

Видовой состав и структура живого напочвенного покрова в сосняках после контролируемых выжиганий

В. Д. ПЕРЕВОЗНИКОВА¹, Г. А. ИВАНОВА¹, В. А. ИВАНОВ², Н. М. КОВАЛЕВА¹, С. Г. КОНАРД³

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

²Сибирский государственный технологический университет
660049 Красноярск, просп. Мира, 82

³Лесная служба Департамента сельского хозяйства США, Вашингтон

АННОТАЦИЯ

Исследованы изменения видового состава и структуры живого напочвенного покрова под воздействием контролируемых выжиганий в сосняке кустарничково-лишайниково-зеленомошном подзоне средней тайги Средней Сибири. Разрушение мохово-лишайникового покрова и деградация мхов и лишайников происходят уже в первый год после пожара. Направление начального этапа пирогенной сукцессии определяется глубиной прогорания подстилки и степенью повреждения напочвенного покрова. После пожаров слабой интенсивности мозаичность покрова снижается за счет укрупнения мелких контуров, а после сильной – наблюдается образование мелкоконтурной мозаики. В этом случае ведущая роль в структуризации покрова принадлежит видам-эксплерентам или раннесукцессионным. Благодаря пирофитности сосны и разнообразию создавшихся пироэкологических режимов, видовое разнообразие травяно-кустарничкового яруса сохраняется, изменяются лишь обилие и проективное покрытие видов растений.

Пожары в бореальных лесах – постоянно действующий природный фактор, формирующий структуру и видовое разнообразие фитоценозов. По условиям местопроизрастания светлохвойные леса отличаются от темнохвойных, с чем связаны их высокая природная пожарная опасность и различия в периодичности пожаров. По-разному протекают и начальные этапы пирогенных сукцессий, о чем свидетельствуют особенности послепожарного формирования живого напочвенного покрова в разных регионах зоны бореальных лесов [1–3].

Естественные лесные пожары, возникающие от неизвестных источников возгорания и стихийно распространяющиеся по терри-

тории, не могут быть базой 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 тоже классифицируются по косвенным показателям. Необходимые сведения можно получить экспериментально с помощью контролируемых выжиганий.

Контролируемые выжигания – это направленное использование огня для различных лесохозяйственных целей, в первую очередь для снижения пожарной опасности и содействия естественному и искусственному лесовосстановлению в лесах и на вырубках [4]. В

настоящее время технологии контролируемых выжиганий позволяют моделировать пирогенные сукцессии и прогнозировать лесовосстановительный процесс, основываясь на характеристиках пожара (интенсивность и время пламенного горения, степень прогревания почвы, глубина прогорания подстилки и др.). Цель данной работы – выявить послепожарные изменения видового состава и структуры живого напочвенного покрова в сосняках под воздействием контролируемых выжиганий разной интенсивности.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА

Сосняк кустарничково-лишайниково-зеленомошный, где проводились экспериментальные выжигания, расположен на правом берегу р. Тогулан (в 25 км от ее устья), впадающей в р. Енисей в его среднем течении. Он произрастает на острове, окруженном болотом, и представляет собой низкую гриву, слегка вогнутую в центре, абсолютная высота которой над уровнем моря не превышает 60 м. Древостой разновозрастный, состав 10С, IV–V класса бонитета, со средним диаметром 26 см и высотой 22 м. Состав подроста 10С, разновозрастный, преобладает подрост со средней высотой 0,5 м, характер произрастания равномерный. Подлесок редкий, представлен *Rosa acicularis*, *Salix caprea*. Напочвенный покров дифференцирован по условиям микросреды, что обуславливает значительную вариабельность проективного покрытия. Общее проективное покрытие мохового покрова 60–100 %, доминирует *Pleurozium schreberi*, лишайникового – 20–100 %, в его составе доминируют *Cladonia arbuscula*, *Cl. rangiferina*, *Cl. stellaris*. Проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса от 15–20 до 40 %, высота яруса 20–35 см. Доминируют мезофитные кустарнички. В более дренированных экотопах преобладает *Vaccinium vitis-idaea*, в мезотрофных – *Vaccinium myrtillis*, на участках с повышенным увлажнением – *Ledum palustre*, *Vaccinium uliginosum*, в переувлажненных местообитаниях помимо сфагновых мхов (*Sphagnum fuscum* и *Sph. magellanicum*) произрастают болотные кустарнички (*Chamaedaphne calyculata*, *Oxycoccus microcarpus*). Четко выраженная струк-

тура напочвенного покрова обусловлена не только эдафоценотическими условиями (выраженностью микрорельефа и сомкнутостью крон древесного полога), но и давностью и интенсивностью последнего пожара. Самые низкие гипсометрические уровни рельефа заняты багульниково-бруснично-сфагновыми растительными группировками.

