

**А.В. ВОЛОКИТИНА\***, **Т.М. СОФРОНОВА\*\***, **М.А. КОРЕЦ\***

\*Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН,  
660036, Красноярск, Академгородок, 50/28, Россия, volokit@ksc.krasn.ru; mik@ksc.krasn.ru  
\*\*Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева,  
660049, Красноярск, ул. А. Лебедевой, 89, Россия, tmsofronova@gmail.com

## **КОНТРОЛИРОВАНИЕ ПОЖАРОВ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ**

*Рассмотрена проблема контролирования каждого возникающего пожара растительности на особо охраняемых природных территориях. Предложено ее решение на основе использования усовершенствованной оценки пожарной опасности в лесу и прогноза поведения пожара на базе карт растительных горючих материалов. На примере пожаров в заповеднике «Столбы» выполнена ретроспективная проверка компьютерной программы прогноза поведения пожара, включающего скорость его распространения, вид, развитие, последствия, а также расчет необходимых сил и средств для его контролирования и тушения.*

Ключевые слова: *особо охраняемые природные территории, пожары растительности, оценка пожарной опасности, прогноз поведения пожара, контролирование пожара.*

**A.V. VOLOKITINA\***, **T.M. SOFRONOVA\*\***, **M.A. KORETS\***

\*V.N. Sukachev Institute of Forest, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences,  
660036, Krasnoyarsk, Akademgorodok, 50/28, Russia, volokit@ksc.krasn.ru; mik@ksc.krasn.ru  
\*\*V.P. Astafiev Krasnoyarsk State Pedagogical University,  
660049, Krasnoyarsk, ul. A. Lebedevoi, 89, Russia, tmsofronova@gmail.com

## **VEGETATION FIRE CONTROL ON PROTECTED AREAS**

*The paper considers the necessity to control each occurring vegetation fire on protected areas. This is possible using an improved forest fire danger rating and fire behavior prediction with the help of vegetation fuel maps. Fire data for the nature reserve “Stolby” were taken for a retrospective performance test of the developed software program on fire behavior prediction including fire spread rate, type, development, effects and calculation of the necessary manpower and resources for its control and suppression.*

Keywords: *protected areas, vegetation fires, fire danger rating, fire behavior prediction, fire control.*

### **ВВЕДЕНИЕ**

Для управления пожарами растительности, включая лесные, а точнее для их контролирования на особо охраняемых природных территориях (ООПТ), необходимы точные оценки природной пожарной опасности, пожарной опасности по условиям погоды и прогноз поведения возникшего пожара, который включает скорость распространения его тактических частей (фронт, фланги, тыл), возможность развития (переход из низового в верховой или почвенный) и последствия. Специальные рекомендации по охране от пожаров растительности на ООПТ пока отсутствуют. При лесоустройстве ООПТ используются грубые интегрированные разработки, предназначенные для лесохозяйственных мероприятий. Например, лесопожарные карты, не имеющие количественных характеристик растительных горючих материалов (РГМ), которые необходимы для прогноза поведения возникшего пожара, включая его последствия.

## ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

В лесопожарной охране России оценка всех видов пожарной опасности в лесу до сих пор выполняется на уровне 70-х годов прошлого века. Так, по приказу Федерального агентства лесного хозяйства № 287 от 5 июля 2011 г. утверждена классификация пожарной опасности в лесах в зависимости от условий погоды, но по сути она базируется на метеорологическом показателе В.Г. Нестерова, разработанном в 1949 г. и доработанном в 1968 г. [1, 2]. Предлагается ее использовать там, «где не установлены региональные (местные) шкалы». Но существующая методика составления региональных шкал оценки пожарной опасности [3–5] тоже требует совершенствования, как и сам показатель. По непонятной причине не упоминается показатель ЛенНИИЛХа для оценки пожарной опасности по условиям погоды, который давно используется и имеет более дифференцированный учет осадков, чем показатель Нестерова [6].

