

УДК 640.43

ЛАНДШАФТНЫЕ ПОЖАРЫ ТАЙГИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ СИБИРИ

© 2014 г. Э.Н. Валендик, Е.К. Кисляхов, В.А. Рыжкова,
Е.И. Пономарев, И.В. Данилова

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск

Поступила в редакцию 16.07.2012 г.

В работе рассматривается природа ландшафтных пожаров, условия их возникновения и распространения в таежных ландшафтах Центральной Сибири. Приведены результаты анализа природно-пирологических условий ландшафтов, в которых постоянно возникают крупные пожары, и предлагаются методы прогнозирования чрезвычайной пожарной опасности на основе показателя радиационной температуры поверхности Земли по данным спутникового зондирования.

Введение. Ландшафтные пожары как термин общей классификации лесных пожаров предложил Н.П. Курбатский [8]. Основным признаком выделения этой таксономической единицы является распространение горения по территории определенного ландшафта.

Лесной покров в зонах тайги чрезвычайно мозаичен, и когда пожар в периоды засух распространяется на десятки, сотни и даже тысячи гектаров, то горению подвергаются все многочисленные лесные формации, присущие данной территории. Развитие пожара и его распространение определяются не отдельными типами лесных горючих материалов (ЛГМ), а комплексом природных факторов, в том числе лесным покровом, рельефом, климатом, текущей погодой, синоптической ситуацией и др., характерных для данного ландшафта. При таких условиях пожары охватывают как пространственные элементы ландшафта (урочища, местности), так и целиком ландшафты и даже ландшафтные области. Эти природные образования и пожары в них сравнительно хорошо выявляются на космических снимках. С применением спутниковой съемки в тепловом диапазоне можно также оценить пожароопасную обстановку одновременно на большой территории.

Ландшафтные пожары относятся к категории крупных. Под крупным пожаром мы понимаем пожар, охвативший площадь не менее ландшафтного урочища, носящий смешанный характер развития (состоит из многих видов пожаров), способный к саморазвитию и требующий специальной организации для его тушения [3].

Известно, что почти все крупные пожары возникают при аномальных гидрометеорологических условиях – в период засухи. Продолжительность засухи и ее интенсивность (дефицит осадков) являются тем фоном, на котором возникают и распространяются лесные пожары в таежных ландшафтах.

В засуху происходит интенсивное высушивание не только поверхностных горючих материалов (лесного опада, мхов и лишайников), но и нижележащих слоев почвы (подстилки, торфяного слоя). Высушиванию подвергаются участки леса, которые в обычные годы негоримы и служат препятствием для распространения пожара (поймы рек, болота и другие участки с избыточным увлажнением). Это приводит к тому, что исчезают естественные преграды распространению пожара в ландшафте, что и является основной причиной развития крупных пожаров. Таким образом, проблема крупных пожаров – это проблема прогноза последствий засух.

В табл. 1 приведены данные динамики засух за период 1979–2011 гг. в Центральной Сибири. Из таблицы следует, что за этот период по всем подзонам тайги Центральной Сибири дефицит осадков периодически составлял от 10 до 80% от климатической нормы.

В северной тайге длительная и интенсивная засуха с дефицитом осадков до 80% наблюдалась в июне 1979 и августе 1984 г. В эти годы пожары здесь распространились на площади сотни тысяч гектаров.

Таблица 1. Динамика среднемесячной суммы осадков и их дефицита в подзонах тайги Центральной Сибири

Подзоны тайги	Месяц, год	Среднемесячная сумма осадков, мм	Дефицит осадков от климатической нормы, %	
Северная	Июнь 1979	18.0	80	
	Август 1984	15.0	73	
Средняя	Июль 2006	15.4	72	
	Август 2006	19.0	66	
Южная	Июль 1996	6.4	88	
	Август 1996	40.7	24	
	Май 2003	18.4	46	
	Июнь 2003	14.5	64	
	Май 2004	30.2	11	
	Июнь 2004	35.8	10	
	Май 2011	22.0	58	
	Июнь 2011	14.0	59	
	Горная тайга	Май 1999	34.6	16
		Май 2009	33.9	24
Июль 2002		9.0	85	
Август 2002		10.8	76	

В 2006 г. засуха охватила ландшафты северной, средней и северной части южной тайги. Дефицит осадков в этом регионе в июле-августе составил от 66 до 88%. Это была наиболее длительная и интенсивная засуха в Центральной Сибири за весь десятилетний период.

В горной тайге Республики Тыва засуха наблюдалась в июле и августе 2002 г. Здесь крупные пожары возникали и распространялись в лиственных лесах. Наиболее часто засухи наблюдаются в южной тайге (примерно 1 раз в три года), и даже при сравнительно непродолжительных засухах при дефиците осадков менее 50% здесь возникают крупные пожары. В основном эти пожары охватывают вырубку и травяные типы леса в мае-июне. Причины появления засух в Центральной Сибири непосредственно связаны с планетарной атмосферной циркуляцией в Северном полушарии.

Влияние планетарной атмосферной циркуляции на формирование засух в Центральной Сибири. Примеры особенностей барических полей, определяющих засуху в таежной зоне Центральной Сибири, приведены на рис. 1–5.

Август 2002 г. Засуха в южной части горной тайги сформировалась под воздействием отрога Азорского антициклона с центром в Верхнем Поволжье России. В области отрога давление превышало месячную норму на 6–7 гПа. Это способствовало очень теплой и даже жаркой погоде (на 3–4 градуса выше нормы) с преобладанием дефицита осадков до 80% на востоке азиатского континента: в Тыве, Иркутской и Читинской областях, Бурятии и северо-западной части Монголии.

Май 2003 г. В средней тропосфере устойчивые высотные ложбины сформировались в Северной Атлантике и Восточной Европе, а высотные гребни антициклона распространились над центральными районами Сибири. Это обусловило в северной части южной тайги Центральной Сибири (Приангарье) образование барических гребней, в которых давление превышало норму на 3–5 гПа. Это обеспечило там аномально сухую жаркую погоду с температурой, иногда превышающей 30 °С.

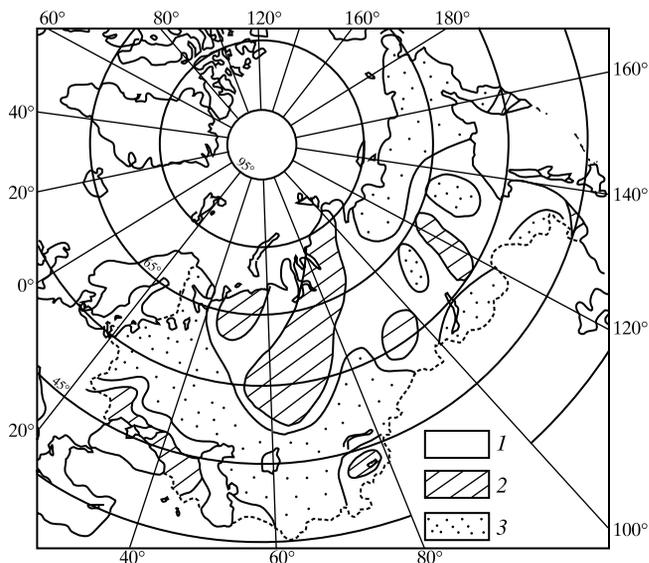


Рис. 1. Аномалия месячного количества осадков в августе 2002 г. [15]. 1 – месячное количество осадков около нормы (80–120%); 2 – больше нормы (>120%), 3 – меньше нормы (<80%).