На двух практически одинаковых по условиям местообитания и структуре напочвенного покрова экспериментальных участках (200×200 м) в сосняке кустарничково-лишайниково-зеленомошном проведены эксперименты по моделированию поведения пожара, представляющие контролируемые выжигания разной интенсивности. На одном из них (участок 13) моделировали пожар низкой, а на другом (участок 14) – высокой интенсивности. Перед экспериментом на участках описали и зарисовали живой напочвенный покров. Аналогичную работу провели и после эксперимента. Для учета обилия видов растений и проективного покрытия травяно-кустарничкового яруса и мохово-лишайникового покрова заложили учетные площадки размером 2×2 м по 49 площадок на каждый участок. Обработку полученного материала проводили с помощью пакета программ. Результаты представлены в виде электронных таблиц и картосхем напочвенного покрова.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Пожары в сосновых лесах всегда были и остаются фактором эволюционного значения. Пожарный отбор, которому на протяжении многих тысячелетий подвергалась растительность сосновых лесов, не только способствовал выработке у сосны разнообразных адаптаций к воздействию огня, но и оказал существенное влияние на формирование состава и жизненных свойств экобиоморф, видов и биотипов [5].

Длительное воздействие повышенных температур приводит к тому, что растения, обладающая очень пластичным аппаратом биохимической защиты от различного рода повреждений, вырабатывают альтернативные биохимические процессы. Но при интенсивном кратковременном нагреве, в том числе и при пожарах, растения не могут обеспечить адап-

тационную перестройку метаболизма и не успевают защитить клетки от вредного воздействия [6]. По-видимому, невозможность такой адаптационной перестройки свойственна для видов древесных растений темнохвойных формаций, где средний межпожарный интервал составляет в среднем 90–100 и более лет [7, 8]. Что касается сосновых лесов, они находятся в режиме постоянно действующих пожаров с периодичностью, определяемой их широтным местонахождением и изолированностью ландшафта. В Средней Сибири межпожарный интервал варьирует от 8–12 лет в лесостепных сосняках до 25–40 лет в более северных бореальных. В сосняке кустарничково-лишайниково-зеленомошном, где проведены экспериментальные выжигания, интервал составляет 38,5 лет.

На этом основании можно предполагать, что сосна, обладающая широкой нормой адаптации к неблагоприятным условиям, в процессе роста и развития в условиях часто повторяющихся в большом диапазоне интенсивности лесных пожаров могла приобрести способность к адаптационной перестройке и на физиолого-биохимическом уровне. И в то же время, благодаря устойчивости ее к пирогенному фактору, после прохождения пожаров даже на относительно небольших участках создается разнообразие пирэкологических режимов [8], что также можно считать нормой адаптации, но уже на уровне сообщества.

С позиций отклика экосистемы в целом на воздействие пожаров образование пирэкологических режимов также можно отнести к адаптивной устойчивости фитоценоза. Этому в значительной мере способствует пирофитность сосны, с которой согласуются экологические особенности ее естественного возобновления, в частности способность успешно осваивать гаревые субстраты, что обеспечивает гетерогенность возрастной структуры [5]. Сосна закономерно воспроизводится после повторных пожаров благодаря механизму пирогенного наследования горизонтальной структуры фитоценозов, формируя мозаично-ступенчатую структуру естественных дендроценозов, что способствует наиболее успешному возобновлению, выживанию и доминированию ее популяций в течение многих поколений в циклически пожарной среде [9, 10].

