

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

УДК 630*43+630*583

КАРТОГРАФИРОВАНИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ ГОРЮЧИХ МАТЕРИАЛОВ

© 2014 г. А. В. Волокитина¹, Т. М. Софронова²

¹ Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН
660036, Красноярск, Академгородок, 50/28

² Красноярский государственный педагогический университет им. В. П. Астафьева
660049, Красноярск, ул. Ады Лебедевой, 89

E-mail: volokit@ksc.krasn.ru, tmsofronova@gmail.com

Поступила в редакцию 09.06.2014 г.

Все участки растительности как объекты горения представляют собой структурные комплексы из разнообразных горючих материалов. Особенно сложными комплексами являются лесные биогеоценозы. Для целей практического использования пирологические характеристики растительности отражаются на планах и картах, при этом показываются как общие одноплановые оценки и характеристики участков (например, оценки их пожарной опасности), так и детальные многоплановые характеристики всех составляющих в комплексах растительных горючих материалов. В последнем случае карты являются базовыми для получения разнообразных пирологических оценок и называются картами растительных горючих материалов (РГМ). Картографирование РГМ может осуществляться на основе двух методологических подходов: во-первых, путем выделения пирологических категорий растительности как типовых комплексов, во-вторых, путем индивидуальной характеристики каждого участка растительности в отношении РГМ. Очевидно, что типовая характеристика РГМ на участках может быть только приблизительной, грубой, поскольку возможное количество изученных категорий участков ограничено. Для крупномасштабного картографирования предпочтительнее детальная индивидуальная характеристика участков растительности в отношении РГМ, но данный метод дороже. Поэтому исторически в картографировании РГМ получил развитие первый подход – выделение и картографирование определенных категорий растительности с типовыми характеристиками. В статье рассмотрены методические подходы к классификации и картографированию РГМ за рубежом и в России. Приведены примеры составления карт РГМ разного масштаба и даны рекомендации по их использованию.

Ключевые слова: классификация растительных горючих материалов, методы их картографирования.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема лесных, кустарниковых, степных и других пожаров растительности актуальна во всем мире. Огонь ежегодно истребляет и повреждает растительность на больших территориях. Нередко пожары принимают катастрофические размеры и уничтожают не только растительность, но и населенные пункты. На борьбу с такими пожарами привлекается много людей и мощная техника, затрачиваются очень большие средства,

однако результативность этих мер зачастую невысока. Мировой опыт убеждает, что решение проблемы пожаров растительности только за счет совершенствования и увеличения технической мощности нереально. Успешное контролирование и управление пожарами возможно только при прогнозировании их поведения на основе сведений о распределении комплексов растительных горючих материалов (РГМ) по территории, включая возможность их горения под влиянием метеорологических условий. Оптимальный ва-

риант отражения РГМ для участков растительности – карты РГМ. В основе их составления – классификация РГМ. Исторически сложилось так, что классификация РГМ в США, Канаде и России разрабатывалась самобытными путями, что исключает прямое заимствование: в каждой из перечисленных крупных лесных держав разработаны свои классификации РГМ и методы их картографирования.

СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА КАРТОГРАФИРОВАНИЯ РГМ

Картографирование РГМ за рубежом имеет длительную историю. В обстоятельной работе S. J. Murago (1965) отмечено, что первые попытки отразить на картах типы горючих материалов сделаны в западных национальных лесах США (Hornby, 1935). В основу деления лесных участков на части в соответствии с их характеристиками были положены относительная скорость распространения горения и трудность контролирования пожара, т. е. территорию оценивали на основе потенциального поведения пожара. Выделили от 38 до 70 типов горючего в зависимости от района. К концу 30-х гг. XX в. такие карты составили на все леса США, за исключением Калифорнии. С 1941 г. при составлении карт РГМ стали использовать аэроснимки.

Недостаток этих карт – значительный субъективизм при выделении типов горючего на практике, а также характеристика их по скорости распространения пожара только для условий сильной засухи, что исключало возможность прогнозирования поведения пожара при различной погоде. Этот метод можно назвать *экспертно-эмпирическим*.

В Калифорнии развивался метод картографирования с характеристикой РГМ на основе анализа многочисленных наблюдений за поведением пожаров. Его можно назвать *эмпирико-статистическим*.

Позднее разработанную систему адаптировали в северо-западном регионе США и на юге центрального региона (Appalachia), где скорректировали поведение действующего пожара и скорость увеличения периметра с помощью типа горючего в соответствии с классами по-

жарной опасности. К концу 30-х гг. карты типов горючего использовали в лесопожарной охране США как средство планирования, позднее началась разработка других способов классификации горючих материалов, более объективных (Bruce, 1951; Davis, 1959; Winkworth, 1961 и др.).

В 50-е гг. программа лесоинвентаризации в США включала обширный раздел по горючим материалам, что позволило установить связь типов горючих с типами лесного покрова (Murago, 1965). Открытие в США трех лабораторий по исследованию пожаров способствовало разработке моделей распространения пожара (Fons et al., 1959; Rothermel, 1983). В современной американской национальной системе оценки пожарной опасности (NFDRS) все РГМ подразделяются на две крупные категории: мертвые и живые. Такое деление справедливо для основной территории США, где в лесах отсутствует мохово-лишайниковый покров. Мертвые РГМ разделены на четыре класса: легкое горючее, среднее, тяжелое и очень тяжелое в зависимости от величины временного лага.

В настоящее время в национальной системе оценки пожарной опасности и прогноза поведения природных пожаров (NFDRS) используется *типовой* метод, заключающийся в том, что вся растительность (лесная и нелесная) разделяется на пирологические типы – топливные модели (fuel models). Вначале растительность на территории США была разделена на 13 топливных моделей, отличающихся распределением запаса РГМ по классам, высоте слоя РГМ, а также по скорости распространения горения и высоте пламени при типовых условиях (Anderson, 1982). Достоинство типового метода заключается в том, что пирологическую характеристику, необходимую для прогноза поведения пожаров, получает каждый участок территории. Но эта пирологическая характеристика слишком грубая вследствие ограниченного количества топливных моделей при существующем большом разнообразии растительного покрова. В настоящее время количество топливных моделей в системе BEHAVE увеличено до 40 (Andrews et al., 2008), вместо математической модели Потермела (Rother-

mel, 1972) предложены другие, но это не избавило *типовой* метод от принципиальных недостатков (Arroyo et al., 2008).

В системе NFDRS (США) одной моделью характеризуются целые районы, поэтому в системе ВЕНАВЕ определить номер модели для участка по имеющейся информации в ГИС не представляет особой сложности, поскольку все многообразие лесов разделено лишь на три модели, все заросли кустарников – на четыре, а все вырубки – на три. Очевидно, что истинные пирологические характеристики участков растительности, включаемых в одну модель, могут значительно отличаться от ее типовых характеристик, поэтому прогнозирование поведения конкретного пожара может быть неточным. Для устранения этого недостатка в системе ВЕНАВЕ разработаны компьютерные программы по адаптации типовых моделей к конкретным характеристикам участков, а также предусмотрено создание новых моделей. Возникла задача получения истинных характеристик РГМ в виде индивидуальных характеристик участков растительности через накопление необходимой информации по конкретным участкам в памяти компьютера путем использования имеющихся сведений о них, а также путем специального сбора данных в природных условиях по усовершенствованной методике (Burgan, Rothermel, 1984). Использовать для этой цели данные инвентаризации лесов в США сложно, так как они отражают, главным образом, качество и запас древесины.

Типовой метод продолжает развиваться в Канаде. Там составляют карты природной пожарной опасности для различных уровней засухи (Forestry Canada, 1992). При разработке национальной системы прогноза поведения лесных пожаров для Канады выделено 16 категорий участков растительности в качестве типовых комплексов РГМ (fuel types) (Alexander et al., 1984; Forestry Canada, 1992). Выделенные типы горючего имеют оценки запаса сгорающих при пожаре РГМ, а также скорости и интенсивности пожара при различных метеорологических условиях. Общее количество категорий участков растительности (на уровне типов биогеоценоза) очень

велико, поэтому экспериментальную пирологическую характеристику получает лишь часть из них, но при прогнозе поведения природных пожаров необходима пирологическая характеристика любых участков растительности, для чего выборочный канадский метод непригоден (Волокитина, Софронов, 2002).

В большинстве других стран используются американский и канадский подходы в классификации растительности, однако практика прогнозирования поведения ее пожаров в США и Канаде показала, что на конкретных участках типовые пирологические характеристики недостаточно точны и корректны, поэтому необходимы их индивидуальные характеристики.

Иную классификацию РГМ, основанную на местоположении растительных горючих материалов в биогеоценозе, разработали во Франции. В лесных фитоценозах выделили пять ярусов РГМ и каждый характеризовали запасом растительной биомассы в условных единицах. Максимально возможный запас одного яруса оценивался в 10 единиц. Сумма единиц по всем ярусам дает пирологическую характеристику всему фитоценозу в виде индекса биомассы; максимальное значение индекса 50 единиц. Дополнительно при характеристике указывали преобладающие виды растений в ярусах (Trabaud, 1978). Недостаток такой классификации в отсутствие действительной пирологической оценки выделяемых ярусов растительности, поскольку биомасса различных ярусов и горючий материал несопоставимы.

