

ОРИГИНАЛЬНЫЕ
СТАТЬИ

УДК630*43:630*182.47

**ВОССТАНОВЛЕНИЕ НАПОЧВЕННОГО ПОКРОВА
ПОСЛЕ НИЗОВЫХ ПОЖАРОВ В СРЕДНЕТАЕЖНЫХ СОСНЯКАХ***

© 2011 г. Н. М. Ковалева, Г. А. Иванова, Е. А. Кукавская

*Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН
660036 Красноярск, Академгородок, 50/28
E-mail: nk-75@mail.ru*

Поступила в редакцию 08.06.2009 г.

Анализируется воздействие низовых пожаров разной интенсивности (экспериментально-смоделированных) на живой напочвенный покров в среднетаежных сосняках. Показано, что пожары независимо от их интенсивности приводят к снижению проективного покрытия и фитомассы видов. Послепожарная структура растительных микрогруппировок определяется допожарными границами, а также степенью прогорания подстилки. Мхи и лишайники погибают после пожара любой интенсивности от огневого или теплового воздействия. На восьмой год после пожара проективное покрытие зеленых мхов (*Pleurozium schreberi* и *Dicranum polysetum*) составляет 4–6%, по сравнению с допожарным состоянием (50%). На участках, прогоревших до минерального горизонта, доминирующее положение занимают пионерные виды мхов (*Polytrichum strictum* и *P. commune*).

Сосняки, лесные пожары, интенсивность пожара, микроассоциации, сукцессия, фитомасса.

Пожары в бореальных лесах являются постоянно действующим природным фактором, который формирует их структуру и видовое разнообразие. В сосновых лесах они являются фактором эволюционного значения, так как эти леса находятся в режиме периодически повторяющихся пожаров. На сосновые леса приходится до 60% от общего количества лесных пожаров [13], интенсивность которых широко варьирует в пространстве и времени.

В первую очередь при низовых пожарах страдают нижние ярусы растительности, продолжительность их восстановления после пожаров в разных типах леса не одинакова. В каждом конкретном случае пирогенные трансформации являются результатом интегрального воздействия совокупности факторов (особенности рельефа местности, разнообразие и структура растительного покрова, вид и сила пожара, условия его возникновения и распространения и др.), которые и определяют наиболее вероятные направления восстановительной сукцессии.

В ходе послепожарного развития сообщества до образования климаксовой стадии может осуществляться смена нескольких типов растительности, обусловленная чередованием господствующих ценопопуляций. В большинстве случаев

послепожарное сообщество в основном состоит из выживших индивидуумов [12, 15]. Наибольшее варьирование наблюдается на начальных стадиях послепожарной сукцессии, последние стадии наиболее однотипны [1, 7]. Сукцессионный процесс протекает со сменой или без смены эдификатора как в крупных экорегионах, так и в экотопах различных подзон. Продолжительность периода восстановления также различна, и этот период может охватывать до семи сукцессионных стадий [3, 4, 6].

Естественные лесные пожары, стихийно распространяющиеся по территории, не могут служить основой для моделирования сукцессионного процесса. Параметры их неизвестны, об их интенсивности можно судить лишь по косвенным показателям. Экологические последствия таких пожаров трудно сопоставимы с параметрами огневого воздействия и также классифицируются по косвенным показателям. В этом случае необходимые данные о параметрах лесного пожара и его воздействии на компоненты экосистемы можно получить с помощью экспериментов. В задачи исследования входило оценить воздействие низовых пожаров разной степени интенсивности на живой напочвенный покров в среднетаежных сосняках и проследить изменения, происходящие в структуре напочвенного покрова на начальных стадиях сукцессионного процесса.

* Работа выполнена при финансовой поддержке МНТЦ (№ 3695) и Лаврентьевского конкурса (№ 6.20).