Формирование нижних ярусов растительности в лесных сообществах строго детерминировано эдификатором. Поэтому вполне допустимо, что видовой состав травяно-кустарничкового яруса сосняков, отражая особенности структуры древостоя, сохраняет основу мозаичности покрова и также воспроизводится после повторных пожаров. При этом большое значение имеет интенсивность пожара. Так, например, в лиственничниках криолитозоны слабый низовой пожар полностью не разрушает структуру покрова и способствует более быстрому его восстановлению. После сильного беглого низового пожара вертикальная структура пирогенной ассоциации восстанавливается через 20 лет, а состав доминантов и синузидальная структура – через 50 [3].

Как установлено ранее [1], направление послепожарного формирования живого напочвенного покрова сосняков определяет структурная организация травяно-кустарничкового яруса исходного (допожарного) типа леса. Разнообразие пирэкологических режимов, создавшихся после пожара, всего лишь корректирует ситуацию. Так, в сосняках разнотравной группы типов леса, отличающихся видовым богатством нижних ярусов, средне- и слабопрогоревшие участки зарастают практически одинаково, сохраняя контуры допожарной мозаичности покрова, в то время как на сильно прогоревших участках очень часто формируются монодоминантные пионерные растительные группировки с доминированием кипрея или вейника.

После пожаров в лесах зеленомошного ряда, где мозаичность напочвенного покрова наиболее четко выражена, происходит деградация мохового покрова независимо от их формационной принадлежности в первый же год после пожара. Регенерация мохово-лишайникового покрова начинается спустя десятки лет при отсутствии повторных пожаров. Чаще всего место мхов занимают микрогруппировки с преобладанием злаков, бобовых и кипрея, образуя различные варианты мозаичного покрова [1, 2].

Проведенные нами исследования до пожара выявили следующее: флористический состав живого напочвенного покрова на экспериментальных участках практически не различается, видовое разнообразие невели-

Характеристика видового состава живого напочвенного покрова до эксперимента и после него

Видовой состав	Интенсивность пожара			
	слабая (участок 13)		сильная (участок 14)	
	до пожара	после пожара	до пожара	после пожара
<i>Травяно-кустарничковый ярус</i>				
Проективное покрытие, %	30–70	10–50	80	10–30
Высота яруса, см	25	15–20	22	8–25
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	cop ²	cop ¹⁻²	cop ³	sp
<i>V. myrtillus</i>	cop ¹	sp	sp-cop ¹	sol-sp
<i>Ledum palustre</i>	sp	sol	sol	un
<i>Calamagrostis arundinacea</i>	un	sol gr	un	sp-cop ¹
<i>Chamerion angustifolium</i>				un
<i>Моховой покров</i>				
Проективное покрытие, %	100	–	100	–
Высота яруса, см	4–5		4–5	
<i>Pleurozium schreberi</i>	cop ³		cop ³	
<i>Dicranum polysetum</i>	sol		sol	
<i>Polytrichum commune</i>	sol		sol	
<i>P. strictum</i>	un		un	
<i>Лишайниковый покров</i>				
Проективное покрытие, %	20		40	
Высота яруса, см	4		4	
<i>Cladonia arbuscula</i>	sp		sp	
<i>Cl. stellaris</i>	sol		sol	
<i>Cl. rangiferina</i>	cop ¹		cop ¹	
<i>Cl. cornuta</i>	sol		sol	
<i>Cl. deformis</i>	un		sol	
<i>Cl. gracilis</i>	sol			
<i>Cl. uncialis</i>			sol	