В России с 30-х гг. XX в. пожарная опасность в лесу оценивалась через его типы: легко-, средне-, труднозагорающиеся и негоримые. Лесные горючие материалы делили на первичные и вторичные объекты загорания. К первичным относили лесной опад, сухую отмершую траву, определенные виды живого напочвенного покрова, валеж, гнилые пни, порубочные остатки, к вторичным – надземные части леса: лишайники на ветвях и стволах, «ведьмины метлы», сухостойные деревья (Мелехов, 1936, 1947; Мелехов, Душа-Гудым, 1979). Позднее исследования природы лесных пожаров стали связывать с

погодными условиями через комплексный метеорологический показатель В. Г. Нестерова (Нестеров, 1939, 1949; Нестеров и др., 1968). В разных регионах страны началось изучение скорости пожарного созревания разных типов леса под влиянием погодных условий, в результате все типы леса распределили по пяти классам природной пожарной опасности в шкале, используемой с некоторыми изменениями и дополнениями до сих пор при противопожарном устройстве российских лесов (Указания..., 1979). До 1980 г. в процессе лесоустройства составляли мелкомасштабные схемы противопожарного устройства территории, а позже – лесопожарные карты масштаба 1:100 000. При этом давали лишь грубую интегрированную оценку природной пожарной опасности по пяти классам, не отражавшую пирологическую характеристику растительных горючих материалов. Целенаправленная разработка классификации растительных горючих материалов началась в России в начале 60-х гг. XX в. Некоторые классификации были эмпирическими, так как не имели должного теоретического обоснования (Конев, 1977; Яковлев, 1979), в других пирологический подход был необоснованно заменен «генетическим» принципом, что затрудняло их практическое использование (Шешуков, 1988), в третьих не было количественных характеристик, необходимых для картографирования РГМ (Софронов, 1970).

Разработка детальной классификации РГМ была начата и продолжается в лаборатории лесной пирологии Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН. Деление всех слоев растительных горючих материалов на группы, учитывающее не только их местоположение в биогеоценозе, но и выполняемую ими функцию при пожаре, выполнил профессор Н. П. Курбатский (1962, 1970). Он выделил 7 групп РГМ, а также разделил их на три категории: 1) проводники горения, 2) поддерживающие горение, 3) задерживающие горение.

При низовых пожарах к проводникам горения в напочвенном покрове кроме мхов, лишайников и мелких растительных остатков относится подстилка, по которой может

распространяться беспламенное горение (тление). При верховых пожарах проводником горения могут служить хвоя и листва в пологе древостоя. Чтобы выделить проводники горения при распространении пламенного горения по напочвенному покрову, их назвали основными проводниками горения (ОПГ) (Софронов, Волокитина, 1985). ОПГ – это *непрерывный слой из растительных горючих материалов на поверхности почвы*, по которому при определенных условиях может распространяться *пламенное горение*. В составе основного проводника горения обычно участвуют: 1) мелкие растительные остатки, включая сучья диаметром до 2 см, которые могут сгорать в пределах кромки пожара; 2) не сосудистые растения (мхи, лишайники), не способные регулировать свое влагосодержание; 3) сосудистые растения и их части, находящиеся в пределах слоя ОПГ, т. е. стебли трав и кустарничков (обычно нижние части), а иногда и растения целиком, если они мелкие (например, зеленые травы в слое травяной ветоши).

С целью классификации ОПГ проведены многолетние фундаментальные исследования скорости их пожарного созревания и динамики горения в разных регионах России (Беломорско-Кулойское плато, бассейн оз. Байкал, Новосибирская и Томская области, Красноярское Приангарье, Эвенкия и др.), что позволило получить их детальные, в том числе количественные, характеристики, а также выделить типы ОПГ и отразить их на картах РГМ (Волокитина, 1988; Волокитина, Софронов, 1996, 2002). При разработке классификации ОПГ и других групп РГМ, деления их на типы использовались также опубликованные результаты исследований российских пирологов в разных регионах страны в различных типах леса. Большинство этих исследований проводилось по методике Н. П. Курбатского (1954). Разработанная к настоящему времени классификация РГМ приведена в табл. 1.

В зависимости от задач, решаемых лесопожарной охраной, в Институте леса им. В. Н. Сукачева СО РАН к настоящему времени разработаны разные методы составления карт РГМ. Например, трудно предста-

Таблица 1. Классификация растительных горючих материалов (Волокитина, Софронов, 1996)

Группа РГМ (по Н. П. Курбатскому, 1962, 1970)	Подгруппа РГМ	Тип (и подтип) РГМ	Характер горения*	Вид и разно- видность по- жара**
I. Слои на почве из мхов, лишайников и мелких растительных остатков (основные проводники горения – ОПГ)	Мшистая	Лишайниковый (Лш)	Пм	Н-1
		Сухомшистый (Сх)	Пм	Н-1, Н-2
		Влажномшистый (Вл)	Пм и Тл	Н-2
		Болотно-моховой (Бм): подтип Бм ₁	Пм	Н-1
		подтип Бм ₂	Негорим	
	Опадная	Травяно-ветошный (Тв)	Пм	Н-1
		Рыхлоопадный (Рх)	Пм	Н-1, Н-2
		Плотноопадный (Пл)	Пм и Тл	Н-2
		Беспроводниковый (Бп): подтип Бп ₁	Тл	ПТ-8, 9, 11
		подтип Бп ₂	Негорим	
II. Подстилка, перегнойный и торфяной горизонты	Подстилка	Грубогумусная	Тл	Н-2, ПТ-8
		Модерная	Тл	Н-2, ПТ-8
		Муллевая	Тл	Н-2, ПТ-8
		Дернина	Тл	ПТ-9
	Торф и перегной	Перегнойный горизонт	Тл	ПТ-10,11
Торфяной горизонт	Тл	ПТ-11		
III. Травяно-кустарничковые ярусы (при покрытии 0.5 и более)	Кустарничковая	Брусничный (Бр)	Пм	Н
		Толокнянковый (Тл)	Пс	Н
		Болотно-кустарничковый (Бк) и другие типы	Пм и Пс	Н
	Травяная	Злаковый (Зл)		
		Осоковый (Ос)	Пс	Н
		Осочковый (Осч)	Пс	Н
	Разнотравный (Рт) и другие типы	Пм	Н	
		Пс	Н	
IV. Крупные древесные остатки	Сухостой и валежник	Сухостой	Об, Тл	Н
		Валежник неприземленный	Об	Н
		Валежник приземленный	Об	Н
	Порубочные остатки	Охвоенные	Пм	Н-3
Неохвоенные		Пс	Н-3	
V. Ярус из кустарников и подроста	Из хвойных пород		Пм	Н-1, 2, 4
	Лиственный		Пс и Пм	Н-1, 2, 4
VI. Хвоя, листва, несущие побеги и сухие сучья в кронах деревьев	Из хвойных пород	Кроны в молодняках и в кедровом стланике	Пм	В-6
		Кроны в темнохвойных древостоях	Пм	В-7, 6
		Кроны в светлохвойных древостоях	Пм	В-6
	Лиственные породы	Кроны в лиственных древостоях	Пс	В-6
VII. Стволы и сучья растущих деревьев		Стволы нормальные	Об	Н
		Стволы засмоленные	Пм, Об	Н-5
		Стволы дуплистые и с трухлявой гнилью	Об, Тл	Н

* Характер горения: Пм – активное пламенное, Тл – тление, Об – обгорание, Пс – пассивное сгорание.

** Виды и разновидности пожаров: Н – низовые, в том числе беглый (1), устойчивый (2), валежниковый (3), подлесно-кустарниковый (4), стволовой (5); В – верховые, в том числе вершинный (6), повальный (7); ПТ – почвенно-торфяные, в том числе подстилочный (8), дерновый (9), поверхностный (10), подземный (11).

вить себе контролирование пожаров растительности, управление ими и их тушение без крупномасштабных карт РГМ, а оптимизацию маршрутов авиапатрулирования – без среднемасштабных.

В последнее время при картографировании РГМ стали максимально использоваться и космические снимки, особенно при составлении среднемасштабных карт (Волокитина, Софронов, 2002), а также при картографировании РГМ на особо охраняемых природных территориях, где проводятся детальные полевые пирологические исследования (Peterson et al., 2013).

КРУПНОМАСШТАБНЫЕ КАРТЫ РГМ

Главным условием существования лесного пожара является распространение его по территории, которая покрыта РГМ. Их видовое разнообразие, динамика запасов и влагосодержания очень велики как в пространстве, так и во времени. Это предопределяет разнообразие возможностей и характера горения участков растительности, а также последствий пожаров.

Наличие очень большого числа вариантов в характеристике участков (по сочетанию групп и типов РГМ, условий их увлажнения, высыхания и горения, по региональным отличиям их комплексов, особенно в отношении запасов) обусловило необходимость индивидуального подхода при пирологическом описании участков с отражением своеобразия каждого из них. На практике индивидуальные характеристики каждого участка представляют собой различные сочетания типовых элементов описания, поэтому данный подход правильнее называть индивидуально-типовым (Волокитина, Софронов, 2002).

Для успешного планирования во время контролирования пожаров необходимо учитывать готовность к горению (состояние «пожарной зрелости») участков вокруг пожара, прогнозировать скорость и интенсивность горения, использовать преграды и рубежи. Это возможно только при наличии крупномасштабных карт РГМ (1:10 000–1:50 000), основой которых может служить неокрашенный план лесонасаждений (в виде лесо-

устроительных планшетов) с прилагающимся к нему пирологическим описанием таксационных выделов.

Пирологическое описание включает, прежде всего, характеристику основных проводников горения (ОПГ) на почве, причем для двух фенологических периодов: «голой весны» (осени) и «полного лета», а также характеристику других групп РГМ (подстилку, ваlejник, травы, кустарники, деревья) и условий высыхания ОПГ. Для каждого фенологического периода указывается лесопожарный класс засухи, при котором данный участок растительности достигает готовности к горению. Пирологическое описание выделов вместе со схемами (картами-основами), на которых показаны границы и номера выделов, реки, ручьи, озера и дороги, образуют информационную базу данных для быстрого (в том числе компьютерного) составления крупномасштабных карт РГМ, на основе которых при использовании метеорологической информации возможно составление карт состояния готовности к горению («пожарной зрелости») участков (выделов) любых частей территории, когда в этом возникает необходимость.

Таким образом, главным моментом в технологии составления крупномасштабных карт РГМ является пирологическое описание (т. е. пирологическая характеристика) таксационных выделов. Эту работу желательно выполнять в процессе лесоустройства, используя специальный определитель типов ОПГ (Волокитина, 1990; Волокитина, Софронов, 2002). Можно использовать и разработанную практичную технологию составления карт РГМ по имеющимся материалам лесоустройства (Волокитина и др., 1995).

