

МЕТОДИЧЕСКИЕ
СТАТЬИ

УДК 630*634.0.434+551.04:634.0.11

**ИССЛЕДОВАНИЕ РОЛИ ПОЖАРОВ
В ФОРМИРОВАНИИ БОРЕАЛЬНЫХ ЛЕСОВ**

© 2011 г. В. В. Фуряев¹, С. Д. Самсоненко²

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

E-mail: institute_forest@ksc.krasn.ru

²ООО "Бобровский лесокombинат"

658047, Алтайский край, Первомайский район, с. Бобровка, ул. Ленина, 38

E-mail: bobrovka@altailes.com

Поступила в редакцию 02.02.2010 г.

На основе современных представлений о роли пирогенного фактора в формировании бореальных лесов предлагаются методология и методы ее (роли) исследования на ландшафтно-лесотипологической базе с использованием материалов аэрокосмических съемок. Методики включают выявление и картографирование прошлых пожаров и восстановительно-возрастных стадий послепожарной динамики лесов, определение соотношения коренных и производных послепожарных сообществ в границах ландшафтных структур (фации, урочища, местности), расчет многолетней горимости лесов и выявление нарушения их пожарами за прошедшие 200 лет и более.

Лесные пожары, формирование лесов, карты пожаров и стадий лесообразовательного процесса, соотношение коренных и производных послепожарных сообществ, горимость лесов, нарушение лесного покрова пожарами.

Примерно до второй половины XX в. большинство исследователей и особенно практиков считали огонь в лесу исключительно вредоносным фактором. Основной причиной такой оценки являлся огромный экономический ущерб, наносимый многочисленными пожарами преимущественно антропогенного происхождения. Исходя из этого, существовала парадигма подавления пожаров в любом месте, в любое время и всеми доступными средствами.

Однако постепенно на протяжении XVIII–XX вв. исследователи и практические работники пришли к выводу, что длительновременная роль лесных пожаров в состоянии, динамике и продуктивности лесных экосистем далеко неоднозначна. При этом, наряду с традиционным взглядом на лесные пожары как сугубо отрицательный фактор, воздействующий на леса большинства регионов земного шара, появились наблюдения и оценки, отражающие положительные аспекты этого воздействия. Прежде всего стало очевидным доказательство положительной роли пожаров в возобновлении сосновых лесов на вырубках и гарях [1, 2, 10, 13, 20, 21, 31]. Последующие исследования

показали многоплановую, в том числе и положительную в экологическом и лесоводственном смысле роль пожаров в формировании и продуктивности сосновых и лиственничных лесов различных регионов Евразии и Северной Америки [3, 11, 14, 22, 26, 29, 32, 65 и др.]. На этом фоне сформировались и успешно развиваются представления о лесных пожарах как эволюционно-экологическом факторе возобновления древесных видов, их огнестойкости, пожароустойчивости насаждений и пирофитности формаций [15, 24, 30, 33].

Информация о влиянии пожаров на формирование лесов содержится во многих исследованиях, проведенных на территориях США, Канады, Финляндии, Норвегии и других стран. На ее основе сделан вывод, что все лесные экосистемы в доисторическом и историческом прошлом были пройдены пожарами, причем во многих случаях неоднократно. Вследствие различных пирологических режимов лесные экосистемы сформировались под влиянием пирогенных воздействий, и этот фактор в данной ситуации является одним из основных, определяющих не только современное

состояние лесов, но и весь ход их развития – от возобновления до распада древостоев [22]. Таким образом, в современную эпоху лесообразовательного процесса пожары в бореальной зоне необходимо рассматривать не только с позиций известного отрицательного воздействия, но и объективно оценивать соотношение положительных и негативных аспектов влияния пирогенного фактора на состояние, динамику, продуктивность и биологическое разнообразие лесных экосистем. Необходимо учитывать, что соотношение положительного и негативного воздействия специфично в различных экорегионах и лесных формациях и динамично во времени. Для его объективного выявления и оценки с лесоводственной, экологической и экономической позиций необходимы соответствующие современным представлениям методология и методики исследований, краткому системному изложению которых и посвящается настоящая работа.