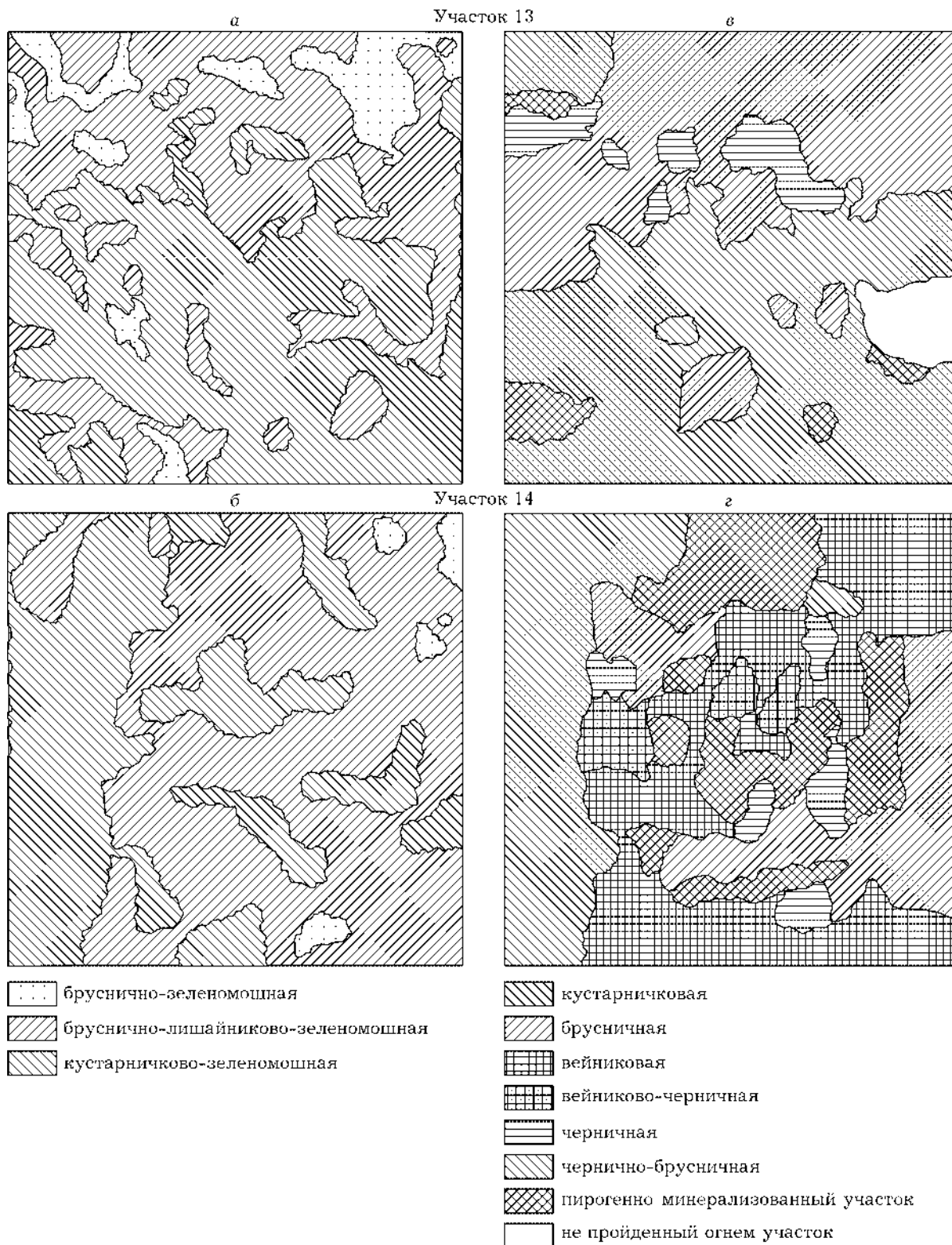
ко, число видов сосудистых растений не превышает 10. Видовой состав мхов также беден, несколько выше видовое разнообразие эпигейных лишайников рода *Cladonia* (см. таблицу).

Анализируя состояние живого напочвенного покрова до эксперимента, можно отметить, что видовой состав, проективное покрытие и высота ярусов на участках до пожара мало отличались (см. таблицу). Структура растительного покрова этих участков относительно однородна. Растительные микрогруппировки, составляющие основу напочвенного покрова, немногочисленны (кустарничково-зеленомошная, бруснично-лишайниково-зеленомошная и бруснично-зеленомошная) и четко отражают условия увлажнения экотопов. Имеющиеся между ними переходы (бруснично-лишайниковая, лишайниково-зеленомошная) носят главным образом локальный характер и чаще всего связаны с цено-

тическим фактором, обусловленным характером воздействия последнего пожара. Соотношение растительных группировок несколько различается в зависимости от густоты и сомкнутости древостоя, условий увлажнения, микро- и нанорельефа (см. рисунок, а, б).

Через год после проведения контролируемых выжиганий при обследовании экспериментальных участков выявили, что характер зарастания прогоревших участков строго детерминирован интенсивностью пожара. Это повлекло значительные изменения в доминировании видов и структуре напочвенного покрова уже в первый год после пожара. Контролируемые выжигания, при которых известны характеристики пожара и его поведение, помогут сопоставить особенности протекания пирогенных сукцессий в большом диапазоне послепожарных ситуаций.