Природную пожарную опасность по вышеупомянутому приказу № 287 предлагается оценивать по шкале, разработанной И.С. Мелеховым [7] и дополненной И.В. Овсянниковым [8]. При лесоустройстве по данной шкале составляются лесопожарные карты масштаба 1:100 000, которые в грубой интегрированной форме отражают природную пожарную опасность участков растительности. Все категории участков распределены в шкале по пяти классам пожарной опасности. К I классу относятся самые пожароопасные участки, к V — практически негоримые. Классы пожарной опасности являются, в сущности, классами примерной обобщенной природной пожарной опасности, поскольку при их выделении учитывается не только очередность пожарного созревания и, следовательно, продолжительность пребывания участка растительности в пожарно-зрелом состоянии в течение сезона, но также возможность развития сильных верховых пожаров, трудность тушения пожаров на захламненных площадях. Это привело к тому, что в I класс пожарной опасности оказались включенными не только сухие лишайниковые сосняки, но и все захламненные участки (горельники, сухостойники), участки условно-сплошных и интенсивных выборочных рубок, а также все хвойные молодняки с любым почвенным покровом, с любой продолжительностью пожарного созревания. К IV классу в шкале относятся не только слабо горимые сфагновые и долгомошные сосняки, но и все травяные типы леса, поскольку они плохо горят летом, хотя известно, что весной и осенью на юге Сибири и на Дальнем Востоке пожары в травяных типах с преобладанием злаков и осок нередко превращаются в стихийное бедствие. Шкала составлена экспертным путем, поэтому не содержит каких-либо количественных характеристик РГМ, позволяющих отражать скорость пожарного созревания участков растительности, а также прогнозировать интенсивность горения, развитие пожара и его последствия, что необходимо для контролирования любого возникающего пожара [9].

Совершенствование оценки природной пожарной опасности в заповедниках было рассмотрено нами ранее [9]. В 2018 г. в Институте леса им. В.Н. Сукачева СО РАН разработаны и опубликованы методические рекомендации «Совершенствование пожарной опасности в лесу», где, кроме природной пожарной опасности, базирующейся на крупномасштабных картах РГМ, рассмотрена более точная оценка пожарной опасности (ПО) по условиям погоды по новому показателю засухи, учитывающему влажность и гигроскопичность РГМ. Также дается методика расчета новых сопоставимых региональных шкал оценки ПО, которые применимы для национальных парков, со значительными площадями, на которых возникает немало пожаров [10].

Контролирование пожаров растительности невозможно без прогноза их поведения, который включает, прежде всего, скорость распространения тактических частей пожара (фронта, флангов и тыла), вид пожара, его интенсивность и развитие (возможность перехода низового пожара в верховой или почвенный), а также ближайшие последствия пожара в виде отпада в древостое в зависимости от интенсивности горения, древесной породы и ее среднего диаметра.

В лесопожарной охране России используются «Указания по обнаружению и тушению пожаров» 1995 г. [11], которые практически повторяют одноименные указания 1976 г. [12]. В них даются примерные скорости распространения кромки низового пожара для семи типов леса европейской части России и для четырех типов леса на Дальнем Востоке. Огромная территория Урала и Сибири с сотнями типов леса не имеет даже таких примерных скоростей распространения в них пожаров.