Таблица 1. Характеристики поведения пожаров на экспериментальных участках

Участок, год	Глубина прогорания, см	Скорость распространения огня, м/мин*	Интенсивность кромки огня, кВт/м*	Интенсивность пожара
№ 1, 2000 г.	6.4	5.6	5611	Высокая
№ 2, 2001 г.	4.4	4.9	2140	Средняя
№ 3, 2000 г.	4.7	2.0	1067	Низкая

*По данным [14].

Таблица 2. Лесоводственно-таксационная характеристика древостоя (состав 10 с) на экспериментальных участках

Номер участка	Тип соснового леса	Средние		Полнота	Число стволов, шт. га ⁻¹
		d, см	H, м		
1	Кустарничково-зеленомошно-лишайниковый	25.4	16.8	0.8	376
2	Бруснично-зеленомошно-лишайниковый	30.5	20.6	0.6	441
3	Кустарничково-лишайниково-зеленомошный	35.2	17.9	0.8	219

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Район исследований располагается в бассейне рек Дубчеси и Сым в 90 км к северо-западу от пос. Ярцево в среднем течении р. Тогулан, левого притока р. Енисей (60°38' с.ш. и 89°44' в.д.), и представляет собой плоскую песчаную гриву (абсолютная высота 60 м), окруженную травяно-сфагновыми и крупноосоковыми болотами. Насаждения представлены сосняками лишайниково-зеленомошными, разновозрастными, спелыми, сформировавшимися под воздействием пожаров разной интенсивности. Средний межпожарный интервал 37.5 лет, пожары возникали низовые, разной интенсивности. Последний пожар был в 1956 г. [5].

В 2000–2002 гг. в рамках комплексного российско-американского проекта с целью оценки воздействия пожаров на компоненты экосистемы проведена серия экспериментов по моделированию поведения лесных пожаров разной интенсивности на девяти участках площадью по 4 га каждый. Эксперименты по моделированию поведения пожаров представляли собой контролируемые выжигания, при которых горение распространялось фронтальной кромкой по направлению ветра. При экспериментах регистрировались: скорость распространения, высота пламени, температура и глубина прогорания. В данной работе рассмотрены три участка, пройденные низовыми пожарами разной интенсивности (табл. 1).

Лесоводственно-таксационная характеристика древостоев на экспериментальных участках приводится в табл. 2. Описание растительности

выполнено с использованием общепринятых методик [10]. При изучении напочвенного покрова на экспериментальных участках определялся видовой состав, а также оценивалось проективное покрытие травяно-кустарничкового и мохово-лишайникового ярусов. При составлении планов горизонтальной структуры живого напочвенного покрова использованы материалы В.Д. Перевозниковой, опубликованные ранее в совместных работах [8, 9].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В сосняке кустарничково-зеленомошно-лишайниковом (участок 1) до пожара в напочвенном покрове доминировали две растительные микроассоциации – бруснично-лишайниковая и кустарничково-зеленомошная, последняя представленная *Vaccinium myrtillus* и *V. vitis-idaea* с доминированием последнего вида. Через два года после пожара высокой интенсивности на участке погиб древостой (87%). Отмечены большие площади обнаженного минерального горизонта (рис. 1б). По сравнению с допозарным состоянием мозаичность напочвенного покрова заметно увеличилась, на участке преобладают монодоминантные растительные микрогруппировки. Фитомасса травяно-кустарничкового яруса значительно уменьшилась (рис. 2). Мохово-лишайниковый покров полностью уничтожен огнем.

