

УДК 630*434:630*182.47/.48

ДИНАМИКА НИЖНИХ ЯРУСОВ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ПОСЛЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ПОЖАРОВ В СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЯХ

Н. М. Ковалева¹, Р. С. Собачкин¹, Е. Ю. Екимова²

¹ Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН – обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН
660036, Красноярск, Академгородок, 50/28

² Красноярский государственный медицинский университет им. проф. В. Ф. Войно-Ясенецкого
660022, Красноярск, ул. Партизана Железняка, 1

E-mail: nk-75@mail.ru, romans@ksc.krasn.ru, ekimova1981@mail.ru

Поступила в редакцию 05.07.2017 г.

Представлены результаты исследований влияния экспериментальных выжиганий на нижние ярусы растительности в сосняках разнотравно-зеленомошных Красноярской лесостепи. Экспериментальные пожары привели к снижению видового богатства, проективного покрытия и фитомассы травяно-кустарничкового яруса, а также к гибели мохового покрова. В течение последующих двух лет исследований отмечено увеличение видового богатства и фитомассы травяно-кустарничкового яруса. Наибольшее число видов (28) отмечено в средневозрастном насаждении после пожара средней силы. Через 2 года проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса в средневозрастном насаждении достигло допожарных значений, в спелом древостое стало ниже исходного показателя в допожарном сообществе. Через 3 мес. после проведения выжиганий в средневозрастном насаждении количество всходов *Pinus sylvestris* L. составило 35.2 тыс. шт./га. На следующий год возобновление было представлено всходами (61.1 тыс. шт./га) и самосевом сосны (14.8 тыс. шт./га). Через 2 года количество всходов оставалось высоким и составляло 51.1 тыс. шт./га, количество самосева увеличилось в 3.2 раза и достигло 47.0 тыс. шт./га. Экспериментальный пожар слабой силы в спелом насаждении стимулировал появление 31.1 тыс. шт./га всходов сосны (через 3 мес. после выжигания). На следующий год после пирогенного воздействия возобновление было представлено всходами и самосевом в количестве 31.5 и 2.0 тыс. шт./га соответственно. Через 2 года количество всходов составило 17.4 тыс. шт./га, число самосева увеличилось в 11.0 раз и достигло 21.9 тыс. шт./га.

Ключевые слова: экспериментальное выжигание, сосняк, возобновление, напочвенный покров.

DOI: 10.15372/SJFS20180206

ВВЕДЕНИЕ

Пожары – один из основных факторов, определяющих направленность и динамику лесообразовательных процессов (Буряк и др., 2003; Санников и др., 2004; Седых, 2009). Это важный эволюционно-экологический фактор, формирующий облик растительности, регулирующий состав и структуру природных комплексов (Naveh, 1994; Retana et al., 2002; Vaeza et al., 2011; Иванова и др., 2014).

По данным Федерального агентства лесного хозяйства России, концепция охраны лесов от

пожаров, согласно которой тушатся абсолютно все возгорания в лесу, себя не оправдала. Практика показала, что статистически значимого снижения горимости не произошло, и это явилось дополнительным аргументом в пользу пересмотра однозначно негативного отношения к лесным пожарам (Волокитина, 1999). Переход большинства стран к системе пожароуправления предполагает использование управляемого огня для восстановления естественной природной среды и сохранения биоразнообразия. Для разработки рекомендаций по применению контролируемых выжиганий необходимо изучить

влияние огня разной интенсивности и периодичности на лесные биогеоценозы в конкретных условиях местопроизрастания.

В настоящее время при использовании технологии контролируемых выжиганий появилась возможность моделировать пирогенные сукцессии и прогнозировать лесовосстановление, основываясь на характеристиках пожара (интенсивности, времени пламенного горения, глубине прогорания и др.). Контролируемые выжигания широко используются за рубежом для различных нужд лесного хозяйства (Brown et al., 1991; Payette, 1992; Pietikäinen, Fritze, 1995; Knapp et al., 2011), в России подобные работы немногочисленны (Фуряев, 1966; Матвеев, 1995; Валендик и др., 2001; McRae et al., 2006; Prescribed burning..., 2013; Иванова и др., 2014).