Исследования количественных критериев скорости пожарного созревания у различных категорий лесных и нелесных участков в разных регионах активно проводились в России в 1970–1980-е годы по методике профессора Н.П. Курбатского [13, 14]. Составлялись шкалы очередности загорания участков с указанием величины лесопожарного показателя засухи, при котором достигается пожарное созревание участков данной категории. Но общее количество возможных категорий участков было слишком

велико для охвата их всех исследованиями. По этой причине под руководством академика И.С. Мелехова началось экспериментальное изучение пирологических характеристик разных напочвенных покровов в зависимости от условий погоды. Результатом стала классификация главной группы напочвенных горючих материалов, а именно: выделение типов основных проводников горения с их пирологическими количественными характеристиками [15]. Позднее были разработаны общая классификация РГМ и методы их картографирования [16]. На основе выявленных закономерностей увлажнения, высыхания и горения РГМ появилась возможность прогнозировать не только скорость распространения горения по территории, используя простую эмпирическую модель М.А. Софронова [17], но и поведение пожара, включающее его развитие (переход из низового в верховой или почвенный) и ближайшие последствия в виде отпада в древостое в зависимости от древесной породы, интенсивности горения и среднего диаметра деревьев [18].

Прогноз поведения пожара растительности необходим для контролирования возникшего пожара, чтобы принять оптимальное решение о необходимости его тушения, особенно в условиях недостатка сил и средств. Необходимо заметить, что чаще используется не термин «контролирование», а термин «управление пожаром», который надо понимать как в широком, так и в узком плане. В широком плане оно включает устранение антропогенных причин возникновения пожаров (противопожарная пропаганда), условий распространения пожаров (противопожарное устройство территории, создание благоприятных условий для своевременного обнаружения пожаров и борьбы с ними (авиапатрулирование, сеть пожарно-наблюдательных пунктов, дорожная сеть) и т. д.

Управление пожарами в узком плане следует понимать как контролирование развития действующих пожаров на основе прогноза их поведения и последствий. С помощью такого прогноза можно выявлять потенциально опасные пожары и целенаправленно тушить их на ранних стадиях малыми силами. Также возможно выявлять те пожары, которые не смогут нанести ощутимого ущерба, что позволит не отвлекать на них силы и средства.

Кроме того, на ООПТ возможны случаи, когда после пожара появляется растительность, необходимая для отдельных видов животных. Так, в Канаде в национальном парке Elk National Park проводятся специальные целевые выжигания на ограниченных участках для улучшения кормовой базы бизонов. Для этого выбираются такие метеорологические условия, при которых окружающие участки не пожароопасны. Но и в этом случае распространение горения по территории контролируется.

Системы по прогнозу поведения пожаров давно созданы и развиваются в США и Канаде [19, 20]. В России пока такой системы нет, но к настоящему времени появились предпосылки для ее создания благодаря многолетним фундаментальным пирологическим исследованиям в Институте леса им. В.Н. Сукачева СО РАН. Разработаны методы создания информационных баз данных в виде карт растительных горючих материалов (карт РГМ) в процессе лесоустройства или по материалам лесоустройства. На ООПТ такие карты будут иметь достаточно высокую точность, так как они устраиваются по первому разряду, в отличие от лесничеств, которые устраиваются в основном только по третьему разряду лесоустройства. Кроме того, уже разработаны методы составления карт РГМ на основе космоснимков высокого и сверхвысокого разрешения [21].

На самих картах РГМ цветом отражаются основные проводники горения (ОПГ). Это первая главная группа горючих материалов в напочвенном покрове, которая определяет возможность возникновения и распространения любого пожара растительности. Информация о других группах РГМ прилагается к карте в виде таблицы с пирологическим описанием, где отмечен состав древостоя, его возраст и полнота, средний диаметр, экспозиция и крутизна склона и другие характеристики.

### ПРОГНОЗ ПОВЕДЕНИЯ ПОЖАРОВ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ПРИ ИХ КОНТРОЛИРОВАНИИ

В России низовые лесные пожары составляют до 97 % от их общего числа. Верховые развиваются только из низовых (причем без их поддержки могут распространяться в равнинных условиях только на 200 м, а в горных, вверх по склону, — на 500 м), почвенные, как правило, — из низовых, поэтому определяющим является прогноз поведения низовых пожаров. Принципиальная схема прогноза поведения пожара растительности содержит постоянную и текущую информацию. К текущей относятся погодные условия и информация о периоде пожароопасного сезона. Основную часть постоянной информации составляют карты РГМ по периодам сезона и модель прогноза поведения пожара растительности [18]. К настоящему времени в Институте леса им. В.Н. Сукачева СО РАН разработаны компьютерные программы для составления карт РГМ с использованием лесоустроительной инфор-

