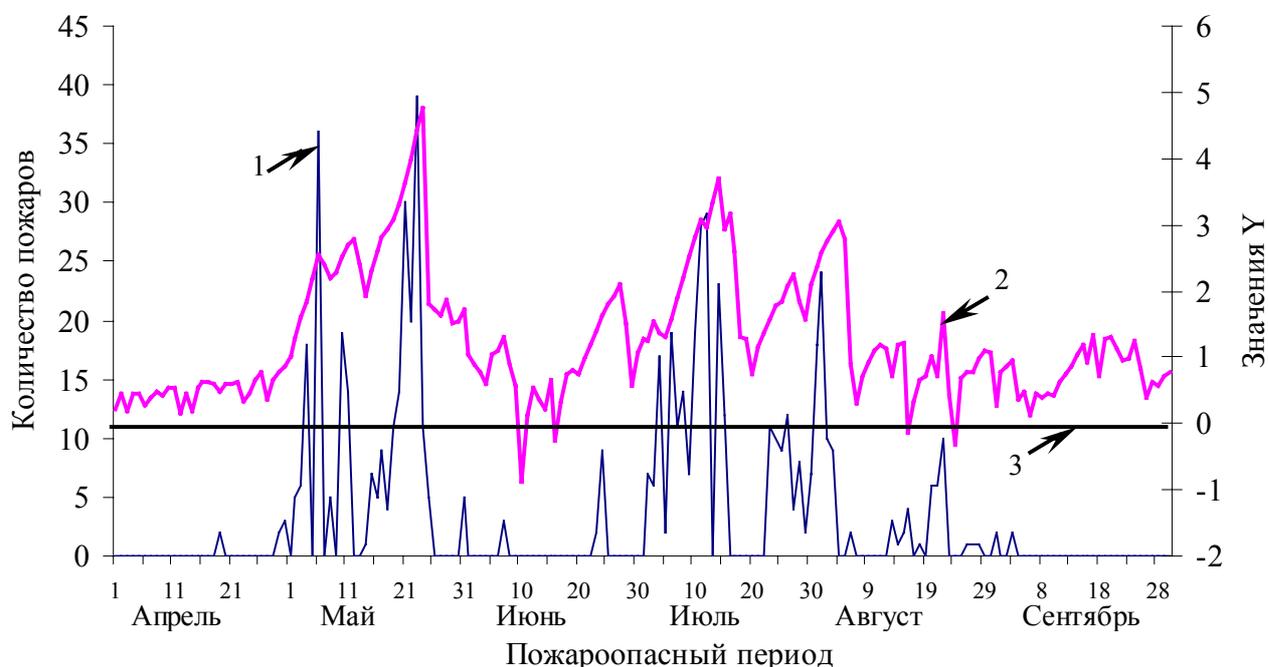


Рис. 9. Прогнозируемые значения Y и фактическое количество лесных пожаров в Томской области: 1 – лесные пожары; 2 – значения Y ; 3 – граница минимальной пожарной опасности.

Метод позволяет утверждать, что когда значения Y больше двух единиц, прогнозируется высокая пожароопасность. При Y , меньшем или равном нулю, пожарная опасность минимальна.

КПО, входящий в полученное комплексное уравнение прогноза пожарной опасности, рассчитывается исходя из формулы (3) как кумулятивная сумма произведения температуры воздуха на разность температур воздуха и точки росы. Это, в свою очередь, может затруднить прогноз пожароопасности по приведенному выше уравнению, так как для расчета КПО необходимо знать его предыдущее значение. Поэтому в дальнейшем в качестве предикторов регрессионного уравнения были взяты суточные значения атмосферных осадков, температуры и влажности воздуха.

В результате проведенного регрессионного анализа было получено уравнение для прогноза пожарной опасности, которое можно представить в виде

$$Y' = 2,87 + 0,07 \cdot T - 0,06 \cdot F + 0,08 \cdot Q, \quad (6)$$

где Y' – прогнозируемая пожарная опасность (суточная заблаговременность); T – максимальная температура воздуха, °С; F – минимальная влажность воздуха, %; Q – суточное количество атмосферных осадков, мм.

Для приведенного уравнения был получен значимый коэффициент корреляции $R = 0,42$. С помощью полученного уравнения были рассчитаны прогнозируемые значения Y' и построены графики совместно со значениями реально наблюдаемых пожаров, отображенные на рис. 10.

