

Анализ данных табл. 5 показывает, что семена из шишек, собранных с деревьев Ку-52 алтайского и Би-5 бирюсинского происхождения, имели большие показатели по длине и ширине. Среди семян танзыбейского происхождения наибольшей длиной отличались семена из шишек с дерева Та-57, а шириной – с дерева Та-74.

**Заключение.** В ходе проведенных исследований были выделены деревья, отличающиеся наибольшим количеством шишек, микростробилов, сравнительно крупными шишками и семенами. Они предназначены для размножения вегетативным путем с целью выращивания селекционного посадочного материала для создания плантаций целевого назначения.

### Литература

1. Ботенков В.П., Скулкина Л.Н., Паутяк В.Г. Особенности семеношения кедра сибирского и технология заготовки семян в труднодоступных кедровниках // Охрана лесов от пожаров, лесовосстановление и лесопользование. – Красноярск: ВНИИПОМлесхоз, 2003. – С. 303–311.
2. Матвеева Р.Н., Буторова О.Ф., Пастухова А.М. Отбор кедровых сосен по урожайности на плантации «Метеостанция» (зеленая зона г. Красноярск). – Красноярск: СибГТУ, 2012. – 155 с.
3. Митрофанов С.В. Семеношение кедра сибирского в лесных культурах // Лесное хозяйство. – 2007. – № 1. – С. 31–32.
4. Пастухова А.М., Армани А.Н. Индивидуальная изменчивость 30-летнего кедра сибирского по показателям шишек и количеству семян // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений. – Красноярск: СибГТУ, 2009. – С. 83–86.



УДК 630.43

А.В. Волокитина

### ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПИРОЛОГИЧЕСКИХ СИТУАЦИЙ В БОРЕАЛЬНЫХ ЛЕСАХ

*В статье рассматриваются вопросы регионального прогнозирования пирологических ситуаций в бореальных лесах. Обсуждается возможность управления пожарами растительности, включая лесные. Даны определения управления пожарами в широком и узком планах, а также рекомендации управления действующими лесными пожарами на основе прогноза их поведения.*

**Ключевые слова:** пирологические ситуации, пожарные сукцессии, управление пожарами растительности, прогноз поведения пожаров растительности.

A.V. Volokitina

### THE PYROLOGICAL SITUATION FORECASTING IN THE BOREAL FORESTS

*The issues of the pyrological situation regional forecasting in the boreal forests are considered in the article. The possibility of the vegetation fire control including forest is discussed. The definitions of fire control in the broad and narrow sense and the recommendations in the existing forest fire control on their forecast basis are given.*

**Key words:** pyrological situations, fire successions, vegetation fire control, vegetation fire behavior forecasting.

**Введение.** Лесные экосистемы бореальной зоны всегда находились в прошлом и находятся в настоящее время под влиянием пожаров, поэтому почти все лесные участки в этой зоне представляют собой или стадии послепожарных сукцессий, или имеют следы давнего воздействия огня. Современное освоение лесов человеком резко увеличивает число загораний, что вызывает необходимость развития и совершенствования лесопожарной охраны. При этом малоосвоенные леса на севере Сибири, занимающие более 30 % территории, совсем не охраняются. Горимость лесов в каждом регионе бореальной зоны имеет значительные колебания по годам в зависимости от засушливости пожароопасных сезонов. В России почти 95 % площади

пожаров приходится на Сибирь. Согласно существующим прогнозам, к середине XXI века ожидается повышение средней глобальной температуры на 1–2°C, что может привести к изменению климата и перестройке биоты. Ожидаемое потепление климата может усилить засухи в бореальной зоне и вызвать массовые лесные пожары. Вполне возможно, что сильнейшая засуха в Средней Сибири летом 1994 года и выгорание огромной площади лесов, а также последующие засухи и катастрофические вспышки лесных и торфяных пожаров в европейской части России (2010 г.), на Дальнем Востоке (2011 г.), в Центральной Сибири (2012 г.) – это симптомы глобального потепления. К каким последствиям в глобальном масштабе может привести уничтожение пожарами значительной части бореальных лесов за короткий срок?