На пятый год происходит восстановление доминантов кустарничкового яруса (*Vaccinium vitis-idaea* и *V. myrtillus*) (табл. 3). Произошло укрупнение контуров растительных микрогруппировок,

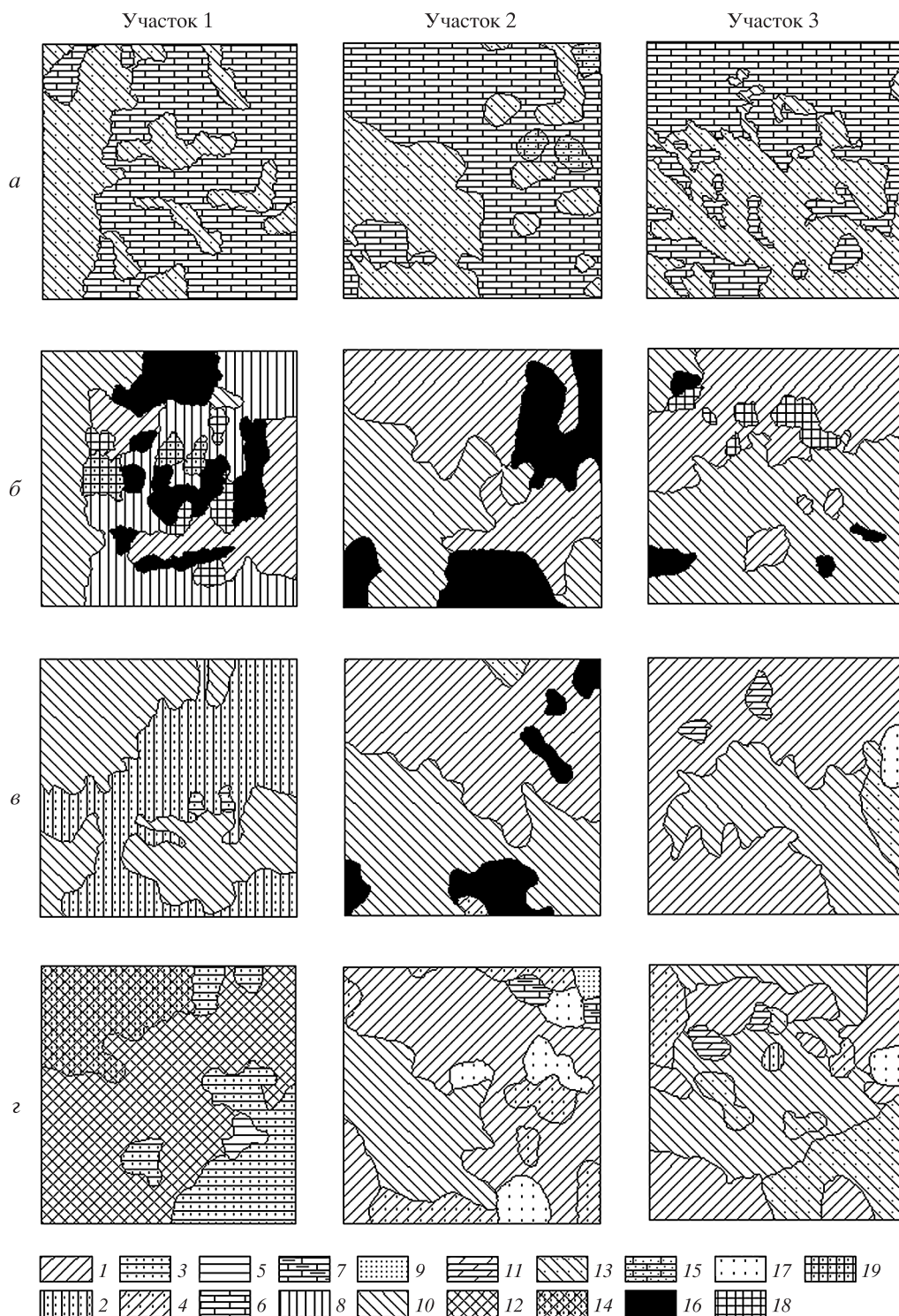


Рис. 1. Изменение структуры живого напочвенного покрова в среднетаежных сосняках под воздействием пожаров разной интенсивности. Участок 1 пройден пожаром высокой интенсивности (2000 г); участок 2 – средней интенсивности (2001 г); участок 3 – низкой интенсивности (2000 г); *a* – до пожара, *б* – через два года после пожара; *в* – через пять лет после пожара (участок 2 через 4 года); *г* – через восемь лет после пожара (участок 2 через 7 лет). Микроассоциации: 1 – брусничная, 2 – бруснично-вейниковая, 3 – бруснично-вейниково-политриховая, 4 – бруснично-зеленомошная, 5 – бруснично-кипрейная, 6 – бруснично-лишайниковая, 7 – бруснично-политриховая, 8 – вейниковая, 9 – кипрейно-политриховая, 10 – кустарничковая, 11 – кустарничково-вейниковая, 12 – кустарничково-вейниково-политриховая, 13 – кустарничково-зеленомошная, 14 – кустарничково-политриховая, 15 – лишайниковая, 16 – пирогенно-минерализованный участок, 17 – политриховая, 18 – черничная, 19 – чернично-вейниковая.

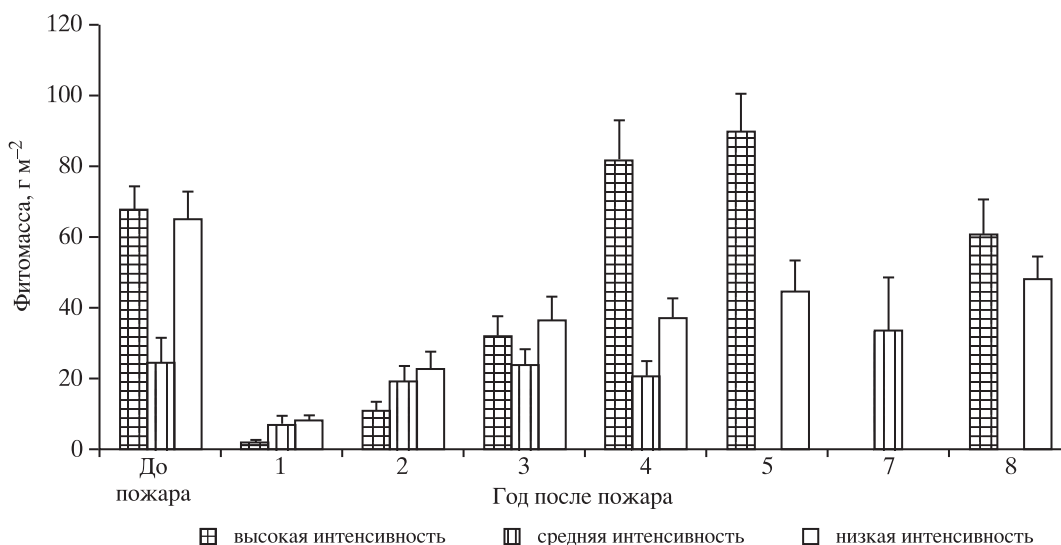