Составление карт растительных горючих материалов в процессе лесоустройства. Пирологическое описание содержит характеристику всего комплекса РГМ на участке (с учетом ее сезонной динамики), а также условий их увлажнения и высыхания. Пирологическое описание прилагается к карте РГМ. На самой карте отражаются типы основных проводников горения и их сезонная динамика. С этой целью в процессе лесоустройства в карточках таксации отмечаются зашифрованные типы ОПГ при полевых описаниях и

при дешифрировании аэроснимков. В первом случае используется краткий определитель типов ОПГ, разработанный в ИЛ СО РАН, во втором – региональные дешифровочные признаки типов ОПГ (Волокитина, 1990).

Остальные группы РГМ отражаются в пирологическом описании, которое составляется на основе использования таксационного описания и содержит характеристику экспозиции и крутизны склонов, преобладающих древесных пород по ярусам, их полноты, высоты и возраста, подроста, валежа, сухостоя, типов леса. Отмечаются типы ОПГ и критические классы засухи (ККЗ), которые отражают готовность к горению данного типа проводника при типовых условиях (горизонтальная поверхность участка, древостой средней полноты (05–07) в облиственном или охвоенном состоянии).

В классификации ОПГ учитываются сезонная и погодная динамика свойств этих РГМ, а также влияние режима влажности почвы на скорость их высыхания.

Группа основных проводников горения делится на две подгруппы: «*мшистую*», которая объединяет слои с преобладанием живого горючего (мхов и лишайников), и «*опадную*», объединяющую слои с преобладанием мертвого горючего (опада хвой и листвы, усохших трав). Каждая подгруппа делится на типы.

При выделении типов основного проводника горения (типов ОПГ) используется следующий принцип. В один тип (или подтип) в пределах подгруппы объединяются такие ОПГ, которые достигают состояния готовности к горению («пожарной зрелости») в границах одного из классов засухи (КЗ), причем при типовых условиях освещения и затенения, т. е. при отсутствии уклона, средней полноте древостоя (0.5–0.7) и его облиственном состоянии. Такой класс засухи называется *критическим* (ККЗ). В случае отклонения от типовых условий изменяется и скорость пожарного созревания у типов основного проводника горения, т. е. изменяются критические классы засухи.

Класс засухи (КЗ) данного дня определяется по величине метеорологического пока-

зателя пожарной опасности (показателя В. Г. Нестерова или показателя ПВ–1 ЛенНИИЛХа): I КЗ – при величине показателя менее 300 единиц; II КЗ – от 301 до 1000; III КЗ – от 1001 до 3000; IV КЗ – от 3001 до 10 000; V КЗ – более 10 000 единиц.

Ниже приводится описание типов основных проводников горения (типов ОПГ), которое можно использовать в качестве краткого определителя.

Примечание к определителю.

1. Используемые обозначения: ККЗ – критический класс засухи (класс засухи, в границах которого достигается «пожарная зрелость» слоя ОПГ, т. е. возможность распространения пламенного горения по слою); П – продолжительность в днях бездождевого периода, после которого появляется пожарная зрелость ОПГ.

2. В карточке таксации тип ОПГ обозначается его шифром. Типы ОПГ могут терпеть изменения в течение пожароопасного сезона и переходить друг в друга, особенно в опадной подгруппе, что определяется условиями поступления и разложения растительного опада. Типы ОПГ для опадной подгруппы устанавливаются на участках отдельно для лета и отдельно для весны и осени. В карточке таксации на первом месте отмечается тип ОПГ весной (осенью) и через косую черту – тип ОПГ летом. Например: Тв/Рх, Тв/Пл, Тв/Бн₁, Рх/Пл, Рх/Рх, Пл/Пл.

Порядок определения типа основного проводника горения (типа ОПГ) в таксационном выделе при наземной таксации

Вначале нужно определить подгруппу ОПГ. Если проективное покрытие мхов и лишайников составляет 50 % и более – это «мшистая» подгруппа, если менее 50 % – «опадная».

Затем определяется тип ОПГ в подгруппе:
а) определение типа ОПГ в «мшистой» подгруппе:

Лш – лишайниковый: в покрове преобладают кустистые лишайники на любых почвах или присутствуют – на сухих. К данному типу относятся также очень сухие участки с покровом из соснового опада. ККЗ – I; П – 1–4 дня;

Сх – сухомшистый: в покрове преобладают зеленые мхи, иногда с примесью лишайников, на дренированных почвах (обычно типы леса зеленомошной группы). ККЗ – II; П – 3–9 дней;

Вл – влажномшистый: в покрове преобладают зеленые мхи (обычно с примесью сфагнома или политрихума), на слабодренированных почвах (типы леса: мшистые, аулакомниевые, влажные черничники и т. п.). В условиях южной тайги к этому типу ОПГ следует относить покров из зеленых мхов (слой до 3 см) на суглинистых дренированных почвах. ККЗ – III; П – 6–18 дней;

Бм – болотно-моховой: в покрове сфагновые мхи на заболоченных и болотных почвах или политрихумы (кукушкин лен) на любых почвах. В типе Бм выделяются два подтипа:

Бм₁ – покров из сфагновых мхов в заболоченных лесах (сфагновые типы леса) и на небольших болотах среди суходолов, а также покров из кукушкина льна (долгомошниковые типы леса). ККЗ – IV; П – 12–36 дней;

Бм₂ – покров из сфагновых мхов в крупных массивах верховых болот. Практически негорим;

б) определение типа ОПГ в «опадной» подгруппе:

Тв – травяно-ветошный: в покрове преобладают усохшие злаки или осоки, обычно весной и осенью (вейниковые, осоковые, злаковые типы леса, осоково-сфагновые болота – весной и осенью). ККЗ – I; П – 1–4 дня;

Рх – рыхлоопадный: преобладание в слое на почве: 1) опада сосны или кедра; 2) рыхлого опада из листвы березы, осины и других лиственных пород – осенью и весной; 3) усохшего разнотравья – весной и осенью; 4) «войлока» из уплотненной осоковой или злаковой ветоши – летом; 5) покрова из зимне-зеленых осочек – весной и осенью. ККЗ – II; П – 3–9 дней;

Пл – плотноопадный: преобладание в слое на почве: 1) опада из хвои ели, пихты и лиственницы; 2) уплотненного опада из листвы березы, осины и других лиственных пород – летом; 3) «войлока» из уплотненного усохшего разнотравья – летом. ККЗ – III; П – 6–18 дней;

Бп – «беспроводниковый»: 1) в покрове нет слоев ОПГ, по которым могло бы распространяться пламенное горение, или 2) запас ОПГ меньше критического, что исключает распространение пламенного горения по площади, или 3) горение не может распространяться из-за большого запаса зеленых трав, задерживающих горение. В «беспроводниковом» типе выделяются два подтипа:

Бп₁ – участки 1) с отсутствием или слишком малым запасом ОПГ, но с наличием других, не основных, проводников горения (подстилки, дернины, перегнойного горизонта почвы); 2) с развитым травостоем летом, когда запас зеленых трав превышает запас усохших трав и опада, что исключает распространение пламенного горения (иногда возможны почвенные пожары). ККЗ – V; П – 24–72 дня;

Бп₂ – участки с отсутствием (или малым запасом) любых проводников горения – пески, галечники, дороги, пашни, скалы, гольцы и т. п. Такие участки негоримы.

Указанные в определителе критические классы засухи соответствуют типовым условиям высыхания. Возможность распространения горения по слою основного проводника данного типа в те дни, когда класс засухи равен указанному критическому, является неопределенной. В дни с классом засухи меньше критического горение невозможно, а в дни с классом засухи больше критического горение на участке с данным типом ОПГ может распространяться наверняка.

На участках с наличием основных проводников *опадной* подгруппы скорость пожарного созревания может изменяться в течение сезона, причем значительно, под влиянием уплотнения и разложения мертвого покрова летом и его восстановления осенью. В соответствии с классификационным критерием этот процесс необходимо рассматривать как *превращение* одних типов ОПГ в другие и обратно. Следовательно, один и тот же участок леса весной, летом и осенью может характеризоваться различными типами ОПГ.

Итак, сущность классификации основных проводников горения – в отражении скорости их «пожарного созревания» и ее сезонной

динамики. *Практическая цель – в определении на каждом участке растительности по его внешним признакам (без специальных наблюдений) критических классов засухи, при которых данный участок достигает «пожарной зрелости» в разные периоды сезона. При определении типов ОПГ обращают внимание на два главных момента: 1) на характер мохово-лишайникового или мертвого покровов и 2) на режим увлажнения почвы.*

В «мшистой» подгруппе выделение лишайникового и болотно-мохового типов ОПГ по определителю производится довольно просто. *Сухо- и влажно-мшистый* типы ОПГ различаются, главным образом, по режиму почвенного увлажнения, дренированности. Чтобы оценить их, необходимо учесть местоположение участка на рельефе (положительные или отрицательные формы рельефа, верхняя или нижняя части склона), а также механический состав почвы (суглинистая, супесчаная, песчаная) и ее влажность. Следует обратить внимание на класс бонитета. При хорошей дренированности он обычно выше (I–III классы), при плохой – ниже (IV–V классы). В типах леса с моховым покровом почва и подстилка после схода снегового покрова сохраняют высокую влажность не менее месяца. В этот период *сухо-мшистый* тип основного проводника может становиться временно *влажно-мшистым*, а *влажно-мшистый* – болотно-моховым.

В *опадной* подгруппе определение типов ОПГ для типов леса сложнее, так как надо определять типы ОПГ для весны (точнее, для фенотипа «голая весна», когда листва в кронах деревьев еще не распустилась, а зеленая трава не отросла) и для осени, а также отдельно для лета (точнее, для «полного лета», т. е. при полном распускании и отрастании растений).

В *опадной* подгруппе, где слой ОПГ состоит из мелких растительных остатков, зачастую в течение сезона его запас, структура сложения и скорость «пожарного созревания» значительно изменяются из-за различий в скорости поступления и разложения растительных остатков. Особенно интенсивно разлагается летом, уплотняясь при этом, слой ОПГ из остатков трав, что приводит к

превращению одного типа ОПГ в другой: *травяно-ветошного* весной – в *рыхлоопадный* летом, а осенью обратно в *травяно-ветошный*; *рыхлоопадного* весной – в *плотноопадный* летом и вновь в *рыхлоопадный* осенью; *плотноопадного* весной – в *беспроводниковый* летом.