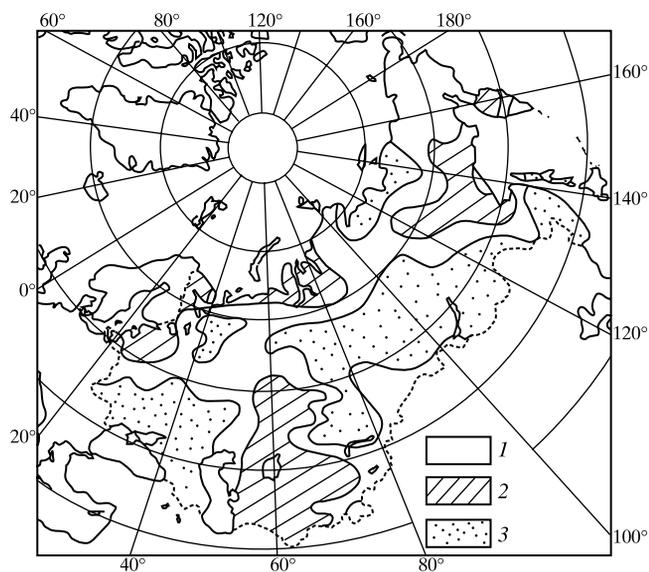


Рис. 2. Аномалия месячного количества осадков в мае 2003 г. (обозначения те же, что и на рис. 1) [5].

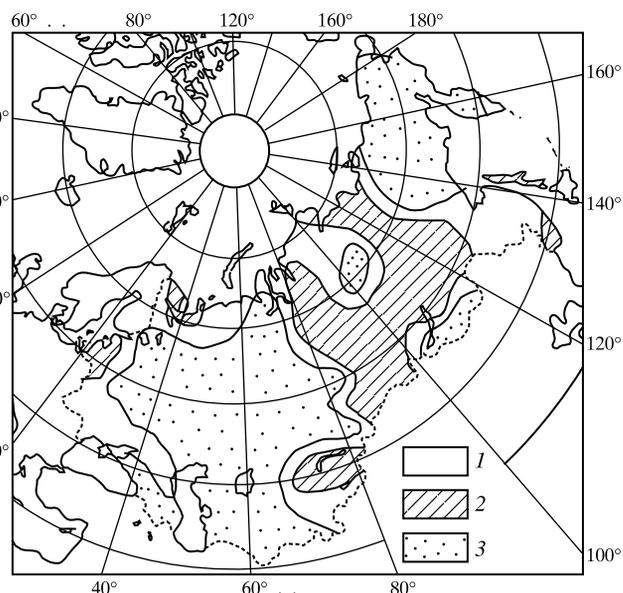


Рис. 4. Аномалия месячного количества осадков в июле 2010 г. (обозначения те же, что и на рис. 1) [7].

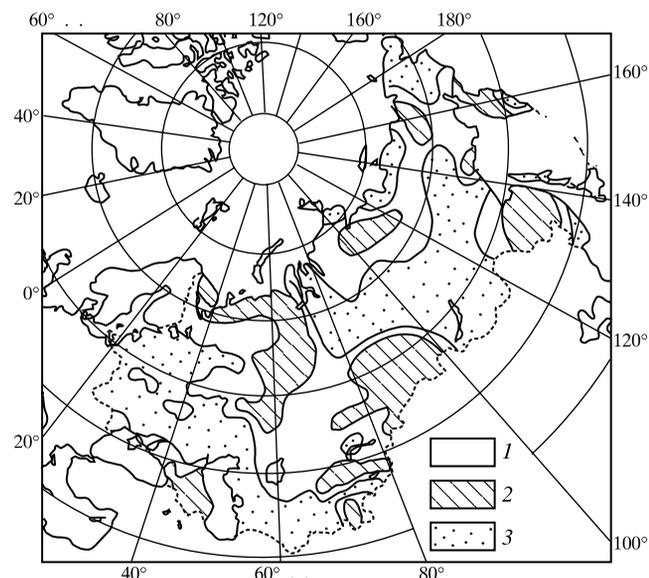


Рис. 3. Аномалия месячного количества осадков в июле 2006 г. (обозначения те же, что и на рис. 1) [4].

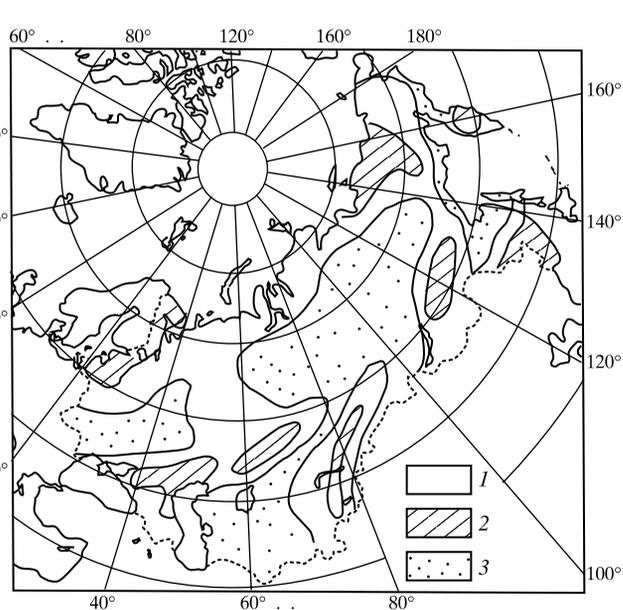


Рис. 5. Аномалия месячного количества осадков в мае-июне 2011 г. (обозначения те же, что и на рис. 1) [2].

Июль 2006 г. В средней стратосфере Северного полушария усилился антициклонический вихрь с центром под полюсом. Его положительные аномалии над Сибирью способствовали установлению в таежной зоне Центральной Сибири, кроме горной тайги, теплую и даже жаркую погоду с температурой до 32–34 °С с дефицитом осадков до 72%. В этот период здесь возникали и распространялись десятки крупных лесных пожаров.

Июль 2010 г. Сухую и жаркую погоду в европейской части России сформировал интенсивный Азорский антициклон. Гребень его в июле и августе

существовал как самостоятельный антициклон, который заблокировал европейскую часть России от атлантических циклонов и создал здесь аномально жаркую и сухую погоду, что привело к длительной засухе и многочисленным катастрофическим пожарам.

Май–июнь 2011 г. Аномально теплая погода на большей части Сибири в мае-июне связана с развитием околполярного антициклона, занявшего свое место над полюсом еще в третьей декаде апреля. Во второй половине мая и начале июня сформировались гребни блокирующего антицик-

лона, направленные с Восточной Сибири, которые определили засушливый период в северной части Центральной Сибири (рис. 5). В подзоне северной тайги Западной Сибири аномальная температура была на 10–11 °С выше средней многолетней в Центральной Сибири. Аномальные температуры достигали 22–29 °С. На юге Красноярского края температура повышалась до 33 °С, а дефицит осадков составил 45–70% от нормы.