МЕТОДОЛОГИЯ

Одним из крупных научных и технических достижений XX в. принято считать возможность изучения структуры растительного покрова природных ландшафтов Земли дистанционными методами [5]. Есть основания полагать, что по мере развития методов дешифрирования будет возможно на массовом материале изучать связи растительности со средой, учитывая одновременно воздействие различных факторов, а также статику и динамику растительного покрова одновременно в пределах крупных регионов [18]. Все это, по мнению исследователей, приведет к принципиально новым возможностям сравнительно–географического, картографического, ландшафтно–экологического методов изучения, оценки, освоения и реконструкции растительного покрова Земли [4, 5, 28].

Выявление послепожарной динамики лесов в пределах крупных таежных территорий, где на протяжении обозримого периода времени действовали пожары, без использования дистанционных методов представляет весьма трудную задачу. Опыт показал, что наиболее полное решение возможно при оптимальном сочетании углубленного изучения последствий пожаров традиционными методами [10, 12–14] с использованием аэрокосмической информации [16, 19, 26].

Для выявления закономерностей воздействия пожаров на лесообразовательный процесс мы широко использовали аэрокосмические снимки и ландшафтный метод их дешифрирования [8]. При этом возможность интерпретации ландшафтной

основы при изучении послепожарной динамики лесов вытекает из системной (комплексной) природы ландшафтных выделов, тесной сопряженности компонентов и элементов природных территориальных комплексов (ПТК) внутри них.

Ландшафтный метод дешифрирования аэроснимков направлен на выявление объективно существующих ПТК различного ранга, установление их природного содержания и рубежей. ПТК определяются в процессе ландшафтной интерпретации аэроснимков и анализа структуры ландшафта. При этом предлагается [8] использовать следующие наиболее общие свойства ландшафта и закономерности его структуры: 1) генетическое единство ПТК (фаций, урочищ, местностей и ландшафтов); 2) оптимальную экологическую однородность ПТК, возрастающую от более крупных к мелким; 3) генетическую и территориальную сопряженность компонентов ПТК; 4) определяющую и ведущую роль литогенной основы при формировании и развитии других компонентов ландшафта; 5) генетическую и территориальную сопряженность фаций, урочищ, местностей; 6) совмещенность границ компонентов ПТК; 7) повторяемость ПТК и ее закономерности; 8) специфичность структуры различных ПТК (урочищ, местностей и ландшафтов); 9) сходство структуры генетически и экологически близких урочищ и местностей. Исследование в процессе дешифрирования аэроснимков природных свойств ландшафта значительно расширяет объем и содержание признаков ландшафтных индикаторов, позволяет осуществлять контроль результатов анализа его структуры и определяет все другие особенности метода. Как известно, генетическое единство ПТК соблюдается при выявлении их на геолого–геоморфологической основе: фаций, урочищ и местностей в пределах элементов, форм и сочетаний форм рельефа, ландшафтов – с учетом тектонических структур [17].

ПТК выявляются не только по структуре, но и по экологическому режиму или сходству компонентов ПТК, определяющих направленность послепожарного лесообразовательного процесса. На тесной зависимости между физиономическими компонентами и экологическими режимами ПТК, обусловленными их взаимодействием, основывается метод ландшафтных экоиндикаторов [8]. Метод предусматривает экологическую интерпретацию следующих индикаторов экологического режима ПТК: 1) рельефа (топоэкоиндикатор); 2) четвертичных отложений и подстилающих горных пород (литологоэкоиндикатор); 3) почв (педоэкоиндикатор); 4) растительность (фитоэкоиндикатор); 5) следов деятельности человека и

характера землепользования (антропоэкоиндикатор; 6) морфологической структуры ПТК (морфоэкоиндикатор).

Сравнительный анализ экоиндикаторов по снимкам позволяет достоверно выявлять ПТК и градации экологических режимов [8]. Используя знания основных изменений экологических режимов ПТК под влиянием пожаров можно прогнозировать развитие послепожарных сообществ с учетом морфологической структуры ландшафтов. Такой прогноз осуществляется дедуктивно, опираясь на уже известные наблюдения, с дальнейшей опытной проверкой его правильности.