Если в составе травяного покрова насаждений преобладают злаки и осоки (исключая зимне-зеленые осочки), то тип основного проводника весной и осенью *травяно-ветошный*, летом – *рыхлоопадный*. Если значительно участие злаков и осок, то они имеют тенденцию разрастаться в изреженных насаждениях этого типа леса. Весной и осенью они характеризуются *травяно-ветошным* типом, летом – *рыхло-* или *плотноопадным*, или даже *беспроводниковым* (на богатых почвах). Необходимо заметить, что, когда запас нарастающих зеленых трав (в абсолютно сухой массе) превысит запас растительных остатков, образуется практически негоримая смесь, которую условно можно обозначить *беспроводниковым* типом (подтип Бп₁).

Осочковые типы леса с господством в покрове зимне-зеленых осочек относятся весной к *рыхлоопадному* типу, летом – к *плотноопадному*. Папоротниковые, высоко- и крупнотравные типы леса на увлажненных богатых почвах весной можно характеризовать *плотноопадным* типом, а летом – *беспроводниковым* (подтип Бп₁). Следует учитывать, что на богатых почвах, особенно с повышенной влажностью, разложение растительных остатков летом идет очень быстро, почти до полного исчезновения слоя опада, т. е. до подтипа Бп₁.

Леса, где в покрове преобладает смесь из разнотравья, мелкотравья, кустарничков, злаков и осок, обычно характеризуются весной *рыхлоопадным*, а летом – *плотноопадным* или даже *беспроводниковым* (подтип Бп₁) типом (на богатых почвах, т. е. в насаждениях I–II классов бонитета).

В высокополнотных (0.8 и более) насаждениях из вечнозеленых хвойных пород с неразвитым травяным покровом или с покровом только из кустарничков тип основного проводника горения определяется характером

древесного опада: в ельниках и пихтарниках – это *плотноопадный*, в сосняках и кедровниках – *рыхлоопадный*, причем тип основного проводника в течение сезона не изменяется. Очень важна характеристика нелесных и не покрытых лесом категорий площадей (вырубки, гари, прогалины, сенокосы, луга, болота и проч.), где сильное влияние на горение может оказывать ветер. В подтаежных, лесостепных и южно-таежных лесах на старых гарях и рубках обычно разрастаются злаки, реже – осоки, поэтому весной и осенью там будет *травяно-ветошный* тип ОПГ, а летом из-за сильного разрастания зеленых трав – даже *беспроводниковый*.

Особенно сложно давать пирологическую характеристику тем участкам, в напочвенном покрове которых сочетаются признаки различных типов основного проводника. Подобных участков много в переходной полосе между южной и средней подзонами тайги. Например, на некоторых переходных и низинных болотах моховой покров зачастую

сочетается с развитым травяным ярусом из осок и злаков (вейник Лангсдорфа). При достаточном запасе, а главное – при равномерном распределении осок и злаков (после их высыхания) они могут служить проводником горения. Такие участки осенью и весной надо относить к *травяно-ветошному* типу, а летом – к *болотно-моховому*. На тех болотах, которые не заливают внешние воды, мощный слой осоковой ветоши может сохраняться в течение всего лета. Его характеристика из-за примеси зеленых трав близка к *рыхлоопадному* типу основного проводника.

Если на участке с развитым нанорельефом встречаются два разных типа основного проводника, то указывается фоновый тип, который определяет возможность распространения горения по площади. Примером служат грядово-мочажинные болота: на грядах могут быть зеленые мхи и лишайники, а в мочажинах – сфагнумы. Если гряды представляют собой изолированные островки среди мочажин, то ОПГ характеризуется *болотно-*

Таблица 2. Оценка критических классов засухи для участков растительности (Волокитина и др., 2005)

Подгруппа ОПГ		Преобладающие древесные породы				Безлесные участки (при отсутствии густого яруса кустарников)
«мшистая»	«опадная»	С, Е, К, Лц, Б, Ос, Пх в облиственном состоянии		Лц, Б, Ос без листвы (хвой)		
Типы и подтипы основных проводников горения		Относительная полнота древостоя (включая второй ярус)				
		0.8 и более	0.5 – 0.7*	0.4 и менее **	любая	
Критические классы засухи						
Лш	Тв	II	I	I	I	I
Сх	Рх	III	II	I	I	I
Вл	Пл	IV	III	III	III	III
Бм ₁	Бп ₁	V	IV (Бп ₁ -V)	IV (Бп ₁ -V)	IV (Бп ₁ -V)	IV (Бп ₁ -V)
Бм ₂	Бп ₂					

Примечание. Относительная полнота для лиственничников зоны северных редколесий: * – 0.6 и более; ** – 0.5 и менее.

Таблица 3. Влияние крутизны и экспозиции склонов на скорость «пожарного созревания» участков растительности (для районов 50–60° с. ш.) (Софронов, Волокитина, 1990)

Период	До 30.IV и после 1.IX			С 1.V по 31.VIII
	С и СВ		Ю и ЮЗ	
Экспозиция	С и СВ		Ю и ЮЗ	С и СВ
Крутизна, град.	20–30	Более 30	Более 25	Более 30
Пожарное созревание	Позже на один класс засухи	Позже на два класса засухи	Раньше на один класс засухи	Позже на один класс засухи

моховым типом (подтип B_{M2}), а если они соединяются между собой и по ним может распространяться горение, то тип ОПГ определяется характером покрова на самих грядках.

О характере других групп РГМ и их запасах можно судить по обычному таксационному описанию выделов, в котором указываются: состав и полнота ярусов древостоя, средние высоты и диаметры, а также запасы по элементам леса, в том числе запас сухостоя, характеристика подроста (состав, высота, густота) и подлеска, живой напочвенный покров (в виде названия типа леса).

Об условиях высыхания ОПГ можно судить по составу и полноте древостоя, крутизне склона и его экспозиции, которые имеются в таксационном описании. Нередко условия высыхания РГМ в выделах отличаются от типовых, тогда и критические классы засухи в этих выделах будут отличаться от типичных, указанных в определителе. Поэтому для оценки очень важной пирологической величины, а именно критических классов засухи для весны и для лета в каждом выделе, следует воспользоваться специальными таблицами (табл. 2 и 3).

Главным фактором высыхания РГМ является солнечная радиация. Ее поступление под полог зависит от сомкнутости насаждений, которая, в свою очередь, связана с относительной полнотой. В тех случаях, когда насаждение двухъярусное, необходимо учитывать *обобщенную полноту*, отражающую условия проникновения солнечной радиации через оба яруса (Софронов, Волокитина, 1985).

Дешифрирование типов ОПГ на аэро- снимках. Необходимость дешифрирования типов основных проводников горения возникает при характеристике тех таксационных выделов, которые таксатор не посещает.

Можно использовать косвенный метод дешифрирования типов ОПГ – через типы леса, т. е. вначале по известной методике дешифрировать типы леса, а затем по их описаниям определять типы ОПГ и прогнозировать их динамику. Но в связи со значительной разнородностью участков, относимых на практике к одному типу леса, а также из-за погрешностей в дешифрировании ти-

пов леса такой метод косвенного дешифрирования является грубым.

Для прямого дешифрирования необходима разработка системы дешифровочных признаков, по которым определяются типы ОПГ на снимках в данном районе. Дешифрирование на аэрофотоснимках типов ОПГ как закрытых пологом леса объектов можно производить только методом ландшафтной индикации.

Материал для составления регионального определителя по дешифрированию типов ОПГ собирается во время тренировочной таксации. В число дешифровочных признаков следует включать: местоположение на рельефе, преобладающие древесные породы или характер нелесной растительности, полноту или сомкнутость древостоя, его бонитет и возраст. Все это делается с целью выявления условий увлажнения и плодородия почвы и условий освещенности, которые определяют типы ОПГ (в пределах каждого района). Следовательно, достаточно точное определение типов ОПГ по перечисленным признакам возможно лишь при знании местных условий.

Основные проводники горения чаще всего закрыты сверху пологом леса. Кроме того, ОПГ опадной подгруппы претерпевают еще и значительные сезонные изменения, различные в разных условиях. Поэтому дешифрирование типов ОПГ на снимках лучше проводить путем выделения и дешифрирования *пирологических категорий* участков. Методы их дешифрирования аналогичны дешифрированию типов леса.

В результате анализа данных полевых пирологических исследований и имеющихся аэрофотоснимков для территории Красноярского Приангарья выделено 12 пирологических категорий участков, отличающихся по типам ОПГ, по их сезонной динамике и самому характеру биогеоценозов. В табл. 4 приведены диагностические признаки типов ОПГ для периодов, когда выполняется большая часть таксационных работ при лесоустройстве (Волокитина, 1990).