Распространено представление, что леса выполняют очень важную для планеты кислородопроизводящую функцию. Но, по мнению М.А.Софронова, это миф [12]. Трудно не согласиться со следующими его доводами. Во-первых, недостаток кислорода в атмосфере нашей планеты не может возникнуть даже в том случае, если сжечь всю доступную органику. Такой вывод очевиден. Масса атмосферного кислорода известна очень точно:  $1140 \cdot 10^{12}$  т. В разведанных запасах ископаемого топлива на планете содержится  $4 \cdot 10^{12}$  т углерода; в торфе, перегное, подстилке – еще  $3 \cdot 10^{12}$  т, и наконец, в живых организмах (в основном растениях) –  $0,56 \cdot 10^{12}$  т [1]. Следовательно, запас углерода во всей органике, доступной для окисления равен  $7,6 \cdot 10^{12}$  т. На его окисление (сжигание, гниение) потребуется всего лишь  $17,4 \cdot 10^{12}$  т кислорода, т.е. всего лишь 1,5 % от общей массы атмосферного кислорода. Таким образом, атмосфера Земли обречена быть кислородной, независимо от поведения человечества.

Во-вторых, леса, за исключением заболоченных, вообще нельзя считать производителями кислорода. Известно, что кислород выделяется при фотосинтезе в процессе образования органического вещества и поглощается обратно при его окислении (т.е. при ее гниении и горении). Положительный итоговый баланс по выделению кислорода в целом (за очень длительный период времени) может быть только в том случае, если часть произведенной органики не станет разлагаться, а будет «консервироваться» и постоянно накапливаться подобно торфу в болотах или керогену – в донных отложениях. Известно, что в автоморфных (т.е. незаболоченных) лесах не происходит непрерывное в течение тысячелетий накопление запасов органического вещества. Здесь процессы образования и минерализации (окисления) органики за длительный срок в целом уравниваются друг друга, поэтому баланс по кислороду будет близок к нулю. Правда какая-то часть органического вещества смывается в реки и выносится в акватории, где может затем накапливаться в донных отложениях.

Главными производителями свободного кислорода на Земле являются, безусловно, водные экосистемы, поскольку основная масса «законсервированной» органики содержится в виде керогена в осадочных породах. Запас углерода в керогене оценивают примерно в  $15000 \cdot 10^{12}$  т [1]. Легко подсчитать, что при образовании органики, превратившейся затем в кероген, должно было выделиться около  $4000 \cdot 10^{12}$  т свободного кислорода, т.е. почти в четыре раза больше его современной массы в атмосфере. По мнению геологов, значительная часть из выделившегося кислорода была затрачена на окисление горных пород, а также на образование атмосферного азота из вулканогенного аммиака [2].

**Методика и результаты исследований.** Итак, по мнению М.А.Софронова, ни сами леса, ни их уничтожение не могут заметно повлиять на баланс кислорода в атмосфере. Но выделение и поглощение кислорода «зеркально» связано с выделением и поглощением углекислого газа. При фотосинтезе объем выделяемого кислорода в точности равен объему поглощаемого  $\text{CO}_2$ , а при горении или гниении – наоборот. Следует напомнить, что содержание  $\text{CO}_2$  в атмосфере по объему в 700 раз меньше, чем кислорода. Это значит, что периодические флуктуации в выделении и поглощении  $\text{CO}_2$  и  $\text{O}_2$ , которые происходят под влиянием климатических колебаний и связанной с ними горимости лесов в бореальной зоне, отражаются в 700 раз сильнее на балансе  $\text{CO}_2$  в атмосфере, чем на балансе кислорода. Следовательно, надо учитывать и оценивать и «кислородную», и «углеродную» функции лесов.