В XX в. частые низовые пожары в лесостепной зоне Красноярского края способствовали формированию длительно-производных разнотравных сосняков. За период с 1880 по 1978 г. межпожарный интервал составил 8.4 года (Иванова и др., 2002; Валендик и др., 2011). Отсутствие пожаров последние 50 лет привело к формированию мощного мохового покрова, а также к трансформации сосняков разнотравных и бруснично-разнотравных в сосняки разнотравно-зеленомошные. Наряду со сменой доминантов напочвенного покрова произошло снижение видового разнообразия и продуктивности травяно-кустарничкового яруса (Иванова и др., 2002). За период с 1963 по 2006 г. видовой состав и обилие травяно-кустарничкового яруса сократились, возросла роль мохового покрова. Проективное покрытие мохового яруса составило 70–80 %, тогда как в 1960–1970-х гг. – не более 5 % (Бугаева, 2009).

Цель проведенных исследований – оценка воздействия пирогенного фактора на нижние ярусы растительности – живой напочвенный покров и возобновление сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* L. в сосняках разнотравно-зеленомошных Красноярской лесостепи.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Пробные площади (ПП) по 0.12 га каждая расположены в сосновых насаждениях «Погорельского бора», которые территориально входят в Красноярскую островную лесостепь. Географические координаты района работ: 56°22' с. ш., 92°57' в. д. Абсолютные высоты колеблются в пределах 250–300 м. Климат резко континентальный, средняя годовая температура –

0.5 °С. Продолжительность вегетационного периода 150 дней. Среднегодовое количество осадков 400 мм (Агроклиматический справочник..., 1961; Справочник..., 1967). Растительный покров представлен сосняками бруснично-разнотравно-зеленомошными и разнотравно-зеленомошными на дерново-подзолистых почвах.

Исследования проводили в сосновых насаждениях разнотравно-зеленомошных, не подвергавшихся пожарам более 50 лет (Иванова и др., 2002). ПП 1 – чистый по составу сосновый древостой (10С) 60 лет, класс бонитета – I, средний диаметр – 18.0 см, средняя высота – 20 м, полнота – 1.4, стволовой запас – 494 м³/га. В подлеске единично представлены *Sorbus aucuparia* subsp. *sibirica* (Hedl.) Krylov (syn. *Sorbus sibirica* Hedl.), *Salix caprea* L., *Rosa acicularis* Lindl. В напочвенном покрове доминировали *Rubus saxatilis* L., *Vaccinium myrtillus* L., *V. vitis-idaea* L. (табл. 1).

В моховом покрове доминировали *Pleurozium schreberi* (Willd. ex Brid.) Mitt., *Ptilium crista-castrensis* (Hedw.) De Not., *Hylocomium splendens* (Hedw.) Schimp.

ПП 2 – сосновое насаждение (10С) 110 лет, класс бонитета – I, средний диаметр – 31.5 см, средняя высота – 25.9 м, полнота – 1.1, стволовой запас – 537 м³/га. Подлесок редкий из *Rosa acicularis*. В напочвенном покрове доминировали *Rubus saxatilis*, *Vaccinium myrtillus*, *Calamagrostis arundinacea* (L.) Roth, *Maianthemum bifolium* (L.) F. W. Schmidt (см. табл. 1). В моховом покрове доминировали *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*.

Эксперименты по моделированию поведения контролируемых выжиганий проведены в мае–июне 2014 г. (табл. 2, рис. 1).

В результате экспериментальных выжиганий развились низовые пожары средней (ПП 1) и слабой (ПП 2) силы. Силу пожара определяли по внешним характеристикам: высоте пламени и скорости распространения кромки пожара. Для слабых пожаров высота пламени достигала 0.5 м, скорость распространения огня – до 1.0 м/мин, для средних: 0.5–1.5 м и 1.0–3.0 м/мин соответственно (Курбатский, 1962). При экспериментальных пожарах огнем пройдено 100 % площади участков.