Пирологические наблюдения во время полевых работ. Прежде всего необходима

Таблица 4. Пирологические категории участков и их характеристика (для условий Красноярского Приангарья)

Пирологическая категория участков	Место-положение	Древостой	Режим увлажнения	Живой и мертвый напочвенный покров	Типы ОПГ летом и весной (осенью)
1. Сухие сосняки с лишайниковым покровом	Повышенное	Сосна, иногда с березой	Недостаточное сухое	Покров из лишайников (покрытие 0.6–0.8)	Лш – Лш
2. Сосняки, обычно без примеси темнохвойных, с зеленомошным покрытием	>>	Сосна, иногда с березой, осиной и лиственницей	Недостаточное и нормальное	Наличие покрова из зеленых (блестящих) мхов, иногда с примесью лишайников	Сх – Сх
3. Сосняки с примесью и подростом темнохвойных пород и с зеленомошным покровом	Ровное и повышенное	Сосна с примесью темнохвойных и березы	Нормальное	Наличие покрова из зеленых мхов	Вл – Вл
4. Сосняки (обычно пройденные пожарами) без мохово-лишайникового покрова	Повышенное	Сосна, иногда с березой и осиной	Недостаточное и нормальное	Отсутствие покрова из мхов и лишайников	Рх – Рх
5. Темнохвойные, березовые и смешанные насаждения с покровом из зеленых мхов	Ровное	Темнохвойные, а также березняки с темнохвойными	Нормальное, реже повышенное	Наличие покрова из зеленых мхов	Вл – Вл
6. Лиственные и смешанные насаждения с покровом из осочки и злаков, с наличием дернины	Повышенное	Лиственные, иногда с темнохвойными	Нормальное	Наличие покрова с преобладанием осочки и злаков, создающих дернину	Рх – Пл
7. Березняки разнотравные с пятнами осочки и с отсутствием опада летом	Ровное	Березняки, иногда с темнохвойными	Нормальное	Покров из разнотравья с пятнами осочки; опад превратился в верхний слой подстилки	Рх – Бп ₁
8. Березняки с редким покровом из разнотравья и с отсутствием опада летом	>>	Березняки с примесью осины и темнохвойных	>>	Слаборазвитый покров из разнотравья; опад превратился в верхний слой подстилки	Пл – Бп ₁
9. Осинники с отсутствием опада летом	>>	Осинники, иногда с березой и темнохвойными	>>	Покров из мелко- и разнотравья, негустой; опад превратился в верхний слой подстилки	Пл – Бп ₁
10. Кочкарные лощины	Лощины	Редкостойные и редины, кроме сосны	Избыточное	Кочки с осокой или злаками	Тв – Бп ₁
11. Вейниковые и осочково-вейниковые вырубки, недорубы, молдняки	Повышенное и ровное	Вырубки, негустые молдняки и редины	Нормальное и недостаточное	Сплошной покров из злаков или осок	Тв – Рх
12. Недавние гари и пройденные пожаром насаждения с травяным покровом и недостатком опада	>>	Изреженные пожаром насаждения	>>	Разнотравные с преобладанием злаков и осок; летом – отсутствием или малый запас опада	Тв – Бп ₁

проверка точности определения типов ОПГ с помощью *пробных зажиганий* покрова, поскольку главный критерий для типов ОПГ – приуроченность их пожарного созревания к определенным классам засухи. Вначале на участке устанавливают тип ОПГ по определителю, а затем оценивают возможность его горения в данный день. Для этого сравнивают критический класс засухи, установленный для участка по табл. 1 и 2, с классом засухи текущего дня. Если класс засухи в данный день меньше указанного критического, то распространение горения по слою ОПГ невозможно, если больше, то горение должно распространяться, а если равен критическому – возможность горения неопределенная.

Класс засухи текущего дня в тех случаях, когда величина метеорологического показателя пожарной опасности, по которой он определяется, неизвестна, можно установить приблизительно, по соответствующей величине бездождевого периода (в днях), указанной в определителе.

Затем делается пробное зажигание. Для этого в выбранной точке слегка раздвигают мох или опад и в углубление вставляют пучок из трех–четырёх горящих спичек. Оценивается возможность загорания слоя ОПГ и распространения горения по нему (обычно на площади в 0.3–0.5 м²). После чего пробное зажигание тщательно ликвидируется. Результат сравнивают с теоретическим предсказанием и делают соответствующие выводы о правильности определения типа ОПГ.

Необходимо также измерение *запасов основных проводников горения (слоя мхов, лишайников, опада) и подстилки*. Определить их в каждом выделе невозможно, поэтому желательно установить примерные запасы по каждому типу ОПГ в данном районе, объединить эти данные в таблице и при необходимости ею пользоваться.

О запасах ОПГ и подстилки можно судить по толщине слоев с учетом их плотности. Поэтому на пробных площадях или профилях в отдельных точках с типичным мохово-лишайниковым покровом или опадом необходимо произвести измерения толщины слоев. Точки – это площадки по 0.5 м².

Следует особо остановиться на пирологическом значении и роли *запаса РГМ*. В настоящее время вся пирологическая характеристика участков растительности сводится, как правило, к оценке запасов РГМ, причем нередко их суммируют. Подобная характеристика подходит для костра, в котором рано или поздно сгорает и выделяет тепло вся органика, попавшая в него. Но лесной пожар, пожар растительности – это не костер. При пожаре горение перемещается по площади. В структуре пожара выделяется внешняя полоса – кромка, где и происходит основное горение, обычно пламенное. Позади кромки имеется сплошная зона тления различной ширины (особенно при устойчивых низовых пожарах), за ней – пожарище, т. е. пройденная огнем площадь, на которой бывают отдельные очаги горения (валежины, муравьиные кучи, дуплистые деревья и т. п.).

На самой кромке пожара сгорает только та часть слоя мохово-лишайникового покрова или опада, которая в момент пожара имеет влажесодержание меньше критической величины (обычно меньше 25 %). В пламени этого основного проводника сгорают кустарнички и травы. В пределах пламенной кромки успевают сгорать опавшие сухие сучья и ветви диаметром до 2.5 см. При интенсивном горении могут сгорать хвоя и листва (вместе с побегами) на кустарниках и подросте. Сила (интенсивность) пожара определяется по высоте пламени на фронтальной кромке. Поэтому важнейшей пирологической характеристикой является не просто запас любых РГМ, а только тех, которые могут сгорать в пределах пламенной кромки. Запас этот в силу гигроскопичности РГМ первой группы все время изменяется под влиянием факторов высыхания и увлажнения. Необходимо учитывать, что сведения о запасах РГМ без учета условий и закономерностей их высыхания и увлажнения могут создавать ложное представление о природной пожарной опасности участков растительности.

Примером карт РГМ, составленных в процессе лесоустройства, являются карты на заповедник «Столбы» (Редькин, Волокитина, 2010).

Возможно составление крупномасштабных карт РГМ и по имеющимся материалам лесоустройства. Определение типа основного проводника горения при этом выполняется на основе тщательного анализа описаний всех типов леса, представленных в «Схеме типов леса» для данного региона. Данный метод использован при составлении карт РГМ для весеннего (осеннего) и летнего периодов сезона на всю территорию Чунского лесничества (около 1 млн га) (Волокитина и др., 2010).

Использование крупномасштабных карт РГМ. Крупномасштабные карты РГМ обычно требуются на отдельные участки территории, где возникают и действуют лесные пожары, с целью прогнозирования их поведения и последствий. Оперативное составление карт РГМ на такие участки возможно при использовании заранее сформированной компьютерной базы данных в виде пирологического описания и неокрашенных планов лесонасаждений (планшетов) (Волокитина, Софронов, 2002).

Карту РГМ можно превратить в карту текущего состояния «пожарной зрелости» участков (выделов), отмечая их готовность к горению (рис. 1).

Для оценки готовности к горению («пожарной зрелости») необходимо сравнивать критический класс засухи (ККЗ) каждого выдела с классом засухи (КЗ) текущего дня. Он определяется по величине метеорологического показателя пожарной опасности В. Г. Нестерова или ПВ-1 ЛенНИИЛХа текущего дня. Показатель можно получить в оперативном авиаотделении, которое обслуживает данное лесничество (лесхоз), или на ближайшей метеостанции. Все выделы по состоянию их «пожарной зрелости» делятся на три категории: 1) выдел готов к горению, если сегодняшний класс засухи больше критического класса засухи, указанного в пирологическом описании выдела; 2) выдел не готов к горению (не достиг «пожарной зрелости»), если класс засухи сегодняшнего дня меньше критического класса засухи, указанного в пирологическом описании выдела;

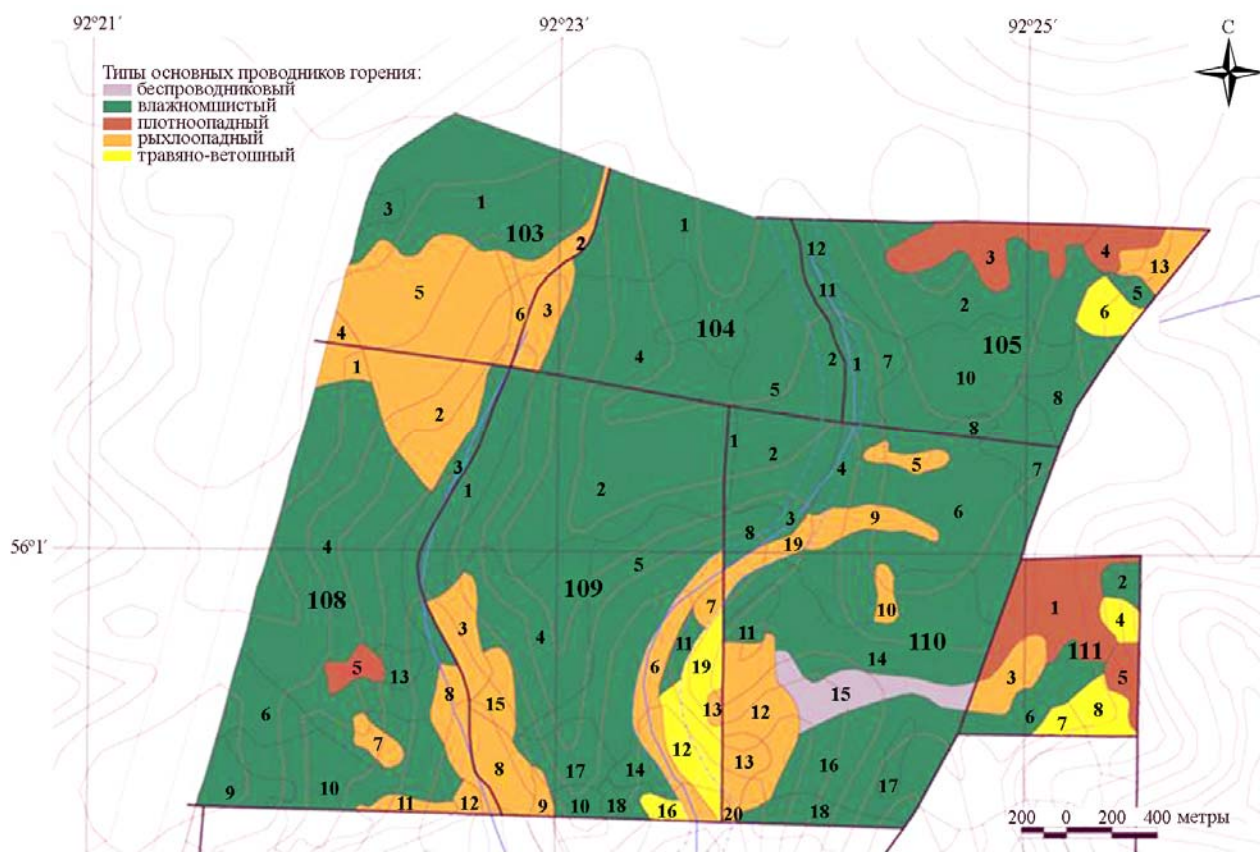


Рис. 1. Фрагмент карты растительных горючих материалов (весенний период).