Таким образом, засухи и как следствие крупные лесные пожары в зоне тайги Центральной Сибири связаны с планетарными атмосферными циркуляциями, в основном антициклонической направленности.

Особенности распространения крупных пожаров в ландшафтах тайги. Для планирования борьбы с крупными пожарами и прогнозирования их последствий, прежде всего, необходимо знать особенности их распространения в конкретных физико-географических, климатических и лесорастительных условиях.

Для пространственной оценки характера распространения пожаров мы использовали карты

физико-географического районирования и карты растительности масштаба 1:7 500 000 [1], ландшафтную карту масштаба 1:2 500 000 [9], макет карты лесной растительности Красноярского края масштаба 1:2 500 000 [11], космические снимки пожаров с ИСЗ “Метеор-30”, а также данные детектирования пожаров в тепловом диапазоне со спутников серии NOAA, TERRA на всю территорию Центральной Сибири за период с 1996 по 2011 г. (рис. 6, 7, 8).

Пожары в северной тайге возникают в III декаде июня и в засушливые годы могут действовать до I декады сентября, заканчиваются с первыми обложными дождями и снегопадами.

Лесистость территории составляет 35% при заболоченности в 30%. Здесь распространены низогорные тундровые и притундровые елово-лиственничные и лиственничные редколесья: травяно-ерниковые, ерnikово-сфагновые и кустарничково-лишайниковые, где в периоды засух возникают крупные пожары (табл. 2).

Пожары возникают и распространяются в основном в кустарничково-лишайниковых типах,

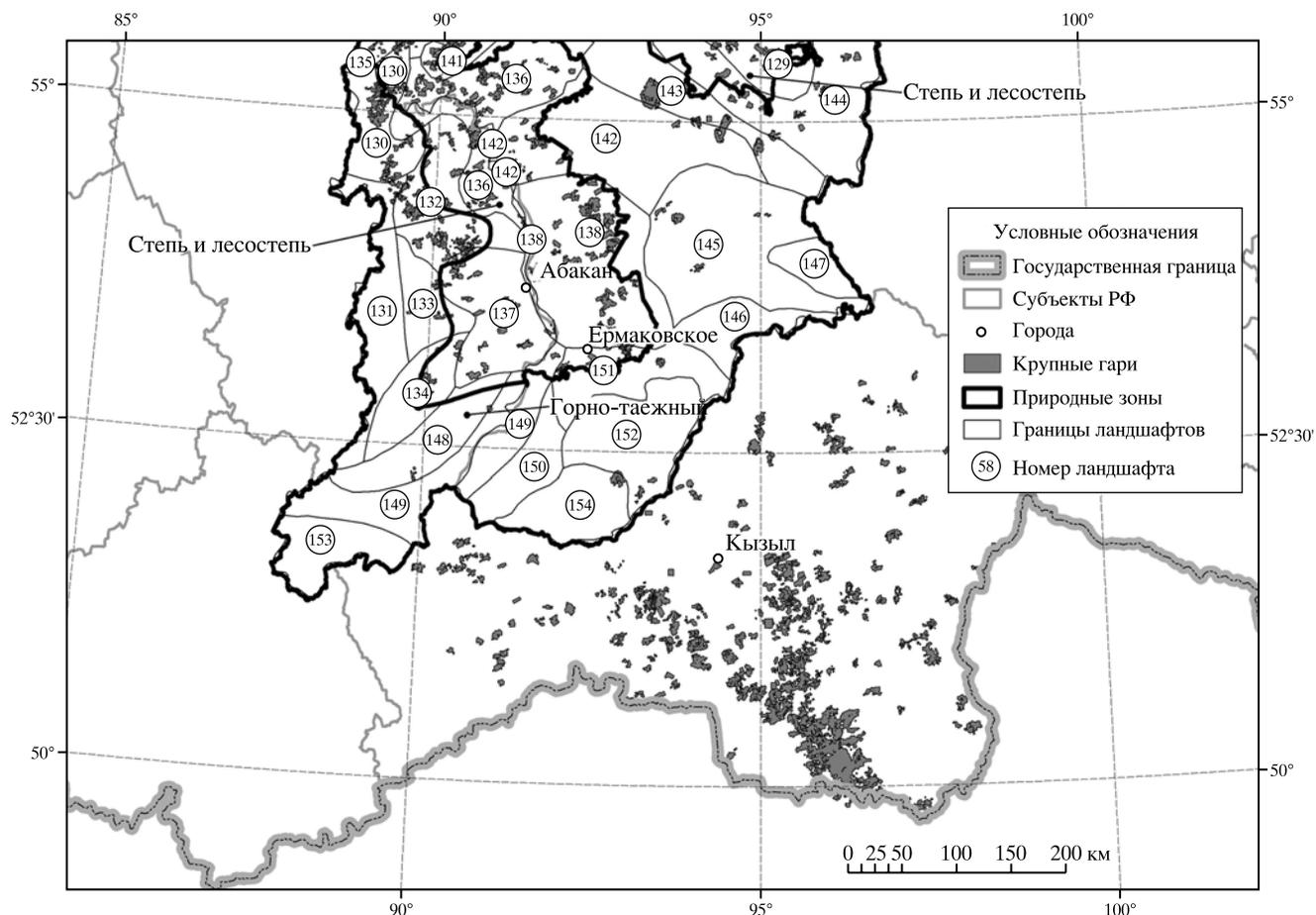


Рис. 6. Гари 1996–2011 гг. в горно-таежной, степной и лесостепной подзонах Красноярского края и в Республике Тыва.