Рис. 2. Фитомасса травяно-кустарничкового яруса до и после пожара. Интенсивность пожара: 1 – высокая, 2 – средняя, 3 – низкая.

исчезли участки, лишённые растительного покрова (рис. 1б). На месте допозарной бруснично-лишайниковой микрогруппировки появилась брусничная с редким покровом из *Calamagrostis epigeios*. Единично в напочвенном покрове появляется *Chamaenerion angustifolium* (табл. 3). Появление таких азотофилов, как *Ch. angustifolium* свидетельствует об удовлетворительной обеспеченности песчаной почвы азотом в данный период [2]. На пятый год после пожара фитомасса травяно-кустарничкового яруса заметно возрастает за счет интенсивного разрастания на участке *Vaccinium vitis-idaea*.

На восьмой послепожарный год проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса так и не достигло своего допозарного уровня (табл. 3). Доминирующее положение на участке занимают микроассоциации с участием *Calamagrostis epigeios* и видов рода *Polytrichum*. Фитомасса травяно-кустарничкового яруса по сравнению с предыдущим годом снижается (в 2 раза), в связи с угнетением и поражением побегов *Vaccinium vitis-idaea* грибковыми заболеваниями. Зеленые мхи и лишайники на участке не появились. В тех местах, где подстилка сгорела полностью, и обнажился минеральный горизонт, разрастается мох *Polytrichum strictum* (табл. 3).