3) готовность выдела к горению является неопределенной, если сегодняшний класс засухи равен по величине критическому классу засухи, указанному в пирологическом описании выдела.

Выделы раскрашиваются или заштриховываются по трем указанным выше градици-

ям (например, готовые к горению – красным тоном или вертикальной штриховкой, не готовые к горению – зеленым тоном или горизонтальной штриховкой, участки с неопределенной готовностью к горению – желтым тоном или оставляются без штриховки (рис. 2 и 3).

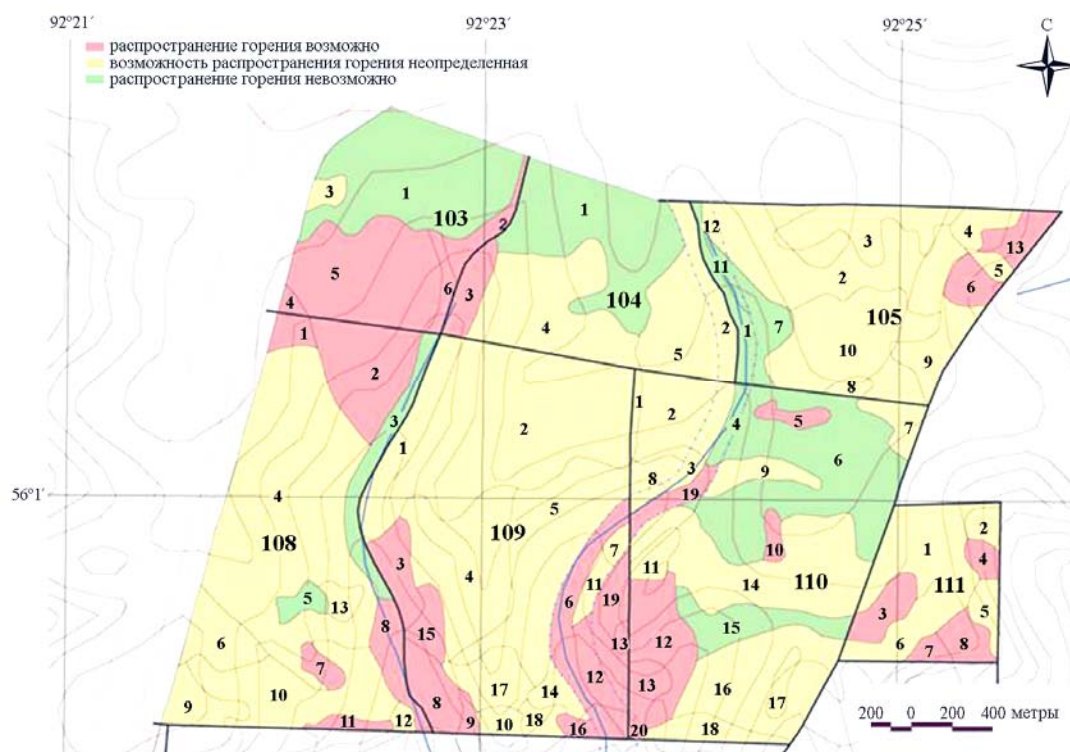


Рис. 2. Фрагмент карты «пожарной зрелости» при II классе засухи (весенний период).

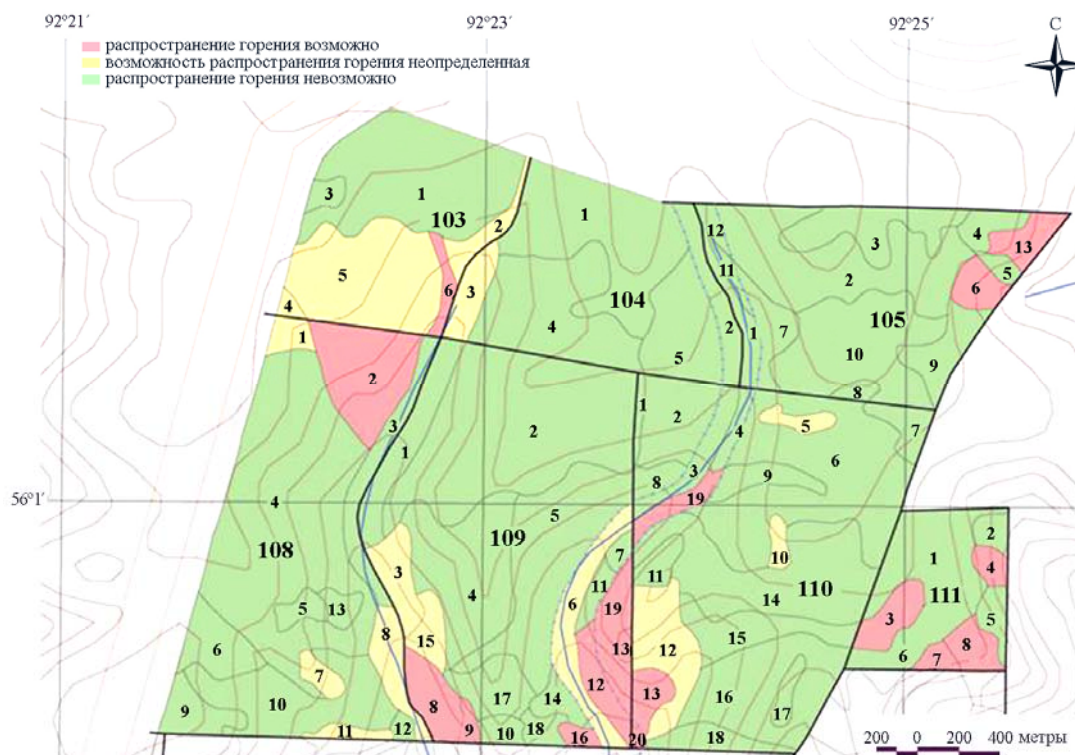


Рис. 3. Фрагмент карты «пожарной зрелости» при III классе засухи (весенний период).

При неопределенной готовности выделов к горению возможна проверка состояния их «пожарной зрелости» двумя способами: 1) по аналогии – если подобные выделы, судя по абрису пожара, горят, то будет гореть и данный; 2) непосредственно во время тушения пожара (при необходимости – путем пробных зажиганий).

Если в период тушения пожара изменяется класс засухи, то пожарное созревание выделов определяется заново и составляется новая карта «пожарной зрелости».

СРЕДНЕМАСШТАБНЫЕ КАРТЫ РГМ

Среднемасштабные карты РГМ (1:500 000–1:1 000 000) отражают усредненную (в разрезе крупных выделов) пирологическую оценку характера растительного покрова в сочетании с рельефом, гидрологической сетью и проч. Такая оценка является очень важным компонентом *природной пожарной опасности* (т. е. пожарной опасности, зависящей от *природы объекта*). Другой важный компонент – вероятность появления источников загорания в пределах этих крупных выделов за многолетний период (например, ревизионный) (Волокитина, 1996; Volokitina, 1996).

Для составления среднемасштабных карт РГМ разработаны *два варианта* методики (Волокитина, Софронов, 2002). *Первый* назван *автономным* (самостоятельным). Он заключается в использовании космоснимков для выделения природно-территориальных комплексов (ПТК) по видимой на снимках *морфоструктуре* растительного покрова, характеру рельефа и гидрологической сети. Причем вначале следует выделять ПТК с четкими природными границами. Затем выполняется классификация ПТК – они группируются в категории-аналоги (в пределах природных районов). После чего делаются предварительное дешифрирование контуров (составление *прекарты*) и подбор ключевых участков. Летом проводятся полевые исследования (работа на ключевых участках с использованием аэрофотоснимков, полезен аэровизуальный осмотр). Камеральные работы включают уточнение прекарты и составле-

ние карты. Такая методика требует больших финансовых затрат.

Более дешевым является *второй* вариант методики, названный *сопряженным*, в котором в качестве контуров (выделов) карты РГМ используются готовые контуры выделов выбранной карты-основы (ландшафтной, лесотипологической, лесного фонда, геоботанической и др.) Этим контурам дается пирологическая характеристика (прежде всего по типам ОПГ) с помощью анализа легенды карты-основы (и других карт) на данный район, а также используется лесоустраивательная и вся имеющаяся информация об РГМ данного района. При недостатке информации проводятся необходимые полевые исследования.

Топоосновой карты РГМ должна служить топографическая карта того же масштаба, что и карта-основа. На карту РГМ обязательно наносятся гидрографическая сеть и дороги. Для горных территорий необходимо отображение на карте рельефа. Можно перенести горизонталы с топоосновы или изобразить штриховыми знаками хребты, водоразделы, лоцины, крутые склоны и т. п. Оптимально все эти работы выполнять в ГИС.

В контурах с помощью раскраски следует обозначить фоновые типы ОПГ, характерные для самого пожароопасного периода в данном районе. Наиболее предпочтительные цвета для типов ОПГ: Лш – красный, Сх – светло-зеленый, Вл – темно-зеленый, Бм – синий, Тв – желтый, Рх – оранжевый, Пл – коричневый, Бп – серый; тон окраски бледный. Если в другие периоды сезона менее пожароопасные ОПГ изменяют свой тип, то эти типы показывают в контурах с помощью сплошной редкой штриховки контуров, например: Тв – вертикальная штриховая, Рх – вертикальная сплошная, Пл – косая, Бп – горизонтальная сплошная, Бм – горизонтальная штриховая. Но самым рациональным было бы составление отдельных карт РГМ для каждого периода сезона.