*Проблема прогнозирования пирологических ситуаций.* Проблема прогнозирования природных явлений всегда многогранна и требует регионального подхода. В лесных пожарных сукцессиях можно выделить четыре стадии [22, 15]:

- 1) пожар (период горения), когда запас органики очень быстро уменьшается, бурно выделяется  $\text{CO}_2$  и поглощается кислород; эта стадия короткая, измеряется минутами и часами;
- 2) послепожарное разрушение биогеоценозов, когда преобладает гниение погибших растений, запас органики продолжает уменьшаться, преобладает выделение  $\text{CO}_2$  и поглощение кислорода; продолжительность стадии измеряется годами;
- 3) послепожарное восстановление, когда запас органики возрастает, преобладает поглощение  $\text{CO}_2$  и выделение кислорода; продолжительность стадии измеряется десятками лет;

4) «климакс», когда процессы образования и окисления органики уравновешены, ее запас стабилен, а баланс по  $\text{CO}_2$  и кислороду практически «нулевой»; стадия может длиться неопределенно долго, но фактически этого не происходит из-за нового вмешательства огня. Получается, что в лесах почти всегда преобладает по площади третья стадия, поэтому создается иллюзия кислородопроизводящей функции лесов (рис.).

При глобальном потеплении климата выгорание огромных площадей бореальных лесов (особенно на севере Сибири, где они не охраняются) и массивов выбросы  $\text{CO}_2$  в атмосферу могут привести к усилению «парникового эффекта», которое сделает засухи, пожары и выделение  $\text{CO}_2$  еще интенсивнее и т.д. Таким образом, под влиянием лесных пожаров может возникнуть опасное саморазвитие, эскалация «парникового эффекта» на планете. Желательно заранее уточнить возможность подобной эскалации и рассчитать варианты ее сценариев, чтобы при реальной угрозе мировое сообщество смогло принять какие-то меры.