МЕТОДЫ

Картографирование прошлых пожаров.

Историю прошлых пожаров мы выявляли различными методами. Один из первых вариантов методики выявления и картографирования пожаров разной давности в целях изучения динамики растительности в границах геоботанических округов был предложен А.С. Карпенко и Ю.О. Медведевым в 1963 г. [7]. Методика включала следующие этапы: сбор материалов о наличии следов пожаров в каждом типе леса; составление аналитических карт распространения отдельных пожаров на основе наземных данных о них, планов лесонасаждений или карты лесов; разработку так называемой интегральной карты пожаров, содержащей информацию об их повторяемости по типам леса. Для получения данных о пожарах по указанной методике необходимо непосредственное наземное посещение в пределах изучаемой территории максимально возможного числа объектов. Экстраполяция данных о пожарах в том или ином типе леса на прилегающие площади при этом затруднена, так как методикой не предусматривается использование материалов аэрофотосъемки.

Нами накоплен опыт выявления повторяемости прошлых пожаров и особенностей их распространения на ландшафтной основе, т.е. с использованием в качестве исходных единиц картографирования ПТК различного ранга – фаций, урочищ и местностей [26]. При этом в качестве основного приема нами, вслед за А.С. Карпенко и Ю.О. Медведевым [7], принимался метод составления карт пожаров. Однако в методику их картографирования внесены существенные дополнения. Прежде всего наземные работы по выявлению пожаров проводили не произвольно в различных “точках” территории, а на ландшафтных профилях, охватывающих все виды фаций изучаемого ландшафта. Ландшафтная карта позволила наиболее полно выявлять бывшие пожары. При описании

пробных площадей выявляли наличие на деревьях нагара и “пожарных подсушин”, а также углей в подстилке и верхних горизонтах почвы. На “пожарных подсушинах” по методике И.С. Мелехова (1948) [12] определяли давность повреждения древостоя пожарами. При отсутствии пожарных подсушин или недостаточной выраженности их для определения давности пожара использовали другие дополнительные признаки: максимальный возраст хвойного подроста, выросшего вблизи деревьев с нагаром; возраст насаждений, сформировавшихся на гари, и т.д.

Следствием прошлых пожаров является появление на территории того или иного ландшафта определенных стадий восстановительно-возрастного формирования лесов. При этом возраст древостоя на каждой стадии в большинстве случаев соответствует времени действия наиболее интенсивного пожара, а однородность сообществ по возрасту и составу пород на площадях, примыкающих к ландшафтным профилям, позволяет считать, что процесс их формирования был одинаковым и происходил под воздействием тех же пожаров, признаки которых обнаруживали непосредственно на профилях при наземном обследовании территории. Следовательно, при наличии одновозрастных стадий имеется достаточно оснований для экстраполяции данных о наиболее крупных и интенсивных пожарах, выявленных на ландшафтных профилях, на урочища и местности одних и тех же видов, закономерно повторяющихся в структуре ландшафта. Это обстоятельство позволяет картографировать прошлые пожары в пределах урочищ, местностей и ландшафтов путем дешифрирования аэроснимков.

При установлении границ распространения пожаров за пределами ландшафтных профилей в сомнительных случаях мы дополнительно использовали шкалы природной пожарной опасности лесных участков. Они помогали определять возможность пожарной зрелости их в тот или иной пожароопасный сезон и тем самым уточнять возможные границы распространения пожаров по территории. Перечисленные дополнения к ранее имевшимся методическим разработкам позволили выявить историю прошлых пожаров, характер их распространения, повторяемость во времени и составлять интегральные карты применительно к любому рангу ПТК.