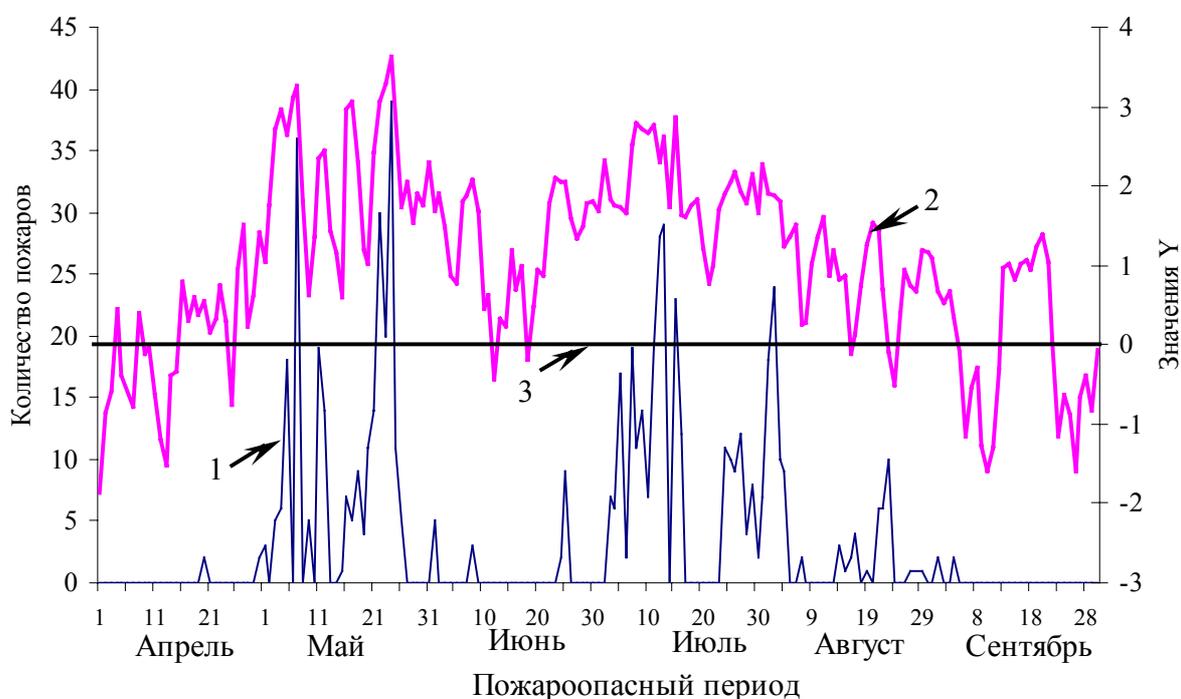


Рис. 10. Прогнозируемые значения Y' и фактическое количество лесных пожаров в Томской области: 1 – лесные пожары; 2 – значения Y' ; 3 – граница минимальной пожарной опасности.

Таким образом, в полученную прогностическую формулу входят ежедневные значения метеорологических величин. Для прогноза пожарной опасности по этой формуле не требуется предварительно рассчитывать коэффициенты пожароопасности, а также знать их предыдущие значения, что существенно упрощает саму методику прогноза.

Используя в расчетах кратко- и среднесрочные прогнозы метеорологических параметров можно по приведенной методике спрогнозировать пожарную опасность на срок до 11 дней. Прогноз возможного роста числа лесных пожаров позволит своевременно подготовить силы и средства для их предупреждения и ликвидации.

Основные выводы

1. Распределение вероятности возникновения лесных пожаров от гроз в Томской области говорит о том, что в юго-восточной части Томской области причины возникновения лесных пожаров связаны 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.

2. Анализ связи количества очагов лесных пожаров и плотности населения Томской области показал, что они находятся в корреляционной связи – ($R = 0,48$). Наличие высокой зависимости между плотностью населения и числом пожаров подтверждает определяющее значение антропогенного фактора как основной причины возникновения лесных пожаров.

3. Проведено районирование климатической предрасположенности территории Томской области к возникновению лесных пожаров. Выявлено, что локализация числа очагов лесных пожаров по территории Томской области является следствием особенностей распределения основных климатических характеристик (включая переувлажненность почв) и комплексных метеорологических показателей пожарной опасности территории.

4. Обозначенная методика проведения районирования климатической предрасположенности территории к возникновению лесных пожаров может применяться и на территории других областей всего Западно-Сибирского региона.

5. Предложенный в работе новый метод прогноза пожарной опасности на основе комплексного учета коэффициентов КПО и КВДИ позволит с достаточной для практики достоверностью, спрогнозировать возможный рост числа пожаров.

6. Использование в качестве основных параметров для прогноза пожарной опасности ежедневные значения метеорологических величин, таких как атмосферные осадки, температура и влажность воздуха, позволит упростить методику прогноза, не влияя на его качество.

7. Использование в расчетах кратко- и среднесрочных прогнозов метеорологических параметров поможет заблаговременно предсказать рост количества лесных пожаров, что существенно повысит эффективность работы лесопожарных служб.

Автор выражает искреннюю благодарность своему научному руководителю – доктору физ.-мат. наук, профессору Г.О. Задде за всестороннее внимание и обсуждение результатов исследований, И.В. Кужевской, Г.Г. Журавлеву, Л.М. Севостьяновой и всему коллективу кафедры метеорологии и климатологии Томского государственного университета за советы и рекомендации, способствовавшие выполнению работы.

Отдельную благодарность автор выражает Т.Н. Горевой за поддержку и понимание в течение всего времени написания диссертации.

Список работ по теме диссертации

1. Горев Г.В. Оценка зависимости возникновения лесных пожаров от грозовой активности в Томской области // Проблемы гляциоклиматологии Сибири и сопредельных территорий: Материалы научн.-практ. конф. Томск: Изд-во Томского ун-та, 2002. С. 91–92.

2. Горев Г.В., Ильин С.Н. Динамико-стахостическая экстраполяция полей температуры и относительной влажности применительно к оценке возникновения пожароопасной ситуации на заданном мезо-масштабном полигоне // Вестник Томского государственного ун-та. Томск, 2003. С. 166–167.

3. Горев Г.В. Особенность расчета местной шкалы пожароопасности для Томской области по условиям погоды // Пятое Сибирское Совещание по климато-экологическому мониторингу. Материалы совещания. Томск: ИОМ СО РАН, 2003. С. 53–54.

4. Горев Г.В., Задде Г.О., Кужевская И.В. Оценка климатической предрасположенности территории Томской области к возникновению лесных пожаров // Оптика атмосферы и океана. Томск: ИОА СО РАН, 2004. т. 17. №7. С. 576–582.

5. Горев Г.В. Влияние изменения климата на лесные пожары // Проблемы географии Урала и сопредельных территорий. Мат. регион. конф. Челябинск, 2004. С. 21–22.

6. Горев Г.В. Оценка засушливости теплого полугодия в Томской области // Проблемы географии Урала и сопредельных территорий. Мат. регион. конф. Челябинск, 2004. С. 22–23.