мации на ГИС-основе [22] и для прогноза поведения низового лесного пожара [23]. Создан определитель типов ОПГ [10], который был использован в процессе лесоустройства заповедников «Столбы», Саяно-Шушенский, Кузнецкий Алатау, Убсунурская котловина. Результатом стало создание информационных баз в ГИС для составления карт РГМ и карт природной пожарной опасности, которые в совокупности с выбранной моделью распространения горения по территории служат основой для прогноза поведения пожаров растительности при их контролировании.

Для внедрения в практику разработанной программы прогноза поведения пожаров растительности необходима их опытно-производственная проверка. При проверке программы должны сравниваться поэтапно предсказанные параметры пожара с действительными параметрами, а именно:

- а) состояние «пожарной зрелости» ОПГ (возможность распространения горения по территории);
- б) вид пожара;
- в) скорость распространения пожара и динамика его контура;
- г) сила (интенсивность) пожара;
- д) степень повреждения древостоя.

Чтобы обеспечить статистическую достоверность выводов для разнообразных условий, количество анализируемых пожаров не должно быть единичным. Самой точной, без сомнения, является проверка программы на экспериментальных пожарах, но их организация и проведение — очень сложное и дорогое мероприятие. Кроме того, реальное количество наблюдений может быть только ограниченным, что не обеспечивает статистическую достоверность проверки в разнообразных условиях действия пожаров.

Достаточно объективной может быть проверка на обычных действующих пожарах, но только при активном сотрудничестве с работниками лесопожарной охраны и при хорошей обеспеченности исследований необходимыми приборами и инструментами. Так, для оценки погодных условий (особенно направления и скорости ветра) в районе действия пожара требуется портативная метеостанция, а при ее отсутствии необходима организация временного простейшего метеопункта. Программу прогнозирования следует включать в работу сразу после получения извещения о возникновении пожара, для чего необходимо знать его точные координаты. Прогноз распространения пожара должен быть поэтапным (например, каким будет контур пожара через 1 ч, через 2 ч и т. д.). По прибытии на пожар следует зафиксировать время и сразу же обойти пожар и закартировать его контур с помощью GPS, отмечая характер горения на отдельных частях кромки, особенно высоту пламени, чтобы сравнить фактические контур и интенсивность горения с прогнозируемой. Затем в процессе распространения и тушения пожара необходимо периодически повторять эту операцию, отмечая потушенные части кромки.

При значительной площади пожара, например, в национальном парке, его периодическое картирование возможно только дистанционными способами, например, с самолета. Такому картированию может мешать задымленность над фронтальной кромкой.

Следует заметить, что на распространение пожара оказывают большое влияние не только природные факторы, но и процесс тушения действующего пожара, когда сдерживается его естественное распространение и развитие (до полной остановки пожара). Но самый существенный недостаток для проверки программы на действующих пожарах связан с очень большой потерей времени на ожидание возникновения доступных для исследований пожаров. Следовательно, производительность такого способа проверки (по количеству проанализированных пожаров) низкая, поэтому данный способ может играть роль только дополнительного.

Остается ретроспективный способ проверки, который был использован нами в заповеднике «Столбы». С этой целью были собраны сведения за прошлые годы о погоде и о лесных пожарах (о местах возникновения, времени действия и об их распространении по территории). Затем с помощью программы прогнозировали распространение бывших пожаров, после чего сравнивали его с фактическим.