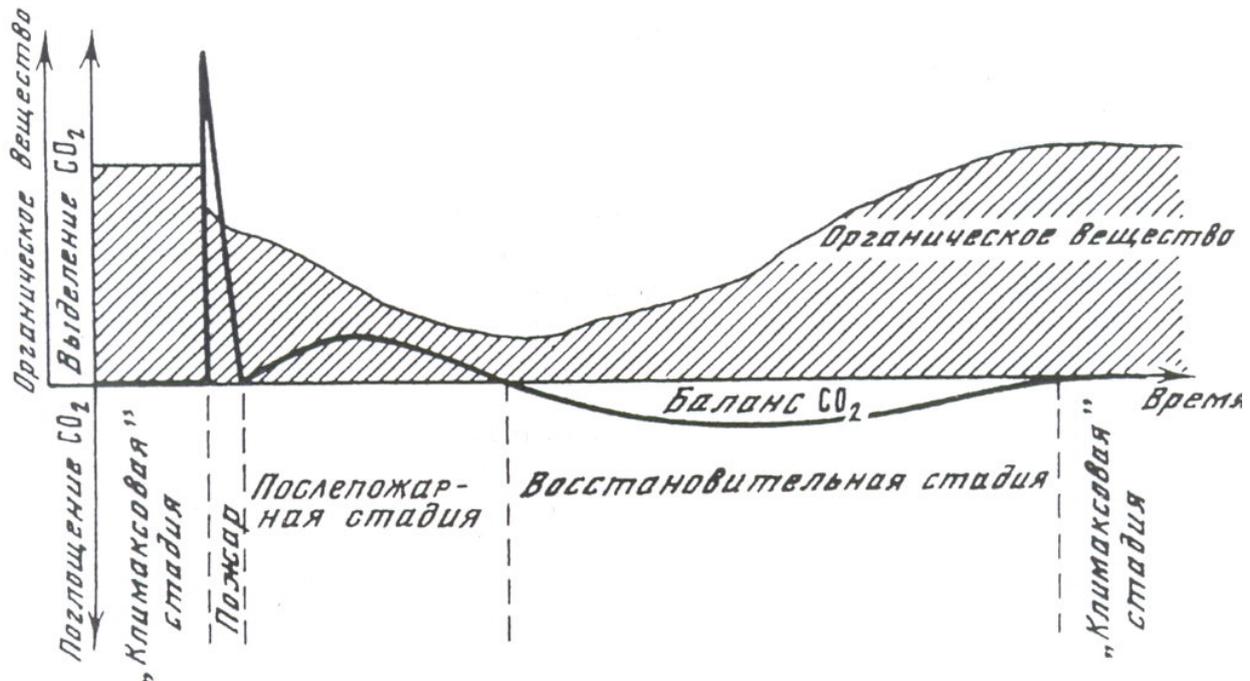


Схема влияния пожаров на динамику биомассы и баланс  $\text{CO}_2$  в лесных сукцессиях [15]

*Методические подходы в решении проблемы.* Вначале необходимо создать информационную базу для расчетов. По нашему мнению, она должна включать следующие компоненты:

1. Пирологическое районирование территории бореальных лесов. Это специальный вид природного районирования, отражающий: а) характер растительного покрова как объекта горения; б) характер взаимного расположения различных участков растительности; в) пирологическую расчлененность территории реками, озерами, верховыми болотами и дорогами; г) горимость лесов; д) последствия пожаров. Принципы и методы пирологического районирования разработаны, выполнено деление бореальной зоны бывшего СССР на пирологические области, округа и дана их характеристика [14].

2. Динамику горимости лесов (по суммарной площади пожаров за сезон) в разрезе пирологических округов и областей за последние 10–15 лет. Следует учесть, что почти половина бореальных лесов в Сибири не охраняется от пожаров, а на охраняемой территории информация о размерах крупных пожаров нередко бывает искаженной. О действительной горимости лесов за каждый сезон можно судить по метеорологическим безоблачным космоснимкам масштаба 1:2-3 000 000, желательно осенним (за август-сентябрь). Правда, на таких снимках не видны гари от мелких и средних пожаров, но вклад этих пожаров в суммарную выгоревшую площадь невелик – в среднем около 15 %.

3. Региональную оценку засушливости каждого пожароопасного сезона за последние 10–15 лет. Методика такой оценки разработана [14]. Для оценки необходимы метеорологические сведения по станциям или данные о величине лесопожарных показателей засухи по оперативным авиаотделениям.

4. Установление региональных связей между засушливостью пожароопасных сезонов и горимостью лесов (т.е. площадью пожаров за сезон).

5. Определение средней горимости по регионам и ее тенденции (тренда) с помощью уравнений регрессии.

При расчете сценариев по возможному дополнительному поступлению  $\text{CO}_2$  в атмосферу от массовых лесных пожаров необходимо задавать уровни засушливости сезонов, которые могут быть при разных вариантах потепления климата в соответствии с научными прогнозами. Дополнительное поступление  $\text{CO}_2$  обусловливается дополнительной свыше «средней нормы» площади лесных пожаров. Эта дополнительная площадь лесных пожаров должна также учитываться при расчетах.

Итак, вполне возможно спрогнозировать общие площади лесных пожаров в пределах пирологических округов в связи с предсказанным уровнем засух. Но абсолютно невозможно точно предсказать места возникновения пожаров и, следовательно, конкретные участки, которые при этом выгорят. Поэтому при расчетах придется пользоваться усредненными типовыми характеристиками лесной площади, которая должна выгореть по прогнозу. Важнейшими характеристиками являются 1) количество  $\text{CO}_2$ , выделяющегося с единицы площади при пожаре, и 2) динамика выделения  $\text{CO}_2$  с единицы площади гари по годам в течение всей стадии послепожарного разрушения биогеоценозов. Следует подчеркнуть, что указанные характеристики строго региональны и их еще предстоит определить.