Для решения некоторых задач картографирования площадей прошлых пожаров мы осуществляли непосредственно по материалам аэрокосмической съемки. Как уже отмечалось, на формирование лесов таежной зоны особенно

сильное влияние оказали крупные, а в некоторых случаях и катастрофические пожары, охватывающие в прошлом большие площади. Именно крупные высокоинтенсивные пожары обусловили распределение по территории послепожарных стадий растительности, которые хорошо дешифрируются на аэрокосмических снимках. При этом возраст древостоя на стадии с определенной приближенностью позволял судить о периодах действия крупных пожаров и картографировать их в пределах таежных территорий.

Картографирование стадий послепожарной динамики лесов.

Вопросы картографирования динамических явлений в настоящее время решены в основном применительно к составлению крупномасштабных геоботанических карт растительности [18]. В меньшей степени разработаны принципы и методы генерализации при картографировании динамики растительности в мелком и сверхмелком масштабах с использованием материалов аэрокосмической съемки [4].

Картографирование антропогенных динамических процессов основано на представлении о коренных, коротко- и длительнопроизводных сообществах с одновременным показом производных и коренных типов насаждений [14]. Наиболее полно устанавливаются стадии антропогенных смен и связи коренных и производных сообществ на картах крупного масштаба. При крупномасштабном картографировании появляется возможность детализировать динамику растительности в зависимости от характера действующих факторов (пожаров, рубок и т.д.).

Картографирование послепожарной динамики лесов мы осуществляли на ландшафтной основе с использованием ПТК ранга фаций и урочищ. При этом по возможности использовали полезный опыт, накопленный теорией и практикой современного геоботанического картографирования. Пространственное выявление послепожарных стадий проводили путем дешифрирования их с использованием ландшафтного метода. Для методической отработки решаемой задачи и выявления дешифровочных признаков стадий были использованы летние, осенние и зимние панхроматические аэроснимки масштабов 1 : 15000, 1 : 20000, 1 : 44000, 1 : 100000, 1 : 140000 [26].

На основе разномасштабной последовательной съемки территории разработана ступенчатая система картографирования послепожарных стадий. Методическим основанием для разработки ступенчатой системы послужила объективно существующая возможность генерализации ПТК

от мелких и относительно простых до крупных и более сложных с соответствующим объединением послепожарных сообществ в относительно однородные совокупности.

Легенды карт составляли с учетом подразделения картографируемого ландшафта на ПТК различного ранга и выявления формирующихся в их границах послепожарных восстановительно-возрастных стадий. При этом категории исходных ПТК и соответствующие им коренные типы леса в понимании Б.П. Колесникова [9] составляли основные разделы легенды. Каждый из разделов легенды начинался со сведений о ПТК определенного ранга, принятого в зависимости от масштаба картографирования, далее помещались слагающие его ПТК более мелкого ранга и соответствующие им коренные сообщества. Заканчивался каждый раздел данными об условном индексе послепожарной восстановительно-возрастной стадии или нескольких стадий, сформировавшихся в пределах ПТК. Последовательность расположения ПТК в легенде соответствовала морфологической структуре ландшафта и отражала экологический ряд – от пойм рек к террасам, склонам террас и водоразделам [26].

В зависимости от принятого масштаба картографирования, динамику производных сообществ во времени показывали либо в виде индивидуальных стадий, соответствующих каждой фации (крупномасштабное картографирование на уровне фаций), либо в виде стадии доминирующего в урочище коренного темнохвойного или соснового сообщества (среднемасштабное картографирование на уровне урочищ).

Выявление и расчет соотношения площадей коренных и производных послепожарных сообществ в границах ПТК.

В основу этой методики положены закономерности в стадиях восстановительно-возрастной динамики лесов и их дешифровочные признаки [26]. В соответствии с этим в границах каждого ПТК выявляли стадии послепожарного лесообразовательного процесса. При этом фиксировали восстановительные, возрастные и дигрессивные смены пород, причиной которых послужили лесные пожары. Пространственное размещение площадей стадий выявляли с использованием ландшафтного метода их дешифрирования по аэрокосмическим снимкам. В качестве дополнительных источников информации использовали карты лесов и материалы лесоустройства. Задача дешифрирования при этом заключалась в том, чтобы через восстановительно-возрастные стадии выявить соотношение коренных и производных послепожарных сообществ в границах каждого ПТК. При этом к коренным и квазикоренным насаждениям отно-