Не фоновые, но широко распространенные в данном ПТК типы ОПГ обозначают условными знаками. Типовыми условными знаками указывают преобладающие древесные породы, заросли кедрового стланика, ерника и т. п. Все реки и озера изображаются ярко-голубым цветом.

С использованием сопряженного варианта методики составлены карты РГМ на северную часть бассейна оз. Байкал (М 1:1 000 000) (рис. 4) и на Ангаро-Енисейский регион (М 1:500 000) на трапеции сО–45 по О–48 (в пределах Красноярского края).

Для Ангаро-Енисейского региона картой-основой служила карта лесного фонда в масштабе 1:500 000 (авторский макет), выполненная в Красноярском филиале Госцентра «Природа». Дополнительно использовались: 1) сопряженная с картой лесного фонда лесотипологическая карта (авторский макет, составленный сотрудниками ИЛ СО РАН); 2) карта «Растительность юга Восточной Сибири» (1972); 3) карта «Ландшафты юга Восточной Сибири» (1977); 4) топографические карты масштаба 1:1 000 000–1:25 000; 5) материалы дистанционной съемки (фотосхемы и фотопланы в масштабе 1:1 000 000, черно-белые космические снимки масштаба 1:1 000 000, спектрзональные космические снимки масштаба 1:200 000); 6) результаты

пирологических исследований; 7) опубликованные сведения о лесорастительном районировании картографируемой территории и растительных сообществах.

Использование среднемасштабных карт РГМ. На рис. 5 приведена карта текущей пожарной опасности, составленная на основе карты РГМ на трапецию О–47 (масштаб 1:500 000).

Среднемасштабные карты РГМ отражают усредненную пирологическую характеристику растительности в разрезе крупных выделов (ПТК) площадью в сотни гектаров, поэтому могут использоваться при составлении генеральных схем противопожарного устройства лесов крупных районов, областей, краев и республик, при планировании освоения новых районов и размещении различных хозяйственных объектов, а также при прогнозных экологических экспертизах, связанных с лесными пожарами.

Мониторинг пожарной опасности лесов на основе среднемасштабных карт РГМ необходим для оптимизации маршрутов авиапатру-

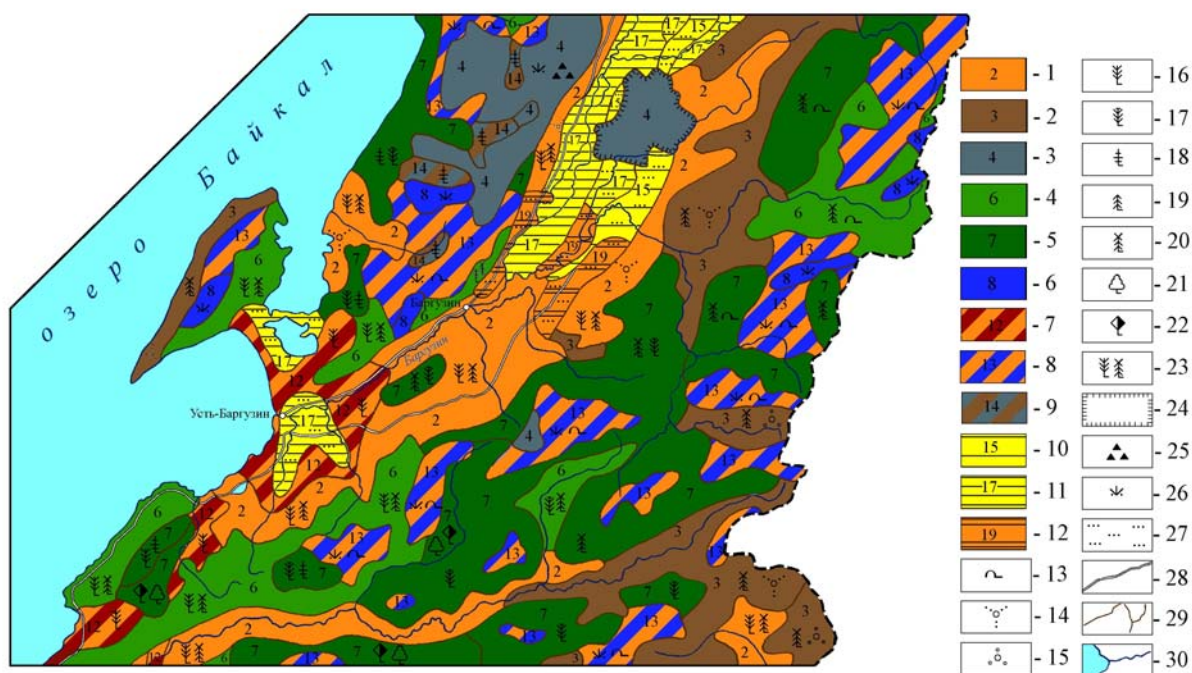


Рис. 4. Фрагмент карты РГМ на бассейн оз. Байкал (масштаб 1: 1 000 000). *Типы основных проводников горения (типы ОПГ):* 1 – рыхлоопадный, 2 – плотноопадный, 3 – беспроводниковый, 4 – сухомшистый, 5 – влажномшистый, 6 – болотно-моховой. *Сочетания типов ОПГ:* 7 – рыхлоопадный и лишайниковый, 8 – рыхлоопадный и болотно-моховой, 9 – плотноопадный и беспроводниковый. *Сезонная динамика типов ОПГ (весна/лето):* 10 – травяно-ветошный/рыхлоопадный, 11 – травяно-ветошный/беспроводниковый, 12 – рыхлоопадный/плотноопадный. *Кустарники:* 13 – кедровый стланик, 14 – рододендрон, 15 – ерник. *Древесный полог:* 16 – сосновый, 17 – кедровый, 18 – лиственничный, 19 – еловый, 20 – пихтовый, 21 – березовый, 22 – осиновый, 23 – пологи смешанных древостоев. *Не покрытые лесом территории:* 24 – пашни, 25 – гольцы, 26 – тундры, 27 – степи. *Прочие условные обозначения:* 28 – дороги, 29 – границы выделов, 30 – реки, озера.

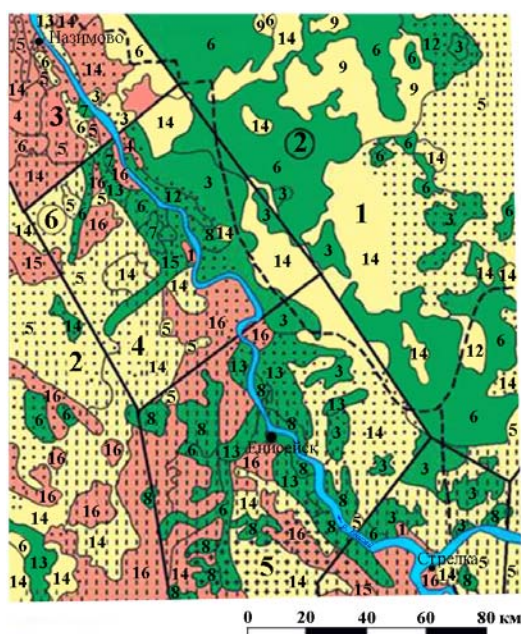


Рис. 5. Карта пожарной опасности при III классе засухи (летний период).

Условные обозначения

Вероятность появления источников загорания (по многолетним данным):

- | | |
|----------------|-----------------|
| □ низкая | ⋮⋮⋮⋮ повышенная |
| ⋮⋮⋮⋮ умеренная | ⋮⋮⋮⋮ высокая |

- | | |
|--------------------------------------|-----------------------------------|
| Состояние пожарной зрелости выделов: | Авиаотделения (номера в кружках): |
| ■ негоримые | 2 - Северо-Енисейское |
| ■ пожарно-дозревающие | 6 - Енисейское |
| ■ горимые | |

- границы метеовыделов
- границы авиаотделений
- 5 номера метеовыделов

4/16 Категории участков растительности с карты РГМ (типы основных проводников горения, в т.ч. - фоновый/дополнительный; весной-летом):

- | | |
|---------------------------------|-------------------------------------|
| 1 - травяно-ветошный | 12 - влажно-мшистый/лишайниковый |
| 2 - рыхлоопадный | 13 - влажномшистый/травяно-ветошный |
| 3 - плотноопадный | 14 - рыхлоопадный - плотноопадный |
| 4 - лишайниковый | 15 - травяно-ветошный-плотноопадный |
| 5 - сухомшистый | 16 - травяно-ветошный-рыхлоопадный |
| 6 - влажномшистый | |
| 7 - болотно-моховой | |
| 8 - беспроводниковый | |
| 9 - рыхлоопадный/влажно-мшистый | |

лирования, для управления катастрофическими пожарами. При этом карта РГМ должна сочетаться с картой частоты пожаров, а также с характеристикой погодных условий и их прогнозом в различных частях территории (Софронов и др., 2005).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мировой опыт убеждает, что решение проблемы пожаров растительности (включая лесные пожары) за счет совершенствования и увеличения технической мощи нереально. Поэтому наметился другой путь – через развитие и совершенствование прогноза поведения и последствий пожаров на основе карт РГМ. С его помощью можно выявлять потенциально опасные пожары из числа возникающих и целенаправленно тушить их на ранних стадиях малыми силами. Так же возможно выявлять те пожары, которые не смогут нанести ощутимого ущерба или будут даже полезными для лесного хозяйства, что позволит не отвлекать на них силы и средства. И, наконец, прогноз поведения крупных и катастрофических пожаров может служить основой для разработки планов мероприятий по их эффективному контролированию. При выборе оптимальных сроков для проведения целевых палов необходимо прогнозировать распространение и интенсивность горения и его последствия при различных метеорологических условиях.

Системы прогнозирования поведения природных пожаров существуют и развиваются в США (система ВЕНАВЕ) и в Канаде (система FBP). В России такой системы пока нет, но она разрабатывается в Институте леса им. В. Н. Сукачева СО РАН на основе фундаментальных разработок классификации растительных горючих материалов и методов их картографирования (Волокитина и др., 2010).

В настоящее время благодаря развитию компьютерной техники и ГИС имеется возможность оперативно делать сложные прогнозы поведения пожаров, но только при наличии соответствующей информационной базы. Важнейшую часть этой базы составляют крупномасштабные карты растительных горючих материалов (карты РГМ), содержащие информацию о пирологических характеристиках участков растительности как объектов горения и как объектов воздействия горения.