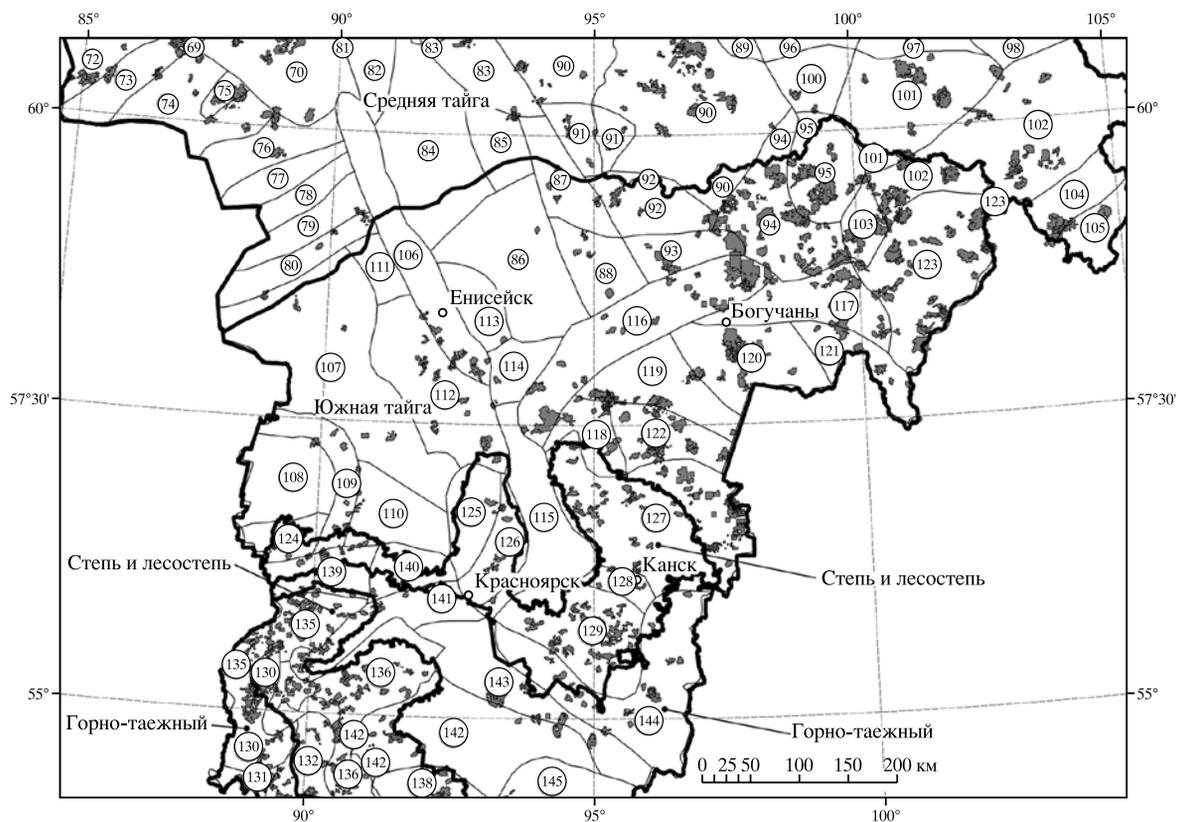


Рис. 7. Гари 1996–2011 гг. в средней и южной тайге (обозначения те же, что и на рис. 6).

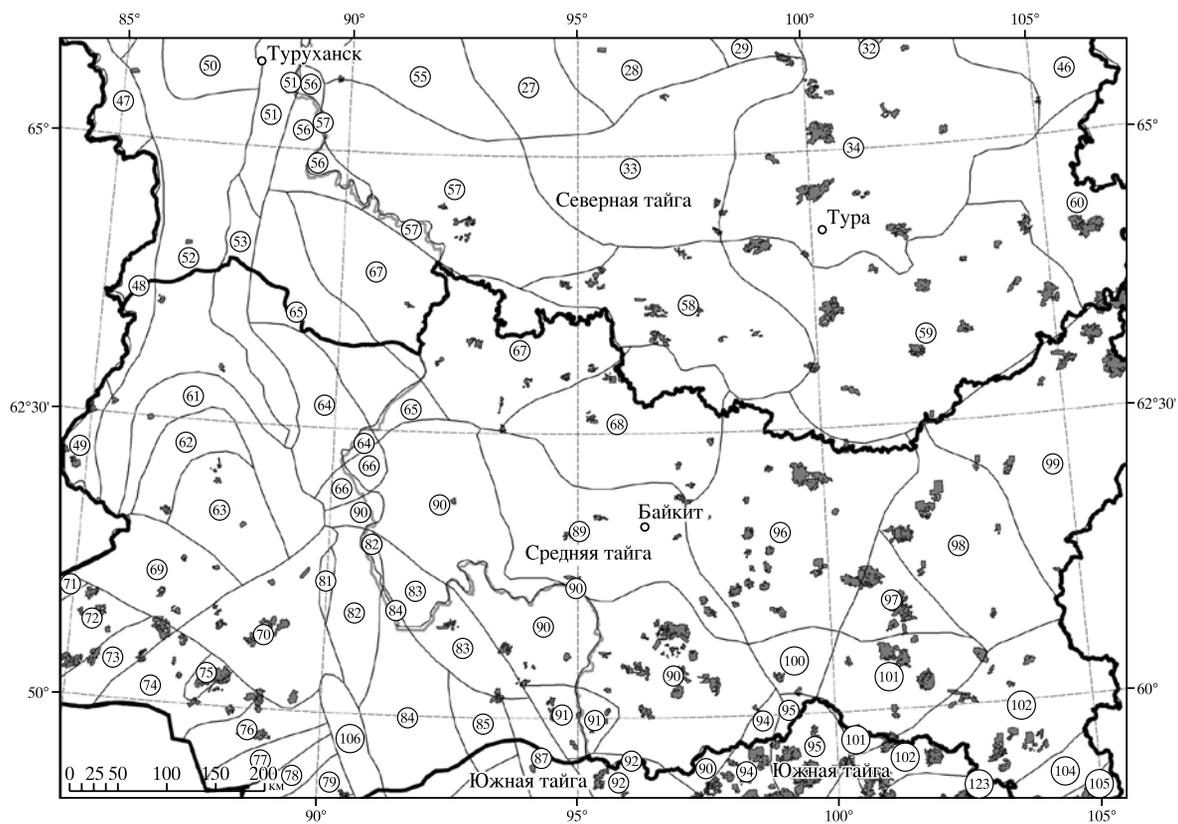


Рис. 8. Гари 1996–2011 гг. в средней и северной тайге (обозначения те же, что и на рис. 6).

Таблица 2. Природные условия распространения крупных пожаров в ландшафтах тайги Средней Сибири

Ландшафты (в скобках номер, см. рис. 6, 7, 8)	Месяц, год пожара	Растительный покров	Синоптическая ситуация	Дефицит осадков, %	Макси- мальная темпера- тура, °С	Площадь пожаров*, тыс. га	Число пожа- ров*
1	2	3	4	5	6	7	8
Северная тайга							
Редколесные и тундрово-редко-лесные равнины и плато низкогорий (34)	Июнь 1979	Елово-лиственничные и лишайничково-еловые с кедром и березой мохово-лишайниковые, мохово-кустарничково-лишайниковые леса и редколесья в сочетании с крупнобугристыми и плоскобугристыми болотными комплексами, кочкарными болотами и заболоченными ерниками	Малоподвижный гребень антициклона с центром в районе Туры	80	30	500	50
Северо-таежные и редколесные низкогорные плато (58)	Август 1984	Лиственничные, березово-лиственничные леса и редколесья кустарничково-зеленомошные, мохово-кустарничковые и мохово-лишайниковые часто с подлеском из ольховника	Антициклон с про-хождением холодного фронта с центром у Салехарда	73	27	400	30
Северо-таежные и тундрово-редко-лесные равнины и плато низкогорий (59)	Июль 1999	Лиственничные, березово-лиственничные леса и редколесья кустарничково-зеленомошные, мохово-кустарничковые и мохово-лишайниковые с подлеском из ольховника в сочетании с лишайничковыми рединами мохово-лишайниковыми, ольховниками и лиственнично-березовыми криволесями	Малоградиентное барическое поле пониженного давления над дельтой Оби	64	28	145	34
Северо-таежные и редколесные низкогорные плато (60)	Июль 2006	Елово-лиственничные и лишайничково-еловые с кедром и березой мохово-лишайниковые, мохово-кустарничково-лишайниковые леса и редколесья в сочетании с крупнобугристыми и плоскобугристыми болотными комплексами, кочкарными болотами и заболоченными ерниками	Гребень антициклона с центром под Новой Землей с прохождением холодного фронта и фронта окклюзии	70	30	781	79
Средняя тайга							
Плато низкогорий холмистые и грядовые с лиственничными и сосново-лиственничными лесами (90, 96, 97, 98, 104, 105)	Июль 1999	Лиственнично-сосновые и сосново-лиственничные травяно-кустарничковые, кустарничковые и лишайничково-кустарничковые леса в сочетании с лиственничными кустарничковыми и кустарничково-моховыми лесами	Малоградиентное барическое поле пониженного давления над поллосом	68	28	212	66