силы чистые по составу хвойные сообщества, не подвергавшиеся воздействию пожаров со сменой пород или возрастных поколений в течение 200 и более лет. Стадии послепожарного восстановления, представленные смешанными хвойно-лиственными и чистыми лиственными насаждениями, относили к категории производных послепожарных сообществ. В эту же категорию включали и чистые хвойные молодняки, средневозрастные и приспевающие хвойные насаждения, возникшие после пожаров. После оконтуривания коренных и производных насаждений в границах ПТК вычисляли площади, занятые каждой из указанных категорий, и определяли их соотношение. Его рассчитывали как отношение площади указанных категорий сообществ к общей лесной площади в границах ПТК и вычисляли в процентах.

Расчет горимости лесов по соотношению площадей коренных и производных послепожарных сообществ.

По существующей методике показатель горимости лесов рассчитывается как усредненный для предшествующих периодов различной продолжительности – 5, 10, 20, 30 лет и более. Очевидно, что для расчета показателя горимости за продолжительные периоды времени часто нет достаточно достоверных статистических данных о площадях, пройденных пожарами в каждом году. В связи с этим мы рассчитывали показатель горимости лесов через площадь, занятую в структуре ландшафта послепожарными сообществами, а также еще не возобновившимися гарями.

Указанный показатель учитывает *средний уровень* горимости лесов. Для его расчета площадь, занятую в границах ПТК послепожарными сообществами, делили на 200 лет. Указанная продолжительность принята нами как минимально необходимая для восстановления после пожара квазикоренных и коренных сообществ. В результате расчета получали условную среднюю многолетнюю величину ежегодной площади, на которой действовали сильные низовые и верховые пожары с последующей сменой пород или возрастных поколений. При расчете среднего показателя за 200 лет получали наиболее устойчивую сравнительную оценку горимости лесов различных ПТК за длительное время.

Показатель средней многолетней горимости лесов ПТК рассчитывали по формуле:

$$P_z = \frac{S_1 \cdot 100}{200 \cdot S_2} = \frac{S_1}{2S_2}$$

где, P_z – показатель горимости, %; S_1 – площадь послепожарных насаждений, га; S_2 – общая лес-

ная площадь, га; 200 – минимальная продолжительность периода, необходимого для восстановления после пожара коренных и квазикоренных сообществ, лет.

Таким образом, показатель средней многолетней горимости лесов представляет собой процент площади в границах ПТК, на которой ежегодно действовали пожары с последующей сменой пород и возрастных поколений. Опыт показал, что расчетные показатели горимости отдельных ПТК изменяются от 0 (отсутствие горимости) до 0.5% (высокая горимость). Величина максимального показателя горимости обусловлена спецификой принятой методики расчета и не превышает 0.5%. Это обусловлено тем, что даже при наличии в ПТК 100% площади, занятой послепожарными сообществами, средний ежегодный процент площади, пройденный пожарами со сменой пород, при расчете за 200-летний лесовосстановительный период не может составлять более 0.5%. Для оценки ПТК по среднему многолетнему показателю горимости лесов предложены следующие градации: 0.00% – негоримые; от 0.01 до 0.15% – малогоримые; от 0.16 до 0.3% – среднегоримые; от 0.31 до 0.5% – высокогоримые.

Выявление и расчет нарушенности лесов пожарами.

Нарушенность лесов пожарами рассчитывали как отношение площади послепожарных сообществ к общей лесной площади в границах ПТК. Показатель нарушенности характеризует наиболее существенные длительновременные последствия пожаров средней и высокой интенсивности, которые проявляются в частичной или полной смене пород и в формировании на гарях хвойных насаждений. Необходимо отметить, что этот показатель в первом приближении характеризует степень воздействия пожаров на леса различных ПТК лишь с количественной стороны. Известно, что после уничтожения сильными низовыми и верховыми пожарами перестойных и захламленных низкопродуктивных лесов на гарях часто формируются смешанные и чистые насаждения более высокой продуктивности, чем коренные [20, 21]. В этом же аспекте можно указать на достаточно широко распространенную и с хозяйственной точки зрения целесообразную смену темнохвойных сообществ сосновыми в Приангарье и т.д. Поэтому первоначальная количественная оценка нарушенности лесов пожарами должна дополняться качественной оценкой смены пород, возрастных изменений и продуктивности формирующихся на гарях насаждений. Опыт показал, что лесоводственно-экологическую оценку продуктивности послепожарных сооб-

ществ можно проводить на основе использования карт продуктивности послепожарной динамики лесов [25].