В сосняке бруснично-зеленомошно-лишайниковом (участок 2), пройденном пожаром средней интенсивности, наблюдения проводились в течение семи лет (2001–2008 гг.). В напочвенном покрове до пожара наибольшую площадь занимали лишайниковая микрогруппировка с покровом из *Vaccinium vitis-idaea* с низким проективным покрытием (25%) и кустарничково-зеленомошная микрогруппировка (рис. 1а). Через два года по-

сле пожара отпад деревьев составил 5.2%. Часть деревьев основного полога древостоя перешла из категории здоровых в категорию ослабленных. Проективное покрытие основного доминанта кустарничкового яруса – *Vaccinium vitis-idaea* заметно снизилось (табл. 3). На участке доминируют кустарничковая и брусничная микроассоциации. Имеются значительные площади лишённые напочвенного покрова. Фитомасса травяно-кустарничкового яруса сильно уменьшилась (рис. 2). Лишайники и мхи уничтожены огнем полностью.

На четвертый год после пожара древостой как эдификатор в значительной степени сохранил свои средообразующие функции. На участке отпад деревьев составил 8.3%. Проективное покрытие *Vaccinium vitis-idaea* достигло практически своего допозарного уровня (табл. 3). Большую часть площади занимают брусничная и кустарничковая микроассоциации. Сохраняются мертвопокровные участки (рис. 1б). Фитомасса трав и кустарничков достигла своего допозарного уровня. В моховом покрове появляются зеленые мхи.

На седьмой послепожарный год проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса практически восстановилось (табл. 3). Структура напочвенного покрова имеет мелкие контуры. Большую часть участка занимает брусничная микрогруппировка, границы кустарничковой, по сравнению с предыдущим годом, уменьшились. На данной стадии пирогенной сукцессии фитомасса травяно-кустарничкового яруса превысила свою допозарную величину. В моховом покрове происходит постепенное восстановление зеленых мхов *Dicranum polysetum* и *Pleurozium schreberi*. На площадках, где подстилка сгорела полностью разрастается мох *Polytrichum commune*.

Таблица 3. Проективное покрытие (%) на экспериментальных участках до и после пожара

Вид	Участок 1				Участок 2				Участок 3			
	до пожара	после пожара, лет			до пожара	после пожара, лет			до пожара	после пожара, лет		
		3	5	8		2	4	7		3	5	8
Травяно-кустарничковый ярус	78	45	37	51	36	18	23	31	97	41	39	40
<i>Ledum palustre</i>	<1	<1	<1	<1	4	<1	1	1.2	5	<1	1	2
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	47	22	21	28	25	15	20	27	66	21	22	21
<i>V. myrtillus</i>	21	10	7	11	6	2	2	2	23	19	15	17
<i>Calamagrostis epigeios</i>	9	11	7	10	<1	<1	<1	<1	2	<1	<1	<1
<i>Chamerion angustifolium</i>	–	<1	<1	<1	–	–	–	<1	–	<1	1	<1
<i>Carex macroura</i>	<1	<1	<1	<1	–	–	–	–	–	–	–	–
Мхи	40	<1	8	25	40	1	2	15	65	4	6	23
<i>Dicranum polysetum</i>	10	–	–	–	4	<1	1.5	4.6	10	–	2	6
<i>Pleurozium schreberi</i>	30	–	–	–	35	<1	<1	4	54	4	2	8
<i>Polytrichum commune</i>	<1	<1	3	5	<1	<1	<1	6	<1	<1	1	1
<i>P. strictum</i>	<1	<1	5	20	–	–	–	–	–	–	1	8
Лишайники	50	–	–	–	58	–	–	–	34	–	–	–
<i>Cladonia arbuscula</i>	10	–	–	–	21	–	–	–	10	–	–	–
<i>C. cornuta</i>	5	–	–	–	2	–	–	–	<1	–	–	–
<i>C. deformis</i>	5	–	–	–	<1	–	–	–	<1	–	–	–
<i>C. gracilis</i>	5	–	–	–	2	–	–	–	<1	–	–	–
<i>C. rangiferina</i>	10	–	–	–	23	–	–	–	10	–	–	–
<i>C. stellaris</i>	10	–	–	–	4	–	–	–	10	–	–	–
<i>C. uncialis</i>	5	–	–	–	6	–	–	–	<1	–	–	–