1	2	3	4	5	6	7	8
Плато низкогорных холмистых и грядовые с лиственничными, сосново-лиственничными и темнохвойными лесами (91, 100, 101)	Июль 2006	Лиственнично-сосновые и сосново-лиственничные кустарничково-зеленомошные, травяно-кустарничково-лишайниково-кустарничковые леса в сочетании с елово-пихтово-кедровыми с березой зеленомошными и кустарничково-зеленомошными, долгомошными и кустарничково-сфагновыми лесами и сфагновыми болотами	Гребень антициклона с центром под Новой Землей с прохождением холодного фронта и фронта окклюзии	72	30	1300	119
Равнины аккумулятивные с новыми и темнохвойными лесами и болотами (70, 72, 73, 75)	Август 2006	Сосновые с лиственницей и кедром кустарничково-зеленомошные и лишайниково-кустарничково-сфагновые леса, местами в сочетании со сфагновыми болотами	Гребень антициклона с центром под Новой Землей с прохождением холодного фронта и фронта окклюзии	66	26	215	27
Южная тайга, подтайга							
Равнины и плато волнистые и плоские с сосновыми и лиственнично-сосновыми лесами (127, 128, 129)	Июль 1996	Подтаежные сосновые, лиственнично-сосновые травяно-кустарничковые и травяные леса, местами в сочетании с березовыми и осиновыми злаково-разнотравными лесами	Обширный антициклон с центром в районе Туры и передняя часть ложбины циклона с прохождением теплого фронта Центральной Якутии	88	31	182	36
Равнины и плато волнистые с сосновыми и лиственнично-сосновыми лесами (122, 127)	Июль 2006	Лиственнично-сосновые и сосновые травяно-кустарничковые и кустарничково-травяно-зеленомошные леса в сочетании с березовыми и осиновыми разнотравными, зеленомошно-разнотравными лесами в сочетании с лугами и болотами	Гребень антициклона с центром под Новой Землей с прохождением холодного фронта и фронта окклюзии	70	30	787	84
Плато холмистые и грядовые с сосновыми и лиственнично-сосновыми лесами (94, 95, 102, 103)	Май 2011	Лиственнично-сосновые и сосновые травяно-кустарничковые и кустарничково-травяно-зеленомошные леса. Березовые и осиновые разнотравные, зеленомошно-разнотравные леса в сочетании с лугами и болотами	Гребень антициклона с центром под Салехардом с прохождением холодного фронта и фронта окклюзии с переходом к ложбине циклона и теплого фронта	58	28	348	48

Таблица 2. Окончание

1	2	3	4	5	6	7	8
Равнины и плато холмисто-волнистые с листовнично-сосновыми и производными березовыми и осиновыми лесами (118, 119, 120, 122, 127)	С 1 по 14 июня 2011	Березовые и осиновые разнотравные, зеленомошно-разнотравные производные леса в сочетании с коренными листовнично-сосновыми и травяно-кустарничковыми и кустарничково-травянозеленомошными лесами	Гребень антициклона с центром под Салехардом с прохождением холодного фронта и фронта окклюзии с переходом к ложбине циклона и теплого фронта	59	30	118	33
Горная южная тайга							
Низкогорья с черневыми в сочетании с сосново-лиственничными, березовыми и осиновыми лесами, луговыми степями, лугами (143, 144)	Май 1999 Июль 2002 (Тыва) Август 2002 (Тыва)	Кедровые зеленомошные, пихтово-кедровые, елово-кедровые, кедрово-лиственничные кустарничково-зеленомошные и травяно-кустарничковые леса с участками высокогорных лугов и тундр. Березово-осиново-елово-пихтовые зеленомошные, травяно-зеленомошные, зеленомошно-травяные и крупнотравные леса (черневая тайга) Кедровые зеленомошные, пихтово-кедровые, елово-кедровые, кедрово-лиственничные кустарничково-зеленомошные и травяно-кустарничковые леса с участками высокогорных лугов и тундр Кедровые зеленомошные, пихтово-кедровые, елово-кедровые, кедрово-лиственничные кустарничково-зеленомошные и травяно-кустарничковые леса с участками высокогорных лугов и тундр	Обширный антициклон с центром в районе оз. Байкал и ложбина антициклона с центром в районе Колпашево с прохождением теплого фронта Высотный гребень, а в приземном слое атмосферы мощный отрог Азорского антициклона Подвижные высотные гребни и высотные ложбины под влиянием Азорского антициклона	16 48 24	30 32 26	300 136 156	42 23 39

Примечание: * – число и площадь пожаров более 1400 га

чему способствуют ветер и наличие склонов. Они имеют округлую форму с двумя или более выпуклыми частями, которые формируются при сочетании склоновых местоположений и негоримых заболоченных участков. При длительном действии пожара встречаются и звездообразные формы контуров, которые образуются в результате смены направления ветра. Контуров этих пожаров разорваны, они часто распространяются фронтом и флангами или только фронтальной кромкой. Также пожары могут распространяться лишь тыловой кромкой. Она может достигать иногда нескольких десятков километров. Скорость распространения пожаров небольшая, на это указывает их округлая форма, она также означает, что территория сравнительно однородна, и сеть естественных препятствий для распространения пожаров ограничена. Пожары беспрепятственно распространяются на десятки тысяч гектаров.

Пожары средней тайги. Рельеф территории плоскогорный, лесистость 70–80%, заболоченность 15%. Территория занята в основном чистыми лиственничными лесами и лиственничниками с примесью ели, пихты, сосны, березы. Наиболее распространены лиственничники кустарничково-моховые, зеленомошно-брусничные, ерничково-сфагновые; реже ельники зеленомошные, осоково-сфагновые, травяно-болотные; фрагментарно сосняки брусничные, кустарничково-лишайниковые.

Формы контуров пожаров в большинстве случаев вытянутые. Очень крупные пожары, достигающие нескольких десятков тысяч гектаров, имеют округлые формы. Но те и другие с выступами и отрогами разной величины и формы. Такая форма пожаров определяется ветром, наличием больших площадей со сравнительно однородными горючими материалами и склонами разной крутизны. Выступы и отроги от основного пожара образуются при распространении его под влиянием ветра вдоль склонов, покрытых кустарничково-лишайниковыми лиственничниками. В понижениях и поймах рек и ручьев, занятых ерничково-сфагновыми лиственничниками и осоково-сфагновыми и травяно-болотными ельниками, пожары распространяются очень медленно, часто эти участки могут остановить продвижение пожара.