Для обоснованного прогнозирования поведения пожара необходимы следующие условия:

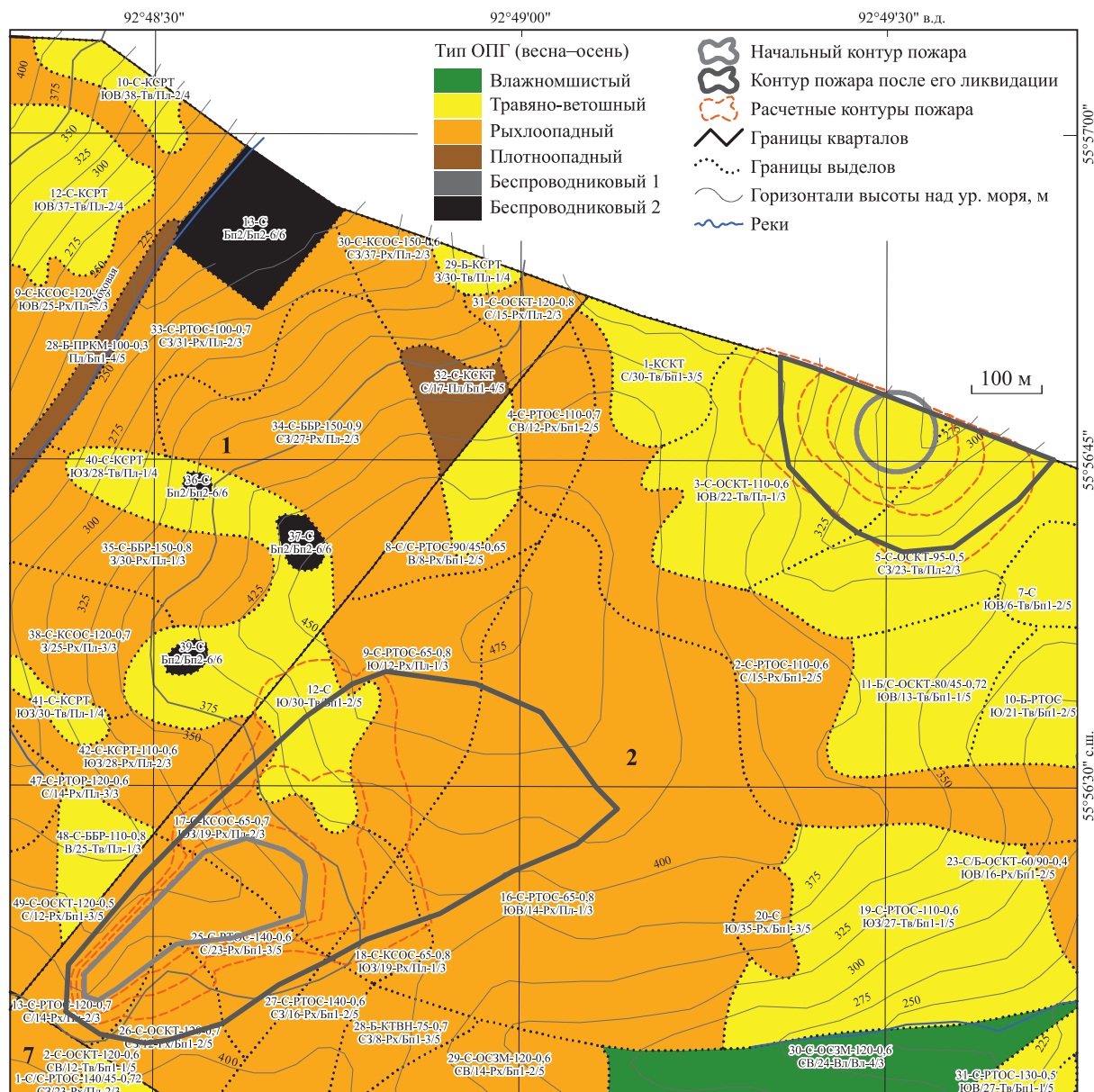
- 1) наличие в ГИС карт РГМ по периодам сезона с пирологическим описанием;
- 2) определение географических координат пожара;
- 3) наличие необходимой метеорологической информации (показатель засухи, относительная влажность воздуха, скорость ветра, направление ветра, суточная сумма осадков).