В течение исследуемого периода (через 3 мес., 1 и 2 года после экспериментальных выжиганий) на ПП проводили оценку видового разнообразия, проективного покрытия и фитомассы живого напочвенного покрова. ПП разделили на 3 секции размером 10 × 10 м. В каждой секции заложили по 9 учетных площадок разме-

Таблица 1. Проективное покрытие (%) доминантов травяно-кустарничкового яруса в сосновых насаждениях до и после пожаров

Доминантные виды	До выжигания	Период после выжиганий		
		3 мес.	1 год	2 года
<i>ПП 1</i>				
<i>Calamagrostis arundinacea</i>	1.1	3.8	5.6	4.0
<i>Calamagrostis epigeios</i>	1.1	–	2.7	2.0
<i>Carex macroura</i>	2.2	2.2	2.4	1.9
<i>Lathyrus humilis</i>	2.5	2.7	4.1	3.3
<i>Maianthemum bifolium</i>	2.1	0.2	4.1	4.6
<i>Rubus saxatilis</i>	7.9	9.7	10.3	7.0
<i>Vaccinium myrtillus</i>	5.0	–	–	–
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	3.5	2.0	3.2	3.2
<i>Viola uniflora</i>	1.6	1.1	2.1	1.9
<i>ПП 2</i>				
<i>Calamagrostis arundinacea</i>	7.0	7.1	8.6	5.3
<i>Calamagrostis epigeios</i>	1.6	–	5.5	4.5
<i>Carex macroura</i>	3.2	2.8	2.1	1.6
<i>Iris ruthenica</i>	1.8	3.3	2.1	1.5
<i>Lathyrus humilis</i>	5.9	2.1	5.7	4.9
<i>Maianthemum bifolium</i>	6.5	1.6	5.2	3.4
<i>Rubus saxatilis</i>	11.5	7.3	13.5	10.2
<i>Saussurea controversa</i>	5.3	0.3	1.2	0.4
<i>Trifolium lupinaster</i>	2.0	0.9	1.4	1.2
<i>Vaccinium myrtillus</i>	8.9	0.6	1.8	2.3
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	1.6	3.1	2.9	3.2
<i>Viola uniflora</i>	0.5	2.5	2.4	1.5

Таблица 2. Характеристика экспериментальных пожаров

Показатель	Пробная площадь (возраст древостоя, лет)	
	ПП 1 (60)	ПП 2 (110)
Дата выжигания	16.06.2014	13.05.2014
Время зажигания	15:15	14:24
Высота пламени, м	1.3	0.8
Скорость распространения, м/мин	1.8	1.1
Глубина прогорания (мохов или подстилки), см	3.0 ± 0.2	1.4 ± 0.2

ром 1 × 1 м, на которых проводили глазомерную оценку видового разнообразия и проективного покрытия живого напочвенного покрова.

Фитомассу живого напочвенного покрова отбирали рамкой размером 20 × 25 см в 4-кратной повторности в каждой секции с последующим разбором по видам, высушиванием до абсолютно сухого состояния и определением массовой доли каждого вида в укосе.

Степень видового разнообразия оценена с помощью индекса Шеннона:

$$H = - \sum p_i \ln p_i,$$

где p_i – отношение встречаемости i -го вида к суммарной встречаемости видов (Шмидт, 1984).

Номенклатура сосудистых растений и мхов приведена согласно The Plant List (2013).

Так как экспериментальные выжигания проводили в весенне-летний период, когда травяно-кустарничковый ярус развит слабо, в год выжигания (2014) оценку видового разнообразия и проективного покрытия живого напочвенного покрова проводили в середине лета на смежных контрольных участках, расположенных в непосредственной близости от ПП.

Естественное возобновление сосны подсчитывали на учетных площадках одновременно с описанием живого напочвенного покрова. В работе использована классификация возобновления, предусмотренная Правилами лесовосста-



Рис. 1. Эксперименты по контролируемым выжиганиям на ПП. 1 – средневозрастной древостой; 2 – спелый древостой: а – живой напочвенный покров до пожара; б – древостои до пожара; в – экспериментальные выжигания; г – древостои и напочвенный покров после выжиганий.

новления (2007). Всходы и самосев учитывали отдельно. Учет подроста осуществляли по высотным группам, принимая во внимание жизненное состояние особи (здоровые, ослабленные, усыхающие и сухие) (Побединский, 1966; Ильичев и др., 2009).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Послепожарная растительность является отражением допожарного видового состава. Большинство видов допожарного сообщества присутствует в растительном сообществе и после огневого воздействия. Многие травянистые виды и кустарнички восстанавливаются из банка семян или побегов, отрастающих от корневищ растений (Anderson, Romme, 1991; Lentile et al., 2007). Выживание растений, а также их послепожарное восстановление зависят от глубины залегания регенерирующих органов растений в почве (Granström, Schimmel, 1993; Turner et al., 1997).