Осмотр многочисленных гарей показывает, что надежной преградой остановки тыловой и фланговых частей пожара служат поймы рек с открытой водной поверхностью шириной 10–20 м. Через речки и ручьи шириной менее 10 м пожар переходит по валежнику. Перехода крупных

пожаров через р. Нижняя Тунгуска в пределах Красноярского края не наблюдается. В основном пожары распространяются фронтальной и фланговыми частями. Однако часто приходится наблюдать, когда фронт пожара быстро достигает непреодолимых препятствий, останавливается и далее распространяется только тыловая кромка. В этом случае все пожарище закрыто дымом и ориентироваться здесь сложно.

Пожары в южной тайге. Большая часть пожаров наблюдается в Приангарье. Рельеф района плоскогорный. Лесистость 90%, заболоченность 10%. Леса интенсивно освоены и нарушены. Наиболее распространены здесь сосновые и лиственничные травяно-зеленомошные, брусничные, осочково-разнотравные, лишайниковые и осоково-сфагновые типы леса. Широко представлены производные березняки разнотравные. Сосняки приурочены к долинам рек и склонам различной крутизны и экспозиций. На приводораздельных пространствах преобладает лиственница. На высоких водоразделах и теневых склонах расположены смешанные темнохвойные зеленомошные леса.

Территория тщательно охраняется, и пожары площадью более тысячи гектаров здесь редки. В засушливые годы они могут возникать со второй половины мая и продолжаются до сентября. В такие годы они беспрепятственно распространяются на большой площади. Препятствиями их распространению служат осоково-сфагновые болота и крупные притоки р. Ангары. Как правило, пожары площадью до 50–100 га имеют округлую или эллипсоидную форму. Контур пожара часто разорван на флангах и в тылу, однако все тактические части его сохраняются. В основном пожары распространяются под влиянием конвективного переноса горящих частиц.

Пожары в южной горной тайге. Наиболее распространенными типами леса являются кедровники и лиственничники бруснично-зеленомошные, багульниково-моховые; кедровники и пихтарники черничные, бадановые; кедровники кошкарниково-моховые, кошкарниково-лишайниковые, ерничково-лишайниковые; сосняки и лиственничники бруснично-разнотравные, вейниково-разнотравные; сосняки и березняки орляково-разнотравные. Горные леса в пирологическом плане приурочены к низкогорным, среднегорным и высокогорным ландшафтам.

Начало пожаров в горах тесно связано с началом схода снегового покрова на безлесных южных склонах. Сход снежного покрова в предгорной и низкогорной полосе обычно происходит в конце

апреля и начале мая. Со второй половины мая он достигает среднегорья, а в высокогорном поясе снег сходит только в июне и даже в начале июля, например в темнохвойных лесах [3].

На безлесных южных склонах пожары могут возникать на три-четыре недели раньше, чем на облесенных склонах других экспозиций. Но в начале снеготаяния они носят локальный характер. По мере освобождения склонов других экспозиций от снега пожары возникают и распространяются на больших площадях по очереди на восточных, западных, а затем и на северных склонах.

Вместе с тем, в засушливые годы пожары могут возникать и распространяться по всей горной системе независимо от экспозиций склонов и характера растительного покрова.

В системе гор Западного Саяна в среднегорном поясе пожары возникают в безлесных участках (старые вейниковые вырубки и гари на южных и западных склонах) уже при II и даже I классе пожарной опасности по условию погоды [12]. В кедровниках травяной группы типов леса пожары возможны лишь при III классе пожарной опасности. Вместе с тем до конца мая не пожароопасны участки любых типов леса, расположенные на северных и восточных склонах. В Западном Танну-Ола из-за сухого климата и преобладания лиственничников разнотравной группы типов леса пожары возникают при I и II классах пожарной опасности.

В темнохвойных лесах Кузнецкого Алатау в связи с преобладанием высокотравной группы типов леса пожарная опасность возникает только весной и осенью. Летом пожары редки и наблюдаются только в периоды длительных засух. Весной и осенью в крупнотравных типах леса пожарная опасность наступает при II и даже I классах пожарной опасности. В мшистых типах леса пожары в предгорной и низкогорной частях возникают при III классе, в среднегорной – при IV–V классах. В высокогорной части хребтов пожары очень редки и возникают только при длительных засухах.

Мы наблюдали развитие крупных пожаров летом 1982 г. после продолжительного бездождного периода на северном и южном мегасклонах Западного Саяна и Танну-Ола. На южном мегасклоне Танну-Ола они распространялись вдоль широких ложбин и лощин к водораздельным хребтам и захватывали восточные склоны отрогов. Южные и западные крутые безлесные склоны они обходят, так как здесь напочвенный покров очень редкий, а на более пологих склонах зеленая растительность препятствует продвижению пожара.

Пожар в горах Западного Саяна, действовавший 13 июля 1982 г., из широкой долины распространялся по узким логом на два противоположных склона водораздельных хребтов, захватывая их восточные и северные части, огибая крупные южные и западные склоны. В широких логом из-за наличия большого количества горючего и хвойных молодняков интенсивность горения высокая. На склонах и вершинах логом возникают верховые пожары. Очень часто крупные пожары в горах представлены отдельными участками, не связанными общей кромкой, примерно так же, как и в заболоченных лесах Западной Сибири.

Критерии оценки экстремальности пожарной ситуации в лесах Центральной Сибири.

Одним из определяющих факторов формирования чрезвычайной пожарной ситуации в лесах являются погодные условия. Количество солнечной радиации, осадки, температура воздуха и другие метеопараметры определяют процесс сушки лесных горючих материалов (ЛГМ). Влагосодержание ЛГМ коррелирует с показателем пожарной опасности по условиям погоды, который опосредованно характеризует готовность лесных горючих материалов к воспламенению и горению.

Для анализа ситуации на обширных площадях бореальных лесов Центральной Сибири необходимо оперировать исходными данными, отражающими динамику пожароопасной обстановки на всей территории. В современных условиях эта задача не может эффективно решаться только на основе данных редкой сети метеостанций. Предложено использовать для оценки и картирования пожарной опасности лесов по условиям погоды данные дистанционного зондирования в тепловом диапазоне [17]. При этом при вычислении используется классическое эмпирическое соотношение, предложенное В.Г. Нестеровым и усовершенствованное ЛенНИИЛХ [6]:

$$\Gamma_j = \xi \Gamma_{j-1} + t_j(t_j - \tau_j),$$

где τ – температура точки росы в полдень местного времени, °C; t – температура воздуха, °C; ξ – коэффициент учета осадков; j – порядковый номер дня сезона; Γ_{j-1} и Γ_j – показатель пожарной опасности предшествующего и текущего дня.