Заключение. Недостатком показателей горимости лесов и нарушенности их пожарами в предлагаемом понимании является то, что они не учитывают последствия слабых низовых пожаров, в том числе неоднократно повторяющихся, которые обуславливают частичное отмирание деревьев, подрост, подлеска и напочвенного покрова. Это объясняется тем, что на аэрокосмических снимках плохо выявляются слабозаметные последствия пожаров. В то же время важное преимущество предлагаемых показателей – возможность оперативного расчета горимости и послепожарной смены пород на крупных таежных территориях с использованием аэрокосмических снимков. Следует также указать, что коротковременные последствия в насаждениях после слабых низовых пожаров традиционно учитываются при определении ущерба от них и могут более полно и точно выявляться при использовании крупномасштабных спектрозональных аэрофотоснимков [23, 26]. Очевидно, что в данном случае рассматриваются различные пространственно-временные уровни оценки послепожарного состояния лесов, которые дополняют друг друга и позволяют получать сведения о более полных, в том числе и длительных, последствиях влияния пожаров на лесообразовательный процесс.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белов С.В. Управляемый огонь в лесу – средство восстановления сосняков и лиственничников таежной зоны // Горение и пожары в лесу. Красноярск: Изд-во Института леса и древесины СО АН СССР, 1973. С. 213–222.
2. Бузыкин А.И. Влияние низовых пожаров на сосновые леса Среднего Приангарья // Охрана лесных ресурсов Сибири. Красноярск: Изд-во Института леса и древесины СО АН СССР, 1975. С. 141–153.
3. Верхунов П.М. Генезис и возрастное строение современных сосновых лесов Сибири // Лесоводственные исследования в лесах Сибири. Красноярск: Изд-во Института леса и древесины СО АН СССР, 1970. Вып. 2. С. 7–58.
4. Виноградов Б.В. Мелкомасштабное геоботаническое районирование и картографирование по космическим изображениям Земли // Геоботаническое картографирование. М.: Наука, 1970. С. 3–19.
5. Исаев А.С., Киреев Д.М. Принципы и методы изучения лесов из космоса // Исследование природных ресурсов космическими средствами. М.: Наука, 1975. С. 44–55.
6. Исаев А.С., Уткин А.И. Низовые пожары в лиственных лесах Восточной Сибири и значение стволовых вредителей в послепожарном состоянии древостоя // Защита лесов Сибири от насекомых-вредителей. М.: Изд-во АН СССР, 1963. С. 118–182.
7. Карпенко А.С., Медведев Ю.О. Выявление и картирование пожаров разной давности в целях изучения динамики растительности тайги // Геоботаническое картографирование. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1963. С. 25–30.
8. Киреев Д.М. Методы изучения лесов по аэрофотоснимкам. Новосибирск: Наука, 1977. 212 с.
9. Колесников Б.П. Кедровые леса Дальнего Востока // Труды Дальневосточного филиала АН СССР. Серия ботаническая. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1956. Т. II (IV). 261 с.
10. Корчагин А.А. Влияние пожаров на лесную растительность и восстановление ее после пожаров на Европейском Севере // Труды Бот. института АН СССР. Серия “Геоботаника”. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1954. Вып. IX. С. 75–149.
11. Матвеев П.М. Последствия пожаров в лиственных биогеоценозах на многолетней мерзлоте. Красноярск: Изд-во СибГТУ, 2006. 268 с.
12. Мелехов И.С. Влияние пожаров на лес. М.; Л.: Гослестехиздат, 1948. 126 с.
13. Молчанов А.А. Естественное лесовозобновление на гаях // Лесное хоз-во и лесозэксплуатация. 1934. № 7. С. 40–47; № 8. С. 44–46.
14. Попов Л.В. Южнотаежные леса Средней Сибири. Иркутск: Изд-во Иркутского госуниверситета, 1982. 360 с.
15. Санников С.Н. Лесные пожары как фактор преобразования структуры, возобновления и эволюции биогеоценоза // Экология. 1981. № 6. С. 23–33.
16. Седых В.Н. Дистанционная индикация восстановительно-возрастной динамики кедровых лесов Среднего Приобья // Дистанционная индикация структуры таежных ландшафтов. Новосибирск: Наука, 1981. С. 36–49.
17. Солнцев Н.А. О морфологии природного географического ландшафта // Вопросы географии. М.: Изд-во АН СССР, 1949, Вып. 16. С. 61–86.
18. Сочава В.Б. Перспективы геоботанического картографирования // Геоботаническое картографирование. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1963. С. 3–10.
19. Сухих В.И. Дистанционные методы зондирования в лесном хозяйстве и охране природы // Лесное хоз-во. 1979. № 3. С. 41–45.
20. Ткаченко М.Е. Леса Севера. СПб., 1911. 91 с.
21. Тюрин А.В. Основы хозяйства в сосновых лесах. М.: Новая деревня, 1925. 144 с.
22. Фуряев В.В. Роль пожаров в процессе лесообразования. Новосибирск: Наука, 1996. 253 с.