Оценка баланса  $\text{CO}_2$  с помощью непосредственных наблюдений за газообменом на пожарах и на гаях разной давности сложна и слишком трудоемка, поскольку имеется большое разнообразие категорий участков, а также существуют суточный и сезонный циклы в обмене  $\text{CO}_2$ . Мы полагаем, что следует воспользоваться косвенным методом: судить о балансе  $\text{CO}_2$  по динамике суммарного запаса органических веществ как в процессе пожара, так и после него, пока преобладает отмирание и гниение органики. Чтобы не проводить постоянные наблюдения в течение многих лет, можно подбирать на гаях разной давности временные ряды.

Оценку количества сгорающей органики можно делать двумя способами: 1) путем учета запаса органики на свежих гаях и сравнения его с допожарным запасом; 2) с помощью огневых экспериментов. Для оценки количества органики до пожара необходимо составлять карты растительных горючих материалов (карты РГМ), используя материалы лесоустройства. Методика составления таких карт, в том числе на базе ГИС имеется [7, 9]. Разработана также безопасная методика огневых экспериментов в кольцевом экране [4, 6, 23].

При горении в природных условиях часть сгорающей органики окисляется не полностью и выделяется в виде чистого углерода (сажи), окиси углерода (СО) и более сложных органических веществ. Это явление принято называть «химическим недожогом». Величину химического недожога можно оценивать по разности между расчетным и фактическим количеством тепла. Методика такой оценки, причем непосредственно в лесу, была нами разработана [3]. По нашим данным, интервал величины химического недожога составляет 30–80 % (в среднем 60 %). Химический недожога зависит от вида горения (пламенное горение, тление), полойной структуры слоя горючего, влажности субстрата.

Известно, что характеристики участков, природно-территориальных комплексов (лесные биогеоценозы, ландшафты) и их множеств можно получать тремя методами, в которые входят:

1. Метод сплошного картирования – очень точный, но и очень трудоемкий метод, применим на небольших участках (например, на пробных площадях).

2. Статистический метод – менее трудоемкий, который обеспечивает заданную точность, но в условиях северных редколесий, не освоенных человеком, где очень трудно передвигаться на большие расстояния к заданным точкам.

3. Ключевой метод – наименее трудоемкий метод, но он имеет ряд недостатков: 1) в подборе ключевых объектов велика доля субъективизма; 2) подобранные ключевые объекты представляют собой так называемые «типичные» участки, характеризующиеся внутренней однородностью, в то время как большую часть территории занимают «нетипичные», т.е. внутренне неоднородные участки; распространять характеристики с типичных участков на нетипичные недостаточно корректно; 3) не существует способа для оценки точности характеристик, полученных ключевым методом. По нашему мнению, характеристику, полученную ключевым методом, необходимо давать в виде интервала, в пределах которого варьирует значение его величины. Интервал определяется по среднеквадратичному отклонению.

Мы разработали четвертый, более совершенный метод, который назвали «линейным». По пространственной детальности характеристик он мало уступает методу сплошного картирования, но трудоемкость его сравнительно невысока. В отличие от ключевого метода, он дает характеристику также и «нетипичным» участкам [16,17].

Если расчет сценариев по дополнительному поступлению  $\text{CO}_2$  от массовых лесных пожаров при потеплении климата подтвердит возможность опасной эскалации «парникового эффекта», то встанет вопрос о жестком контроле пожаров в бореальных лесах, в том числе и на неохраямой ныне территории.

В условиях сильных засух, благоприятных для неограниченного распространения лесных пожаров, успешное контролирование их сводится, по сути, к тушению и надежной локализации пожаров на малых площадях сразу после их возникновения. Такое возможно только при совершенной оценке пожарной опасности и ее постоянном прогнозировании на 5–7 дней вперед по всей лесной территории. Тогда можно будет проводить успешное маневрирование силами и средствами лесопожарной охраны, заблаговременно перебрасывая их в угрожаемые районы или мобилизуя на месте.