В Институте леса им. В. Н. Сукачева СО РАН разработаны метод и относительно де-

шевая технология составления карт РГМ по материалам лесоустройства и в процессе лесоустройства, созданы компьютерные программы прогноза поведения пожаров растительности в системе ГИС (Волокитина и др., 2010). Качественное составление карт РГМ – не простое дело, поскольку требуется адаптация разработанной технологии к условиям каждого района.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Волокитина А. В.* Методические рекомендации по составлению оперативных карт лесных горючих материалов в Красноярском Приангарье. Красноярск: ИЛИД им. В. Н. Сукачева СО РАН, 1988. 12 с.
- Волокитина А. В.* Принципы разработки определителя типов основных проводников горения (на примере Красноярского Приангарья). М.: ВИНТИ. № 5352–В90. 1990. 31 с.
- Волокитина А. В.* Среднемасштабные карты растительных горючих материалов (на примере бассейна оз. Байкал и Приангарья) // Экологическое картографирование Сибири. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1996. С. 170–180.
- Волокитина А. В., Софронов М. А.* Классификация растительных горючих материалов // Лесоведение. 1996. № 3. С. 38–44.
- Волокитина А. В., Софронов М. А.* Классификация и картографирование растительных горючих материалов. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. 314 с.
- Волокитина А. В., Климушин Б. Л., Софронов М. А.* Технология составления крупномасштабных карт растительных горючих материалов. Практические рекомендации. Красноярск: Ин-т леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, 1995. 47 с.
- Волокитина А. В., Софронов М. А., Софронова Т. М.* Прогноз поведения низовых пожаров на основе карт растительных горючих материалов. Учеб. пособ. Красноярск: СибГТУ, 2005. 94 с.
- Волокитина А. В., Софронов М. А., Корец М. А., Софронова Т. М., Михайлова И. А.* Прогноз поведения лесных пожаров. Красноярск: Ин-т леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, 2010. 211 с.
- Конев Э. В.* Физические основы горения растительных материалов. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1977. 239 с.
- Курбатский Н. П.* Методические указания для опытной разработки местных шкал пожарной опасности. Л.: ЦНИИЛХ, 1954. 33 с.
- Курбатский Н. П.* Техника и тактика тушения лесных пожаров. М.: Гослесбумиздат, 1962. 154 с.
- Курбатский Н. П.* Исследование количества и свойств лесных горючих материалов // Вопросы лесной пирологии. Красноярск: ИЛИД им. В. Н. Сукачева СО АН СССР, 1970. С. 5–58.
- Ландшафты юга Восточной Сибири (Карта М 1:1 500 000) / Михеев В. С., Ряшин В. А. М.: ГУГК, 1977. 4 л.
- Мелехов И. С.* Лесные пожары и борьба с ними. М.: Гослестехиздат, 1936. 100 с.
- Мелехов И. С.* Природа леса и лесные пожары. Архангельск: ОГИЗ, 1947. 60 с.
- Мелехов И. С., Душа-Гудым С. И.* Лесная пирология. М.: МЛТИ, 1979. Вып. 2. 80 с.
- Нестеров В. Г.* Природа лесных пожаров в сосняках-брусничниках и сосняках-черничниках // Тр. ВНИИЛХ. 1939. Вып. 9. С. 5–21.
- Нестеров В. Г.* Горимость леса и методы ее определения. М.: Гослесбумиздат, 1949. 76 с.
- Нестеров В. Г., Гриценко М. В., Шабунина Т. А.* Использование температуры точки росы при расчете показателя горимости леса // Метеорология и гидрология. 1968. № 9. С. 102–105.
- Растительность юга Восточной Сибири (Карта. М 1:500 000). М.: ГУГК, 1972. 4 л.
- Редькин А. Ю., Волокитина А. В.* Составление карт растительных горючих материалов при лесоустройстве заповедников // Вестн. КрасГАУ. 2010. № 3. С. 139–144.
- Софронов М. А.* Об условиях высыхания лесных горючих материалов под пологом древостоев // Вопросы лесной пирологии. Красноярск: ИЛИД им. В. Н. Сукачева СО АН СССР, 1970. С. 9–104.
- Софронов М. А., Волокитина А. В.* Типы основных проводников горения при низо-

- вых пожарах // Изв. вузов. Лесн. журн. 1985. № 5. С. 12–17.
- Софронов М. А., Волокитина А. В.* Пирологическое районирование в таежной зоне. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1990. 204 с.
- Софронов М. А., Волокитина А. В.* О «линейном» методе описаний и измерений при изучении лесной растительности // Изв. вузов. Лесн. журн. 2000. № 3. С. 52–57.
- Софронов М. А., Гольдаммер И. Г., Волокитина А. В., Софронова Т. М.* Пожарная опасность в природных условиях. Красноярск: Ин-т леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, 2005. 330 с.
- Указания по проектированию противопожарных мероприятий в лесах СССР. М.: Союзгипролесхоз, 1979. 206 с.
- Шешуков М. А.* Биоэкологические и зонально-географические основы охраны лесов от пожаров на Дальнем Востоке: Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.03.03. Красноярск: ИЛИД им. В. Н. Сукачева СО АН СССР, 1988. 46 с.
- Яковлев А. П.* Пожароопасность сосновых и лиственничных лесов // Лесные пожары в Якутии и их влияние на природу леса. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1979. С. 195–213.
- Alexander M. E., Lawson B. D., Stocks B. G., Van Wagner C. E.* User guide to the Canadian forest fire behaviour prediction system: rate of spread relationships. Canad. For. Serv. Fire Danger Group. 1984. 73 p.
- Anderson H. E.* Aids to determine fuel models for estimating fire behaviour. Ogden. Gen. Techn. Rep. INT-122, 1982. 22 p.
- Andrews P. L., Bevins C. D., Seli R. C.* Behave plus fire modeling system. Version 4.0: User Guide. Mountain Res. St. 2008. 116 p.
- Arroyo L. A., Pascual C., Manzanera J. A.* Fire models and methods to map fuel types: the role of remote sensing // For. Ecol. Manag. 2008. V. 256. P. 1239–1252.
- Burgan R. E., Rothermel R. C.* Behave: fire behaviour prediction and fuel modeling system – fuel subsystem. USDA For. Serv. Gen. Techn. Rep. INT-167, 1984. 126 p.
- Bruce D.* Fuel weights on the Osceola National Forest // Fire Control Notes. 1951. N. 12(3). P. 20–23.
- Davis K. P., Byram G. M., Krumm W. R.* Forest fire: control and use. N.Y., Toronto, London, 1959. 584 p.
- Fons W. L., Bruce H. D., Pong W. Y.* A steady-state technique for studying the properties of tree-burning wood fires in the use of models in fire research. Nat. Res. Council Pub. 786. 1959. P. 219–234.
- Forestry Canada. Development and structure of the Canadian forest fire behavior prediction system. Inf. Rep. ST-X-3. Ottawa, 1992. 63 p.
- Hornby L. G.* Fuel type mapping in region one // J. For. 1935. V. 33. P. 67–72.
- Muraro S. J.* Fuel classification: a review of the literature and discussion of principles // Proc. Second Federal Fire Res. Conf. Victoria, B.C., Canada. 1965. 23 p.
- Peterson S. H., Franklin J., Roberts D. A., Van Wagendonk J. W.* Mapping fuels in Yosemite National Park // Can. J. For. Res. 2013. N. 43. P. 7–117.
- Rothermel R. C.* A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels. Ogden: USDA, For. Serv. Res. Paper. INT-115. Inter-Mountain For. and Range Experiment St. 1972. 40 p.
- Rothermel R. C.* How to predict the spread and intensity of forest and range fires. Ogden: USDA, For. Serv. Inter-Mountain For. and Range Experiment St. UT 84401. Gen. Techn. Rep. INT-143. 1983. 161 p.
- Trabaud L.* Fuel mapping helps forest fire-fighting in Southern France // Fire Manag. Notes. 1978. N. 1. P. 14–17.
- Volokitina A. V.* Forest fuel maps In Fire in Ecosystems of Boreal Eurasia / J. G. Goldammer and V. V. Furyaev Eds. Dordrecht, Boston, London, 1996. P. 239–252.
- Winkworth A. V.* Analysis of a fuel type classification questionnaire. Ottawa: Can. Dept. Forestry, For. Res. Br. Mimeo 61. 1961. 14 p.

Vegetation Fuel Mapping

A. V. Volokitina¹, T. M. Sofronova²

¹ V. N. Sukachev Institute of Forest, Russian Academy of Science, Siberian Branch
Akademgorodok, 50/28, Krasnoyarsk, 660036 Russian Federation

² V. P. Astafiev Krasnoyarsk State Pedagogical University
Ada Lebedeva str., 89, Krasnoyarsk, 660049 Russian Federation
E-mail: volokit@ksc.krasn.ru, tmsofronova@gmail.com

All vegetation sites as objects of burning are structural complexes of various fuels. Especially complex are forest biogeocoenoses. For practical use, pyrological characteristics of vegetation are reflected on plans and maps showing both general one-sided estimations with site descriptions (for example, their fire hazard) and detailed multi-sided characteristics of all compounds in the vegetation fuel complexes. The latter become basic maps for obtaining various pyrological estimations and are called vegetation fuel maps. Vegetation fuel (VF) mapping can be made using two methodological approaches: first, by distinguishing pyrological vegetation categories as standard complexes; second, by individually characterizing each vegetation site in terms of VF. Obviously, the standard VF characteristic of sites can be only approximate and rough, since the possible number of studied site categories is limited. For large-scale mapping, the detailed individual characteristic of vegetation sites in terms of VF is more preferable and precise but more expensive. Therefore, historically, the first approach to VF mapping got its development, i. e. distinguishing and mapping of certain vegetation categories with standard characteristics. Foreign and Russian methodical approaches to vegetation fuel (VF) classification and mapping are considered. Examples of VF mapping at different scales and guidelines for their use are given.

Keywords: *vegetation fuel classification and methods of vegetation fuel mapping.*