Исследования показали, что индекс Шеннона в спелом и средневозрастном древостоях до экспериментальных выжиганий был схожим. После проведения экспериментальных пожаров

(через 3 мес.) выявлено его снижение по сравнению с допожарными значениями (рис. 2, а).

Через 2 года после экспериментальных выжиганий отмечено увеличение индекса Шеннона. Большое видовое разнообразие травяно-кустарничкового яруса выявлено в средневозрастном насаждении, что связано с увеличением в живом напочвенном покрове доли травянистых видов в течение первых лет после пожара. Эти виды могут появляться из банка семян или смежных не затронутых огнем участков. В травяно-кустарничковом ярусе сосняков после огневого воздействия появились такие виды, как *Goodyera repens* (L.) R. Br., *Fragaria vesca* L., *Campanula glomerata* L., *Luzula pilosa* (L.) Willd.

Наибольшие изменения в живом напочвенном покрове происходят при пожарах средней и высокой интенсивности, приводящих к изменению структуры растительных микрогруппировок и смене доминантов напочвенного покрова, а также к гибели мохово-лишайникового яруса (Ковалева, Иванова, 2012). Исследования показали, что видовой состав травяно-кустарничкового яруса сосновых насаждений, пройденных пожарами средней и слабой силы, схож с допожарным видовым составом, но произошло