В Институте леса им. В.Н. Сукачева СО РАН разработана технология дистанционной оценки пожарной опасности лесов по условиям погоды. Для этого предложено использовать данные ежедневной обработки цифровых изображений, получаемых со спутников серии NOAA (или аналогов) в видимом, ближнем ИК и тепловом диапазонах спектра. Получаемые таким методом оператив-

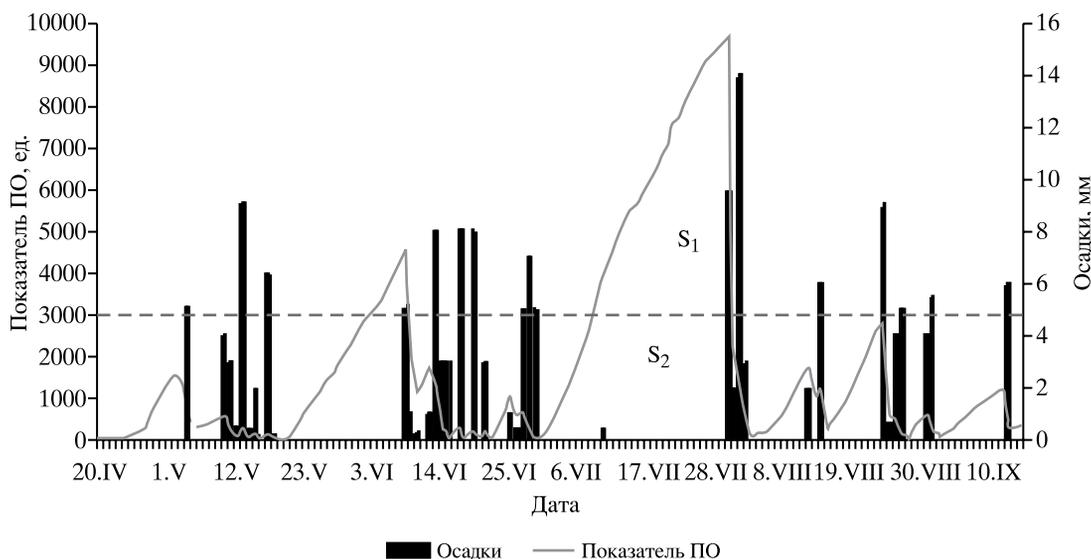


Рис. 9. Динамика показателя пожарной опасности на территории Богучанского района Красноярского края. Пример развития пожароопасной ситуации по экстремальному сценарию третьего типа.

ные картосхемы пожарной опасности по условиям погоды на территории Центральной Сибири имеют пространственное разрешение 1–4 км, что существенно выше, чем картосхемы, построенные на информации метеостанций, нередко расположенных на расстояниях более 100 км. Эта информация составляет один из важнейших оперативных слоев географической информационной системы (ГИС) противопожарного мониторинга лесов.

Картосхемы распределения пожарной опасности, получаемые в течение пожароопасного периода, а также статистические метеоданные позволяют оценить пространственно-временные закономерности динамики пожарной опасности в регионе. Выявленные закономерности характеризуют сценарии развития пожароопасной ситуации.

В качестве определяющей характеристики введено понятие модальности кривой пожарной опасности. Под модой понимается период сушки, в течение которого показатель пожарной опасности устойчиво превышает верхний порог значений для IV класса пожарной опасности. В течение такого периода сушки происходит высыхание основных проводников горения до критических значений влагосодержания. Экспериментально зафиксировано, что при интенсивном процессе сушки такой интервал составляет до 150 часов [14, 10, 13, 16] и с учетом суточной динамики влагосодержания необходимый уровень готовности ЛГМ достигается за срок 5 и более дней [14]. Начало и конец моды определяются снижением значений показателя пожарной опасности до уровня, соответствующего первому классу. Как правило,

это связано с выпадением осадков. Временные и количественные характеристики мод на кривой показателя пожарной опасности определяют три основных сценария развития пожароопасной ситуации. Условие, определяющее тип сезона, выражено в соотношении площадей, ограниченных данной модой и разделенных пороговым значением показателя пожарной опасности, соответствующего уровню III–IV класса пожарной опасности (рис. 9).

Сценарий первого типа описывает сезоны с низким уровнем пожарной опасности и низким количеством возникающих пожаров. Определяющим моментом является отсутствие мод на графике развития пожарной опасности ($S_1 = 0$). Абсолютные значения показателя пожарной опасности (2000–3000 ед.) соответствуют I–III классам. Отсутствуют периоды длительной сушки. Осадки равномерно распределены в течение всего пожароопасного периода. При данном сценарии пожароопасного сезона возникающие лесные пожары успешно контролируются противопожарными службами.

Сценарий второго типа соответствует пожароопасным сезонам с преобладанием IV и V классов пожарной опасности по условиям погоды. При таком сценарии развития пожароопасной обстановки наиболее ярко выражена модальность кривой показателя пожарной опасности. Определяющее условие выражается в соотношении площадей $0 < S_1 < S_2$ (рис. 9). Статистически зафиксировано, что в различных районах территории Центральной Сибири в течение пожароопасного сезона экстремальные периоды данного сценария

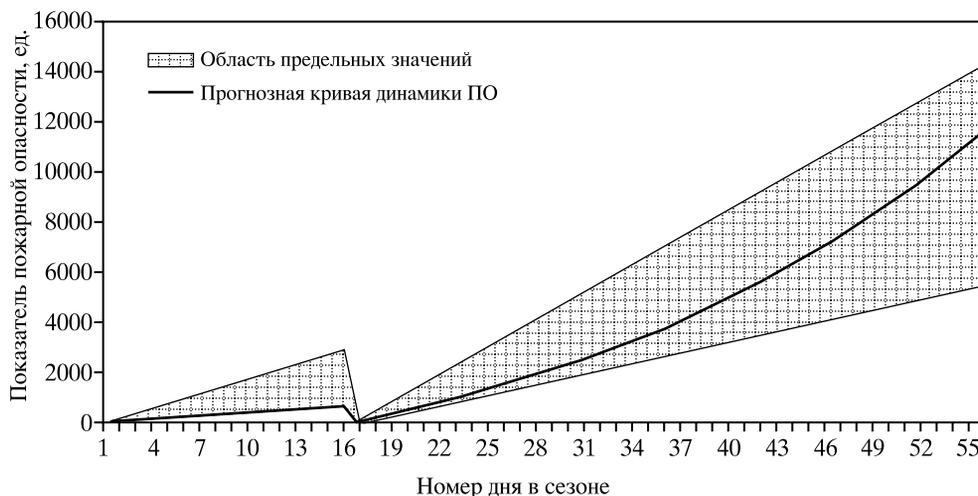


Рис. 10. Пример прогноза динамики показателя пожарной опасности в условиях экстремального пожароопасного сезона.

могут повторяться до трех раз. Как правило, каждой моде на кривой пожарной опасности соответствует рост числа лесных пожаров, но при этом необходимый уровень охраны может обеспечить контроль над ситуацией.

Сценарий третьего типа описывает экстремальные пожароопасные сезоны. Определяющее условие выражается в неравенстве $S_1 \geq S_2$. Такие сезоны характеризуются длительными засухами, дефицитом осадков, что определяет многократное превышение (до 2–4 раз) показателем пожарной опасности верхней границы, соответствующей V классу пожарной опасности по условиям погоды. При развитии пожароопасной ситуации по третьему сценарию кривая пожарной опасности имеет не более двух экстремумов. Сезоны третьего типа представляют собой чрезвычайную пожароопасную ситуацию, сопровождающуюся массовым возникновением лесных пожаров и быстрым переходом ситуации в разряд неуправляемой.

Описанные сценарии могут быть использованы при ежедневном анализе пожароопасной ситуации в регионе, в том числе для краткосрочного прогнозирования с целью принятия эффективных управленческих решений и проведения превентивных мероприятий противопожарных служб.