23. *Фуряев В.В., Гирс Г.И.* Метод диагностики послепожарного состояния насаждений по материалам спектральной аэрофотосъемки // *Лесоведение*. 1981. № 1. С. 60–67.
24. *Фуряев В.В., Заблоцкий В.И., Черных В.А.* Пожароустойчивость сосновых лесов. Новосибирск: Наука, 2005. 160 с.
25. *Фуряев В.В., Злобина Л.П., Селенин Н.А.* Выявление и оценка длительновременных последствий пожаров // *Лесоведение*. 1992. № 3. С. 15–23.
26. *Фуряев В.В., Киреев Д.М.* Изучение послепожарной динамики лесов на ландшафтной основе. Новосибирск: Наука, 1979. 160 с.
27. *Фуряев В.В., Солохин В.Н., Злобина Л.П.* Метод учета площадей свежих пожарищ по материалам спектральной аэрофотосъемки // *Лесное хоз-во*. 1980. № 8. С. 52–55.
28. *Харин Н.Г.* Дистанционное изучение лесов. М.: Наука, 1975. 132 с.
29. *Цветков П.А.* Возобновление на гарях в лиственных лесах центральной Эвенкии // *Лесоведение*. 1990. № 1. С. 62–67.
30. *Цветков П.А.* Устойчивость лиственницы Гмелина к пожарам в северной тайге Средней Сибири. Красноярск: Изд-во СибГТУ, 2007. 252 с.
31. *Чудников П.И.* Влияние пожаров на возобновление лесов Урала. М.; Л.: Сельхозгиз, 1931. 160 с.
32. *Шежуков М.А.* Влияние пожаров на развитие тяжелых биогеоценозов // *Горение и пожары в лесу*. Ч. III. Лесные пожары и их последствия. Красноярск: Изд-во Института леса и древесины СО АН СССР, 1979. С. 81–96.
33. *Шежуков М.А., Пешков В.В.* О соотношении понятий “огнестойкость”, “пожароустойчивость” и “пиропитность” // *Лесоведение*. 1984. № 5. С. 60–63.

Methodology to Investigate the Influence of Fire on Development of Boreal Forests

V. V. Furyaev, S. D. Samsonenko

An aerial and satellite data-based methodology for investigation of the influence of fire on the development of boreal forests is discussed. The methodology proposed includes methods to date and map past fires, identify and map post-fire stages of forest regeneration, determine a ratio between the areas occupied by the main and post-fire secondary tree stands within the landscape units, calculate the area exposed to fire during many years, and reveal the fire disturbance level of forests for the past over than 200 years.