В первый год после пожара на обоих участках независимо от интенсивности пожара



Изменение структуры живого напочвенного покрова после контролируемых выжиганий.

погиб мохово-лишайниковый покров. Сложение сохранившегося и трансформированного напочвенного покрова – раздельное и раздельно-групповое – резко отличалось от допожарного. Травяно-кустарничковый ярус весьма сильно был поврежден на участке 14, где интенсивность пожара была выше, на что указывает большая площадь пирогенно минерализованных участков. Заметно повысились обилие и проективное покрытие вейника (*Calamagrostis arundinacea*).

На участке 13, где интенсивность пожара была ниже, мохово-лишайниковый покров также деградировал. Следовательно, независимо от интенсивности пожара мхи и лишайники полностью деградируют от огневого или теплового воздействия уже в первый год после пожара. Границы структурных элементов травяно-кустарничкового яруса сохранились, но резко снизилось обилие кустарничков от cor^{1-2} до $sp-sol$. Несмотря на уменьшение обилия и проективного покрытия, сложение фитоценоза осталось сомкнуто-групповым, т. е. в прежних границах. В случае, когда повреждена только часть древостоя, происходят интенсивное отрастание кустарничков (*Vaccinium vitis-idaea* и *Ledum palustre*) и разрастание *Calamagrostis arundinacea*. Наблюдается тенденция к трансформации напочвенного покрова в кустарничково-вейниковый. Однако видовое разнообразие травяно-кустарничкового яруса практически сохраняется, изменяются лишь обилие и проективное покрытие видов растений.

На второй год после пожара продолжалась стабилизация видового состава и горизонтальной структуры растительного покрова. Мхи и лишайники в видовом составе по-прежнему отсутствовали. Видовое богатство травяно-кустарничкового яруса фактически сохранилось после пожара слабой интенсивности (участок 13). Интенсивный пожар на участке 14 способствовал внедрению в состав травостоя кипрея (*Chamerion angustifolium*), хотя на данном этапе сукцессии его ценотическая роль в покрове еще ничтожно мала. Общее проективное покрытие напочвенного покрова в среднем было существенно ниже, чем до пожара, на участке 13 в 1,6 раза, а на участке 14 – в 4 раза. Высота травяно-кустарничкового яруса заметно ва-

рьировала как в том, так и в другом случае (см. таблицу).

Если обилие брусники после пожара на участке 13 оставалось в пределах cor_{1-2} , то обилие других кустарничков (черники и багульника) заметно снизилось. На участке 14 наблюдались резкое снижение обилия всех видов кустарничков и резкое повышение вейника до cor_1 , что и отразилось на послепожарном формировании структуры покрова и доминировании растительных группировок на данном этапе пирогенной сукцессии.

В фитоценотической структуре напочвенного покрова обоих участков наметилась тенденция к ее стабилизации. Так, на участке 13, где отпад деревьев составил 15 %, практически в границах прежней допожарной бруснично-лишайниково-зеленомошной синузиды сформировалась брусничная микрогруппировка, тогда как в пределах кустарничково-зеленомошной – кустарничковая. Мозаичность покрова здесь также значительно снизилась по сравнению с допожарной. Доля сильно прогоревших фрагментов на этом участке сравнительно невелика (см. рисунок, а, в).

После очень интенсивного пожара на участке 14, где отпад деревьев составил 85 %, на второй год после пожара изменилось сложение напочвенного покрова из раздельного и раздельно-группового (в первый год после пожара) в сомкнуто-групповое. Заметно увеличилась его мозаичность, о чем свидетельствует разнообразие структурных элементов покрова по сравнению с допожарной ситуацией (см. рисунок, б, г). В прежних границах монолитного фрагмента кустарничково-зеленомошной синузиды сформировалась чернично-брусничная микрогруппировка, но она занимает меньшую площадь по сравнению с вейниковыми. Растительные группировки с доминированием вейника (вейниково-черничная и вейниковая) занимают центральное место в послепожарном формировании покрова. Доля пирогенно минерализованных участков на данном этапе сукцессии остается еще высокой (см. рисунок, г).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование состава и структуры живого напочвенного покрова в сосняках кустар-