При этом необходимо, прежде всего, усовершенствовать метеослуживание лесопожарной охраны, а именно 1) спустить очень редкую сеть метеостанций в бореальной зоне или хотя бы дополнить ее автоматическими дождемерами со сбором информации о них через спутники, 2) ввести в практику ежедневный «скользящий» метеопрогноз на 5–7 дней вперед.

Нами разработана более совершенная в практическом плане оценка пожарной опасности по вероятной плотности действующих пожаров [14], а также методика прогнозирования пожарной опасности на основе метеопрогнозов и среднemasштабных карт растительных горючих материалов [18]. К настоящему времени также разработана программа автоматизированного составления усовершенствованных местных шкал пожарной опасности, что позволит оперативно создавать сопоставимые в разных районах шкалы пожарной опасности и успешно маневрировать силами и средствами лесопожарной охраны [19].

*Прогноз поведения пожаров растительности для управления ими.* Для успешного контролирования отдельных крупных или сильных высокоинтенсивных пожаров необходимо иметь прогноз поведения каждого такого пожара. Прогноз поведения возможен лишь при наличии крупномасштабных карт растительных горючих материалов (карт РГМ), которые содержат, прежде всего, характеристику главной группы РГМ – основных проводников горения (ОПГ), а также характеристику других групп РГМ, отраженную в прилагаемом к карте пиралогическом описании.

С целью быстрого составления таких карт на нужные участки полезно заранее создавать информационные базы данных, в том числе в ГИС [7, 9]. Пример такой информационной базы был создан нами на Чунском лесничестве площадью около 1 млн га в рамках Госконтракта №82 между Институтом леса им. В.Н. Сукачева СО РАН (ИЛ СО РАН) и Агентством лесной отрасли Красноярского края (2008–2010 гг.). Планируется создание подобной информационной базы сначала на все наиболее горимое в Приангарье, а затем на все лесничества Российской Федерации, имеющие лесоустроительную информацию на основе ГИС. Для прогноза поведения пожаров в горных лесах была создана информационная база данных на территорию заповедника «Столбы» площадью 50 млн га в рамках Договора между ИЛ СО РАН и Институтом космических исследований (ИКИ) №1263/10 в 2009 году. Оперативно такие информационные базы данных можно составить на все особо охраняемые природные территории, поскольку все они устраиваются по 1 разряду лесоустройства и имеют информацию на основе ГИС. На другие территории, не имеющие информации на основе ГИС, также можно создавать информационные базы данных для прогноза поведения пожаров растительности, но не так оперативно.

Итак, при ожидаемом глобальном потеплении климата создается угроза эскалации «парникового эффекта» за счет дополнительного поступления в атмосферу  $\text{CO}_2$  от массовых лесных пожаров в бореальной зоне. Чтобы контролировать ситуацию, необходимо уметь управлять пожарами растительности, а особенно действующими лесными пожарами.

Еще недавно все пожары растительности считались исключительно вредным явлением, с которым надо вести самую активную борьбу, но в настоящее время в связи с развитием экологических взглядов на роль огня как периодически действующего природного фактора ставится задача управления пожарами с учетом их разнообразных последствий. Поэтому термины «борьба с лесными пожарами», «контролирование лесных пожаров» заменяются в мировой практике на термин «управление природными пожарами (или пожарами растительности)» [6, 8].

Пожары растительности в настоящее время в большей степени приходится рассматривать как антропогенный фактор. Так, еще М.А. Софронов и А.Д. Вакуров в своей книге «Огонь в лесу» писали: «Следует особо подчеркнуть, что с появлением на Земле человека характер лесных пожаров стал меняться и они все в большей степени превращаются из природного фактора в антропогенный, вредный не только для человека, но и для природы в целом» [13].