Примечание. Названия видов растений приведены по [11].

В сосняке кустарничково-лишайниково-зеленомошном (участок 3), пройденном пожаром слабой интенсивности, на второй год отпад деревьев на участке составил 4.8%. В напочвенном покрове доминируют кустарничковая и брусничная микроассоциации. Отмечены небольшие участки с обнаженным минеральным горизонтом. Фитомасса травяно-кустарничкового яруса сильно уменьшилась (рис. 2). Мхи и лишайники погибли полностью.

На пятый послепожарный год проективное покрытие растений уменьшилось в 2.5 раза по отношению к допожарной ситуации (табл. 3). В напочвенном покрове встречаются единичные экземпляры *Chamaenerion angustifolium*. На участке преобладают брусничная и кустарничковая микрогруппировки (рис. 1в). В мохово-лишайниковом покрове единичны экземпляры *Pleurozium schreberi*, *Polytrichum strictum*, *P. commune*.

На восьмой год после пожара проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса так и не достигло допожарной величины (табл. 3). На данном этапе сукцессии растительные микро-

ассоциации имеют более мелкие контуры, чем до пожара. Как и в предыдущие послепожарные годы, на участке преобладают кустарничковая и брусничная микроассоциации, становится заметно участие допожарной кустарничково-зеленомошной микрогруппировки. За период исследований наблюдается положительная тенденция к увеличению фитомассы травяно-кустарничкового яруса, хотя ее значения так и не достигли допожарного уровня. Происходит восстановление зеленых мхов, на сильно прогоревших участках доминирует *Polytrichum strictum*.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования по воздействию низовых пожаров разной интенсивности на живой напочвенный покров в среднетаежных сосняках позволяют заключить, что на начальной стадии сукцессии происходит снижение проективного покрытия доминантных видов кустарничков (*Vaccinium vitis-idaea* и *V. myrtillus*) и их фитомассы.

Высокоинтенсивные пожары приводят к изменению горизонтальной структуры напочвенного

покрова, где доминирующее положение занимают микроассоциации с участием *Calamagrostis epigeios* и видов рода *Polytrichum*. После средне- и низкоинтенсивных пожаров формирование горизонтальной структуры напочвенного покрова проходит в прежних границах с постепенным восстановлением допозарных микроассоциаций; на участках, прогоревших до минерального горизонта, микроассоциации приобретают мозаичную структуру.