Модель краткосрочного прогнозирования развития пожароопасного сезона. На основе среднестатистических показателей, рассмотренных для различных сценариев развития пожароопасной ситуации, была построена модель краткосрочного прогноза пожароопасной ситуации. В вычислениях используются средние статистические значения метеопараметров, фиксируемые для данной территории в условиях стационарного процесса сушки в отсутствие осадков. На рис. 10

представлена модельная кривая, описывающая развитие экстремальной пожароопасной обстановки. Предлагаемая модель является итерационной – коррекция данных для последующего дня осуществляется на основе анализа предыдущего периода. Используя статистические сведения о длительности выделенных мод, а также о минимуме и максимуме температур за рассматриваемый период, получен интервал допустимых значений, внутри которого возможно варьирование показателя пожарной опасности. Предлагаемый подход позволяет оценить сроки наступления чрезвычайной ситуации – увеличение числа возникающих и действующих лесных пожаров и выход ситуации из-под контроля.

Критическое значение количества действующих пожаров в пределах территории лесничества составляет 10–12 единиц. В условиях предшествующих длительных засушливых периодов такой порог может быть многократно превышен, возникают массовые очаги пожаров, нередко приобретающих форму экстремальных ландшафтных пожаров. Такая ситуация неоднократно наблюдалась на территории Центральной Сибири. В частности, в Приангарье в 1996 г. после 30-дневной засухи число пожаров увеличилось до 30 единиц в течение двух дней. В 2006 г. в Эвенкии в течение двух дней были зафиксированы более 50 лесных пожаров. В таких условиях даже привлечение дополнительных сил и средств не позволяет обеспечить необходимый уровень контроля ситуации.

Выводы.

1. Установлено, что за последние 10 лет в Центральной Сибири засухи разной продолжительности и интенсивности ежегодно наблюдались поочередно во всех подзонах тайги. Наиболее

продолжительными они были в подзонах северной и средней тайги, менее продолжительными, но более частыми в южной тайге. В горнотаежных темнохвойных лесах длительные засухи очень редки.

2. Выявлены условия возникновения засух под воздействием планетарной атмосферной циркуляции по всей территории северного полушария, которая в свою очередь связана с ложбинно- и гребнеобразными возмущениями барического поля средней и верхней тропосферы, так называемыми волнами Россби.

3. Определены особенности развития ландшафтных пожаров в подзонах тайги под влиянием природных факторов. Установлено, что крупные лесные пожары обычно возникают в середине продолжительных засух, когда лесные горючие материалы высыхают на больших территориях (ландшафтах и даже ландшафтных областях), но на быстрое развитие пожаров до крупных размеров в этих условиях влияют, прежде всего, синоптические ситуации, сопровождающиеся сильными ветрами. В Центральной Сибири нередко крупные пожары возникают в промежуточных синоптических ситуациях, которые не сопровождаются сильными ветрами, но характеризуются воздушными массами с высокой температурой и низкой влажностью воздуха.

4. Установлены характеристики атмосферных процессов, обуславливающих формирование ландшафтных пожаров в Центральной Сибири: а) обширные антициклоны с давлением в центре до 1025 гПа, с прохождением по его периферии теплого фронта; б) глубокий циклон с давлением в центре 985 гПа с фронтом окклюзии в теплом секторе; в) прохождение теплых фронтов при малоградиентных барических полях пониженного давления; г) прохождение холодных фронтов при малоградиентных полях повышенного давления.

5. Анализ сценариев развития пожароопасных сезонов позволил разработать итерационную модель краткосрочного прогнозирования экстремальной пожароопасной обстановки и методику краткосрочного прогноза опасности возникновения ландшафтных пожаров по спутниковым данным одновременно на всей территории Центральной Сибири.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас Красноярского края и республики Хакасии / Под ред. Исаева А.С., Мальцева Ю.М., Семенова В.Н. Новосибирск.: Роскартография, 1994. 84 с.
2. Брежкова Т.В., Голубев А.Д., Паршина Л.И. Аномальные гидрометеорологические явления на территории Российской Федерации в мае 2011 г. // Метеорология и гидрология. 2011. № 8. С. 109–111.
3. Валендик Э.Н. Борьба с крупными пожарами. М.: Наука, 1990. 193 с.
4. Васильев Е.В., Лукьянов В.И., Найшуллер М.Г. Особенности атмосферной циркуляции Северного полушария // Метеорология и гидрология. 2006. № 9. С. 109–118.
5. Гречихина А.П., Кириенко Л.В., Найшуллер М.Г. Аномальные гидрометеорологические явления на территории Российской Федерации // Метеорология и гидрология. 2003. № 11. С. 112–118.
6. Коровин Г.Н., Андреев Н.А. Авиационная охрана лесов. М.: Агропромиздат. 1988. 223 с.
7. Котилевская А.М. Погода на территории Российской Федерации // Метеорология и гидрология. 2010. № 10. С. 103–106.
8. Курбатский Н.П. Классификация лесных пожаров // Вопросы лесоведения. Т. 1. Красноярск. 1970. С. 402–406.
9. Ландшафтная карта СССР. Масштаб: 1:2 500 000 / Отв. ред. Гудилин И.С. М., 1987.
10. Лыков А.В. Теория сушки. М.: Энергия, 1968. 180 с.
11. Отчет по международному соглашению ИЛ СО РАН с Лесной службой США № 10-IC-111327-208 за 2011 г.
12. Софронов М.А. Лесные пожары в горах Алтая. М.: Наука, 1967. 147 с.
13. Софронов М.А., Волокитина А.В. Пирологическое районирование в таежной зоне. Новосибирск: Наука, 1990. 205 с.
14. Сухинин А.И., Пономарев Е.И. Оценка влагосодержания лесных горючих материалов по радиационной температуре. Деп. в ВИНТИ 15.04.1998 г. №1144-B98. 36 с.
15. Чекмасова Г.И. Погода на территории Российской Федерации в августе 2002 г. // Метеорология и гидрология. 2002. № 11. С. 106–107.
16. Balzter H., Tansey K., Kaduk J., George Ch., Gerard F., Cuevas Gonzalez M., Sukhinin A. and Ponomarev Y. Fire/Climate Interactions in Siberia // Environmental Change in Siberia. Earth Observation. Field Studies and Modelling / Ed. Balzter H. Advances in Global Change Res. Springer, V. 40. Part 1, 21–36. 299 p.
17. Ponomarev Y.I., Sukhinin A.I. Methods for mapping and medium-range forecasting of fire danger in forests on the basis of weather conditions // Mapping Sciences and Remote Sensing. 2003. V. 40. № 4. P. 304–310.

Landscape wildfires nature in Central Siberian taiga

**E.N. Valendik, Ye.K. Kisilyakhov, V.A. Ryzhkova,
E.I. Ponomarev, I.V. Danilova**

V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, Krasnoyarsk, Russia

The nature of landscape wildfires, their occurrence and spread in Central Siberian landscapes are considered. The natural fire conditions of landscapes are given in context of large wildfires. Methods of extreme fire danger forecast are offered based on the data on sum of radiant temperature of surface received by satellite remote sensing.