Хотя никоим образом нельзя отрицать положительной роли огня на отдельных участках растительности, например, в северных лиственничниках зеленомошных, где из-за мощного мохового слоя семена «зависают» и их корни при прорастании не могут достичь почвы, а низовой пожар слабой или даже средней силы может поспособствовать появлению возобновления. Но надо, однако, помнить, что такие участки всегда окружены другими, где пожары могут быть очень губительны. Кроме того, большой эффект для успешного возобновления лиственницы могут принести целевые выжигания, проведенные при специально выбранных метеорологических условиях, когда будет сгорать только определенная часть мохового покрова и совсем не будет повреждаться древостой [5]. К сожалению, специальные практические рекомендации для проведения целевых выжиганий, которые можно было бы широко использовать под пологом древостоев в разных типах леса, пока не разработаны. Имеется лишь некоторый опыт целевых выжиганий на вырубках, базирующийся в основном на американских разработках [20], и опыт профилактических выжиганий напочвенного покрова в ленточных сосновых борах Алтая [21].

Термин «управление лесными пожарами» отсутствует в терминологии по лесной пирологии, разработанной Н.П. Курбатским в 1972 году [10], отсутствует он и в «Лесной энциклопедии» [11]. По мнению некоторых пирологов-физиков, управлять лесными пожарами нельзя, так как это стихийный процесс распространения огня по территории, зависящий не только от характера растительности, но и в большой степени от метеорологических условий. Действительно, при ураганном ветре может наблюдаться непредсказуемое и очень опасное саморазвитие возникшего лесного пожара. Но, на наш взгляд, можно управлять пожарами растительности, в том числе и лесными, если не непосредственно управлять огнем, а косвенно, используя знания природы пожаров растительности, условий их возникновения, развития и возможных последствий. В литературе есть определение термина пожароуправление, авторы которого трактуют, что «пожароуправление в лесу – это баланс между практическими задачами охраны их от пожаров и необходимостью выполнения пожарами их природной роли» [20], но конкретных пояснений по сути предлагаемого термина они не приводят. Хотя интересно было бы знать, как этот предлагаемый «баланс» можно определить на практике: какие именно «практические задачи» при этом следует учесть и какая именно «природная роль пожаров» имеется в виду.

Мы понимаем термин «управление пожарами» в двух планах: в широком плане оно включает устранение антропогенных причин возникновения пожаров (противопожарная пропаганда), условий распространения пожаров (противопожарное устройство территории, целевые контролируемые выжигания), 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 всех возникающих пожаров на основе прогноза их поведения [6].

Прогноз поведения пожара должен включать:

- прогноз скорости распространения тактических частей кромки пожара (фронтальной, тыловой, фланговых);
- прогноз интенсивности горения кромки низового пожара;
- прогноз развития пожара (возможность перехода из низового в верховой или почвенный);
- прогноз возможных последствий (для лесных участков это прогноз отпада в древостое в зависимости от его состава, среднего диаметра древесных пород и интенсивности горения кромки низового пожара).

С помощью такого полного прогноза можно выявлять потенциально опасные пожары и целенаправленно их тушить на ранних стадиях малыми силами. Также возможно выявлять те пожары, которые не смогут нанести ощутимого ущерба или будут даже в какой-то степени 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. Кроме того, при выборе оптимальных сроков для проведения целевых палов также необходимо прогнозировать возможные распространение и интенсивность горения и его последствия при различных метеорологических условиях. Необходим прогноз поведения пожара и для оптимального расчета сил и средств пожаротушения [6, 9].

**Заключение.** В Институте леса им. В.Н. Сукачева СО РАН разработаны системы прогноза поведения пожаров растительности на основе ГИС на примере равнинных и горных лесов. К настоящему времени составлены методические рекомендации «Управление действующими лесными пожарами» [8]. Внедрение указанных разработок в практику лесопожарной охраны позволит не только прогнозировать возможные пирологические ситуации в связи с характером растительности и с изменениями погодных условий, но и управлять

возникающими пожарами растительности и, следовательно, регулировать поступление углекислого газа в атмосферу в бореальных лесах.