Мхи и лишайники погибают полностью после пожара любой интенсивности от огневого или теплового воздействия. На восьмой год после пожара проективное покрытие зеленых мхов (*Pleurozium schreberi* и *Dicranum polysetum*) составляет всего 4–6%, по сравнению с допозарным состоянием (50%). На участках, прогоревших до минерального горизонта, доминируют пионерные виды мхов (*Polytrichum strictum* и *P. commune*). Лишайниковый покров не восстанавливается.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абаимов А.П., Прокушкин С.Г., Зырянова О.А.* Эколого-фитоценологическая оценка воздействия пожаров на леса криолитозоны Средней Сибири // Сиб. экологический журн. 1996. № 1. С. 51–60.
2. *Горбачев Н.Д., Дмитриенко В.К., Попова Э.П., Сорокин Н.Д.* Почвенно-экологические исследования в лесных биогеоценозах. Новосибирск: Наука, 1982. 185 с.
3. *Зырянова О.А., Бугаенко Т.Н.* Видовое разнообразие листовенных ассоциаций криолитозоны Средней Сибири и его послепожарная трансформация // Структурно-функциональная организация и динамика лесов: Матер. Всерос. конф. Красноярск, 2004. С. 301–303.
4. *Зырянова О.А., Бугаенко Т.Н., Абаимов А.П., Бугаенко Н.Н.* Пирогенная трансформация видового разнообразия в листовенных лесах криолитозоны // Лесные экосистемы Енисейского меридиана. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. С. 135–146.
5. *Иванова Г.А., Перевозникова В.Д.* Послепожарное формирование живого напочвенного покрова в сосняках Среднего Приангарья // Сиб. экологический журн. 1996. № 1. С. 109–116.
6. *Иванова Г.А., Перевозникова В. Д., Иванов В.А.* Трансформация нижних ярусов лесной растительности после низовых пожаров // Лесоведение. 2002. № 2. С. 30–35.
7. *Комарова Т.А.* Послепожарные сукцессии в лесах Южного Сихотэ-Алиня. Владивосток: Изд-во Дальневосточного НЦ, 1992. 222 с.
8. *Перевозникова В.Д., Иванова Г.А., Иванов В.А., Ковалева Н.М., Конард С.Г.* Видовой состав и структура живого напочвенного покрова в сосняках после контролируемых выжиганий // Сиб. экологический журн. 2005. № 1. С. 135–141.
9. *Перевозникова В.Д., Иванова Г.А., Иванов В.А., Ковалева Н.М.* Трансформация живого напочвенного покрова под воздействием пожаров в сосняках Средней Сибири // Экология. 2007. № 6. С. 476.
10. *Сукачев В.Н., Зонн С.В.* Методические указания к изучению типов леса. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 144 с.
11. *Черепанов С. К.* Сосудистые растения СССР. Л.: Мир и семья, 1984. 990 с.
12. *Foster D.R.* Vegetation development following fire in *Picea mariana* (black spruce) *Pleurozium* forests of south-eastern Labrador, Canada // Jour. of Ecology. 1985. N 73. P. 517–534.
13. *Korovin G.N.* Analysis of the Distribution of Forest Fires in Russia. Fire in Ecosystems of Boreal Eurasia, Goldammer J.G. and Furyaev V.V. (ed). Kluwer Academic Publishers: Dordrecht, 1996. P. 112–128.
14. *McRae D.J., Conard S.G., Ivanova G.A., Sukhinin A.I., Baker S.P., Samsonov Y.N., Blake T.W., Ivanov V.A., Ivanov A.V., Churkina T.V., Hao W.M., Koutzenogij K.P., Kovaleva N.M.* Variability of fire behavior, fire effects, and emissions in Scotch Pine forests of central Siberia // Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change. 2006. N 11. P. 45–74.
15. *Turner M.G., Romme W.H., Gardner R.H., and Hargrove W.W.* Effects of fire size and pattern on early succession in Yellowstone National Park // Ecological Monographs. 1997. N 67. P. 411–433.

Restoration of the Ground Cover after Surface Fires in Pine Forests of Middle Taiga

N. M. Kovaleva, G. A. Ivanova, E. A. Kukavskaya

The influence of experimental surface fires of different intensity on the ground cover was investigated in pine forests of the middle taiga. Fires, irrelative of their intensity, are shown to decrease the projective coverage and mass of dominant dwarf shrubs (*Vaccinium vitis-idaea* and *V. myrtillus*). The structure of postfire plant microgroups is determined by their boundaries before the fire and the degree of burning-out of the litter. Mosses and lichens fully disappear after fires of any intensity. On the 8th year after the fires, the projective coverage of mosses (*Pleurozium schreberi* and *Dicranum polysetum*) was 4–6% as compared to their coverage (50%) before the fires. On the areas burned out to the mineral soil horizon, pioneer mosses (*Polytrichum* and *P. commune*) predominate. The lichen cover is not regenerated.