ничково-лишайниково-зеленомошных после контролируемых выжиганий разной интенсивности выявило следующее: 1) разрушение мохово-лишайникового покрова и фактически деградацию мхов и лишайников уже в первый год после пожара; 2) зависимость начальных этапов сукцессионного процесса от глубины прогорания подстилки и степени нарушения напочвенного покрова. При пожарах слабой интенсивности, когда сгорает верхний слой подстилки и повреждения травяно-кустарничкового яруса незначительны, мозаичность покрова снижается за счет укрупнения мелких контуров и дальнейшее его формирование происходит в рамках структур микрорельефа. Высокоинтенсивные пожары, при которых повреждается или уничтожается эдификатор, выгорает большая часть подстилки и значительно нарушается живой напочвенный покров, изменяют структуру покрова, образуя мелкоконтурную мозаичность. В этом случае ведущая роль в его структуризации принадлежит видам-эксплорентам, таким как вейник, или раннесукцессионным, таким как кипрей. После контролируемых выжиганий, благодаря пирофитности сосны и образованию пироэкологических режимов, видовое разнообразие травяно-кустарничкового яруса сохраняется, изменяются лишь обилие и проективное покрытие видов растений.

Авторы выражают глубокую признательность за финансовую поддержку своих исследований

Национальному управлению космических исследований (NASA), Программе исследования изменений земных покровов и землепользования (LCUC), Американскому фонду гражданских исследований и развития в бывших республиках СССР (CRDF), Лесной службе Департамента сельского хозяйства США, Канадской лесной службе Министерства природных ресурсов Канады, Сибирскому отделению Российской академии наук, Российскому фонду фундаментальных исследований (грант 01-04-49340).

ЛИТЕРАТУРА

1. Г. А. Иванова, В. Д. Перевозникова, *Сиб. экол. журн.*, 1996, **3**: 1, 109–116.
2. Г. А. Иванова, В. Д. Перевозникова, В. А. Иванов, *Лесоведение*, 2002, **2**, 30–35.
3. О. А. Зырянова, Т. Н. Бугаенко, А. П. Абаимов, Н. Н. Бугаенко, Лесные экосистемы Енисейского меридиана. Новосибирск, Изд-во СО РАН, 2002, 135–146.
4. Е. Н. Валендик, В. Н. Векшин, Г. А. Иванова и др., Контролируемые выжигания на вырубках в горных лесах, Новосибирск, Изд-во СО РАН, 2001.
5. С. Н. Санников, Горение и пожары в лесу, Материалы совещания, Красноярск, ИЛИД СО АН СССР, 1973, 236–277.
6. Г. И. Гирс, Физиология ослабленного дерева, Новосибирск, Наука, Сиб. отд-ние, 1982.
7. Г. А. Иванова, *Сиб. экол. журн.*, 1996, **1**, 29–34.
8. В. В. Фуряев, Роль пожаров в процессе лесообразования. Новосибирск, Наука, Сиб. отд-ние, 1996.
9. С. Н. Санников, Н. С. Санникова, Экология естественного возобновления сосны под пологом леса, М., Наука, 1985.
10. С. Н. Санников, Экология популяций, М., Наука, 1991, 128–142.

Species Composition and Structure of the Living Surface Cover in Pine Stands after Controlled Burning

V. D. PEREVOZNIKOVA, G. A. IVANOVA, V. A. IVANOV, N. M. KOVALEVA, S. G. KONARD

Changes of the species composition and structure of the living surface cover under the influence of controlled burning in the pine stand of shrub-lichen-green moss subzone of middle taiga of Central Siberia were studied. Destruction of the moss-lichen cover and degradation of mosses and lichens take place already in the first year after a fire. The direction of the initial stage of pyrogenic succession is determined by the depth of burning of the litter and by the degree of damage of the surface cover. After fires of weak intensity, the cover mosaicism is decreased due to magnification of small contours, and after strong ones, formation of a small-contour mosaicism is observed. In this case, the leading role in the cover structurization is played by explerent or early succession species. Thanks to the pyrofitness of the pine and manifoldity of the formed pyroecological regimes, the species diversity of the grass-shrub storey is conserved, and it is only the abundance and the projective cover of plant species that change.