### Литература

1. Бернер Р.А., Ласага А.С. Моделирование геохимического цикла углерода // В мире науки (Scientific American). – 1989. – № 5. – С. 44–52.
2. Бялко А.В. Наша планета – Земля. – М.: Наука, 1983. – 208 с.
3. Волокитина А.В. Величина энергии химического недожога при горении напочвенного покрова в лесу // Сб. тр. МЛТИ. – 1979. – Вып. 123. – С. 18–21.
4. Волокитина А.В. О методах оценки интенсивности низовых пожаров // Лесное хозяйство. – 1984. – № 9. – С. 63–64.
5. Волокитина А.В. Послойное увлажнение и высыхание мохово-лишайникового и мертвого покровов в лесу // Лесоведение. – 1985. – № 1. – С. 60–64.
6. Волокитина А.В., Софронов М.А. Классификация и картографирование растительных горючих материалов. – Новосибирск: СО РАН, 2002. – 314 с.
7. Волокитина А.В., Тартаковская Т.М., Шевчук Э.Г. Формирование банка данных для оперативного составления карт лесных горючих материалов. – Красноярск: ИЛИД, 1989. – 20 с.
8. Волокитина А.В., Корец М.А., Софронова Т.М. Управление действующими лесными пожарами. – Красноярск: ИЛ СО РАН, 2012. – 78 с.
9. Прогноз поведения лесных пожаров / А.В. Волокитина, М.А. Софронов, М.А. Корец [и др.]. – Красноярск: СО РАН, 2010. – 211 с.
10. Курбатский Н.П. Терминология лесной пирологии // Вопросы лесной пирологии. – Красноярск: ИЛИД, 1972. – С. 171–231.
11. Лесная энциклопедия. – М.: Энциклопедия, 1985. – 484 с.
12. Софронов М.А. О кислородопроизводящей функции леса // Лесное хозяйство. – 1996. – № 5. – С. 27–28.
13. Софронов М.А., Вакуров А.Д. Огонь в лесу. – Новосибирск: Наука, 1981. – 128 с.
14. Софронов М.А., Волокитина А.В. Пирологическое районирование в таежной зоне. – Новосибирск: Наука, 1990. – 204 с.
15. Софронов М.А., Волокитина А.В. Методика оценки баланса углерода по динамике биомассы в пирогенных сукцессиях // Лесоведение. – 1998. – № 3. – С. 36–42.
16. Софронов М.А., Волокитина А.В. О "линейном" методе описаний и измерений при изучении лесной растительности // Лесн. журн. – 2000. – № 3. – С. 52–57.
17. Софронов М.А., Волокитина А.В. Методика обследования и описания участков, пройденных пожарами. – Красноярск: ИЛ СО РАН, 2007. – 72 с.
18. Методические рекомендации по оценке и прогнозу текущей пожарной опасности на основе карт лесных горючих материалов и метеопрогнозов / М.А. Софронов, А.В. Волокитина, О.А. Фомина. – Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1992. – 47 с.
19. Софронова Т.М., Волокитина А.В., Першин К.С. Автоматизированное составление усовершенствованных местных шкал пожарной опасности // Вестн. КрасГАУ. – Красноярск, 2013. – С.157–163.
20. Управление лесными пожарами на экорегиональном уровне: мат-лы науч.-практ. семинара (Хабаровск, 9–12 сент. 2003 г.). – М.: Алекс, 2004. – 208 с.
21. Черных В.А., Фуряев В.В. Лесные пожары в ленточных борах Кулундинской степи. – Новосибирск: Наука, 2011. – 176 с.
22. Sofronov M.A., Volokitina A.V. Forecasting regional pyrological situations in boreal forests under global climate warming. Global and regional ecological problems. Soros Foundation, the Program "East-East". – Krasnoyarsk, 1994. – P. 40–47.
23. Volokitina A.V., Stone T.A., Sofronov M.A. An assessment of the amount of biomass consumed from wildland fires based on vegetation fuel maps. Proceed of the International Conference. – Edmonton, 2002. – P. 249–259.