Были собраны сведения о лесных пожарах в заповеднике «Столбы» за 1997–2004 гг. по 10 пожарам. До 2010 г. в заповеднике существовала своя метеостанция, где и были получены сведения о погоде во время действия пожаров. Подбирались пожары, площадь которых измерялась гектарами. Использовать очень крупные по площади пожары было затруднительно, поскольку на абрисах отсутствуют промежуточные контуры распространения.



При прогнозировании состояния «пожарной зрелости» участков растительности в заповеднике «Столбы» выявлено, что все пожары возникали в выделах, готовых к горению по условиям погоды и влагосодержанию ОПГ, что подтверждает надежность предлагаемого прогноза.

На рисунке показаны результаты ретроспективной проверки работы программы прогноза поведения двух пожаров в заповеднике «Столбы», а в таблице — рассчитанные характеристики пожара № 1 и оценка необходимого количества сил и средств для его тушения. Прогнозные контуры распространения пожаров хорошо отражают реальное поведение пожаров, что может быть использовано при их контроле.



Ретроспективная проверка программы прогноза поведения лесных пожаров № 1 (1 га) и № 2 (3 га), обнаруженных 12 мая 2003 г. в 17:30 и в 20:30 соответственно в квартале № 2 ГПЗ «Столбы».

Формулы в выделах: *верхняя строка*: номер выдела, древесная порода, возраст, полнота, тип леса; *нижняя строка*: экспозиция, крутизна склона, тип основного проводника горения весной (осенью)/летом, критический класс засухи для основного проводника горения весной (осенью)/летом.

## Характеристика пожара № 1 (2003 г.) в заповеднике «Столбы»

Показатель	Время от начала прогноза, ч		
	1	2	4
Характеристика пожара			
Площадь, га	2,1	3,6	7,6
Периметр, м	50	730	1120
Скорость увеличения периметра, м/ч	184	192	182
Скорость увеличения площади, га/ч	1,3	1,6	2,3
Средняя скорость фронта пожара, м/ч	26	23	22
Средняя интенсивность кромки, кВт/м	61	61	61
Оценка силы пожара	Средняя	Средняя	Средняя
Оценка количества сил, средств и времени для тушения пожара			
Оптимальная скорость тушения, м/ч	553	575	545
Минимальная ширина противопожарного барьера, м	4	4	3
Продолжительность тушения, ч/площадь пожарища после тушения, га, в зависимости от числа рабочих, чел.			
3	4,5/8	7/20	—
5	2/4	3/10	4/20
7	1,2/3,2	2/8	3/16
10	0,8/2,8	1,2/7	2/14
15	0,5/2,8	0,8/7	1,2/14

Примечание. При тушении данного пожара использование бульдозерной техники было экономически не целесообразно.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для принятия решения о тушении или нетушении возникшего на ООПТ пожара растительности, включая лесной, необходимо прежде всего прогноз его поведения, основанный на данных крупномасштабной карты РГМ конкретной ООПТ и модели распространения горения. Независимо от принятия решения по тушению пожара, необходимо контролирование каждого возникшего пожара, поскольку возможно неожиданное изменение метеорологической ситуации, например, изменение направления и скорости ветра. Контролирование возникающих пожаров на ООПТ реально на основе прогноза их поведения. Крупномасштабные карты РГМ достаточно высокой точности можно составить по материалам лесоустройства или в процессе лесоустройства, проводимого по первому разряду. Необходимые для контролирования пожаров на ООПТ рекомендации и компьютерные программы разработаны в Институте леса им. В.Н. Сукачева СО РАН.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 18-05-00781А).*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Нестеров В.Г.** Горимость леса и методы ее определения. — М.: Гослесбумиздат, 1949. — 76 с.
2. **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.
3. **Курбатский Н.П.** Методические указания для опытной разработки местных шкал пожарной опасности. — Л.: ЦНИИЛХ, 1954. — 33 с.
4. **Курбатский Н.П.** Пожарная опасность в лесу и ее измерение по местным шкалам // Лесные пожары и борьба с ними. — М.: Изд-во АН СССР, 1963. — С. 5–30.
5. **Матвеев П.М., Матвеев А.М.** Лесная пирология. — Красноярск: Изд-во СибГТУ, 2002. — 317 с.
6. **Вонский С.М., Жданко В.А.** Методические указания по составлению и применению местных шкал пожарной опасности в лесу. — Л.: ЛенНИИЛХ, 1969. — 22 с.
7. **Мелехов И.С.** Природа леса и лесные пожары. — Архангельск: ОГИЗ, 1947. — 60 с.
8. **Овсянников И.В.** Противопожарное устройство лесов. — М.: Лесная пром-сть, 1978. — 112 с.

9. **Волокитина А.В.** Совершенствование оценки природной пожарной опасности в заповедниках // География и природ. ресурсы. — 2017. — № 1. — С. 55–61.
10. **Волокитина А.В., Софронова Т.М., Корец М.А.** Совершенствование оценки пожарной опасности в лесу (Методические рекомендации). — Красноярск: Изд-во ИЛ СО РАН, 2018. — 44 с.
11. **Указания** по обнаружению и тушению лесных пожаров. — М.: Федеральная служба лесного хозяйства России, 1995. — 110 с.
12. **Указания** по обнаружению и тушению лесных пожаров. — М.: Госкомитет лесного хозяйства СМ СССР, 1976. — 110 с.
13. **Курбатский Н.П.** Исследование количества и свойств лесных горючих материалов // Вопр. лесной пирологии. — Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1970. — С. 5–58.
14. **Курбатский Н.П.** Терминология лесной пирологии // Вопр. лесной пирологии. — Красноярск: ИЛИД, 1972. — С. 171–231.
15. **Волокитина А.В.** Экспериментальное изучение влияния осадков на режимы влажности и горения напочвенного покрова в целях определения и прогнозирования пожарной опасности в таежных лесах: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.03. — М., 1980. — 23 с.
16. **Волокитина А.В., Софронов М.А.** Классификация и картографирование растительных горючих материалов. — Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. — 314 с.
17. **Софронов М.А.** Лесные пожары в горах Южной Сибири. — М.: Наука, 1967. — 152 с.
18. **Волокитина А.В., Софронов М.А., Корец М.А., Софронова Т.М., Михайлова И.А.** Прогноз поведения лесных пожаров. — Красноярск: Изд-во ИЛ СО РАН, 2010. — 211 с.
19. **Deeming J.E., Lancaster G.W., Fosberg M.A.** The National Fire Danger Rating System. — N.Y.; London; Toronto: USDA Forest Service, 1972. — 165 p.
20. **Forestry Canada.** Development and Structure of the Canadian Forest Fire Behavior Prediction System. Inf. Rep. ST-X-3. — Ottawa, 1992. — 63 p.
21. **Софронова А.В., Волокитина А.В.** Картографирование растительных горючих материалов методом визуально-инструментального дешифрирования космических снимков // География и природ. ресурсы. — 2017. — № 4. — С. 189–196.
22. **Корец М.А., Волокитина А.В.** Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ: Программа для расчета пирологического описания лесостроительных выделов. — № 2014660252 от 03 октября 2014 г.
23. **Корец М.А., Волокитина А.В.** Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ: Программа для прогноза распространения низового пожара. — № 2015661771 от 09 ноября 2015 г.

*Поступила в редакцию 04.08.2019*

*Принята к публикации 09.09.2019*