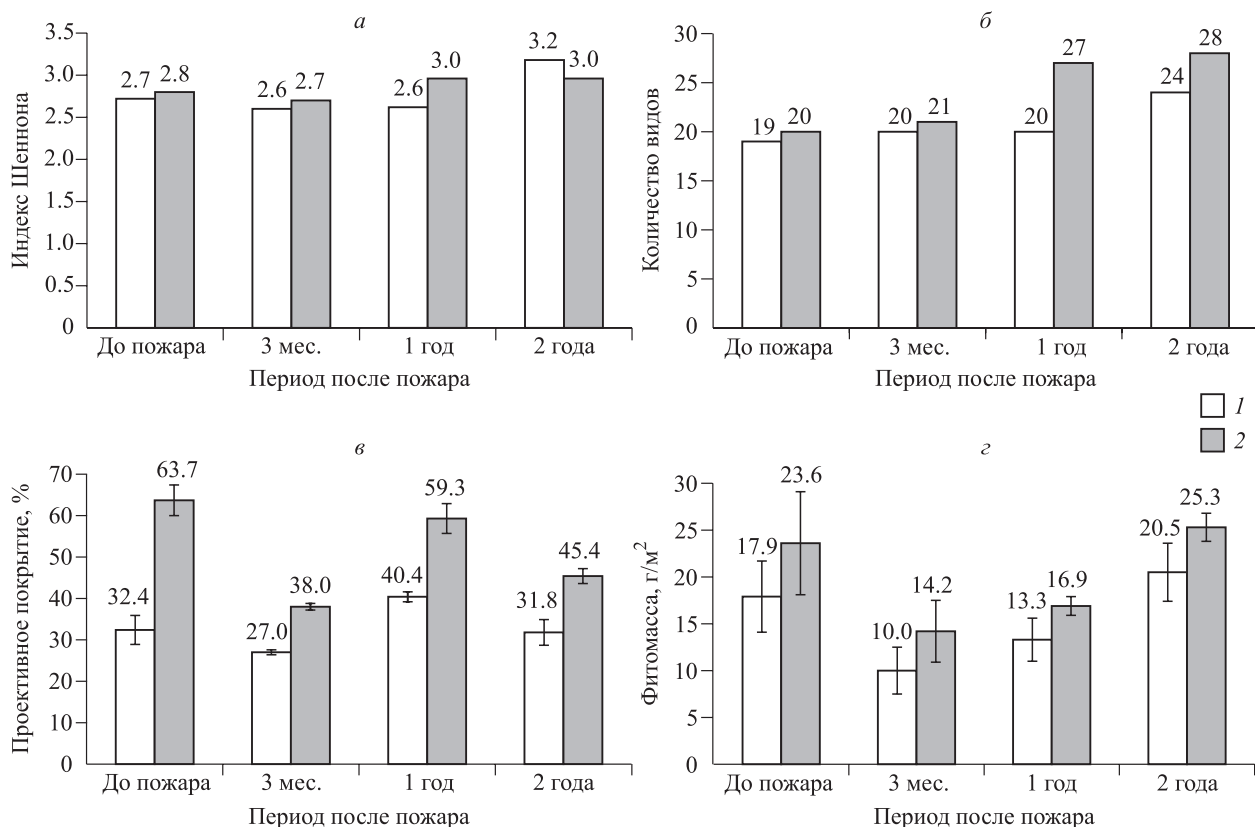


Рис. 2. Динамика травяно-кустарничкового яруса сосновых насаждений до и после экспериментальных выжиганий. 1 – средневозрастное насаждение; 2 – спелое насаждение.

снижение проективного покрытия видов (см. табл. 1).

За исследуемый период меньшее количество видов в травяно-кустарничковом ярусе отмечено в допожарных сосновых насаждениях, а также через 3 мес. после пирогенного воздействия (см. рис. 2, б). Экспериментальные пожары слабой и средней силы привели к увеличению количества видов травяно-кустарничкового яруса в спелом и средневозрастном насаждениях.

Установлено, что через 3 мес. после экспериментальных выжиганий общее проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса на ПП стало значительно ниже, чем в допожарных сообществах. В спелом насаждении оно было меньшим за весь период наблюдений. Через год после проведения экспериментальных пожаров в спелом насаждении проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса было близким к допожарному, в средневозрастном проективное покрытие яруса превышало допожарное (см. рис. 2, в). Через 2 года после проведения экспериментов проективное покрытие травяно-кустарничкового покрова снизилось: в средневозрастном насаждении соответствовало допожарным значениям, а в спелом древостое было ниже исходного показателя.

До проведения экспериментальных выжиганий в средневозрастном насаждении наибольшее проективное покрытие приходилось на *Rubus saxatilis*, *Vaccinium myrtillus* и *Vaccinium vitis-idaea*. Через 3 мес. после экспериментального пожара средней силы проективное покрытие *Rubus saxatilis* стало выше, чем в допожарном сообществе. Данный вид оставался доминантным на протяжении всего периода исследований. Через 3 мес. после пожара проективное покрытие *Vaccinium vitis-idaea* снизилось, но уже на следующий год было сравнимо с допожарным. На следующий год после экспериментального пожара средней силы произошло увеличение проективного покрытия вейников (*Calamagrostis arundinacea* и *C. epigeios*), а также *Maianthemum bifolium* (в 2 раза). Вид *Vaccinium myrtillus*, который доминировал в травяно-кустарничковом ярусе до пирогенного воздействия, не был встречен в напочвенном покрове после выжигания средней силы.

До экспериментальных выжиганий в спелом насаждении, как и в средневозрастном, в травяно-кустарничковом ярусе доминировали *Rubus saxatilis* и *Vaccinium myrtillus*. С большим проективным покрытием были отмечены виды *Calamagrostis arundinacea*, *Maianthemum*

bifolium, *Lathyrus humilis*, *Saussurea controversa* (см. табл. 1). Пожар слабой силы привел к снижению проективного покрытия *Saussurea controversa*, *Trifolium lupinaster*, *Carex macroura*, *Vaccinium myrtillus*. Проективное покрытие таких видов, как *Calamagrostis arundinacea* и *Rubus saxatilis*, оставалось высоким на протяжении всего периода исследований. Проективное покрытие *Vaccinium vitis-idaea* и *Calamagrostis epigeios* значительно возросло по сравнению с допожарным.

В средневозрастном насаждении до экспериментальных выжиганий основной вклад в фитомассу приходился на *Vaccinium vitis-idaea* (25 %), *Calamagrostis arundinacea* (17 %), *Rubus saxatilis* (16 %), а в спелом – на *Rubus saxatilis* (29 %), *Vaccinium vitis-idaea* (18 %), *Maianthemum bifolium* (14 %), *Calamagrostis arundinacea* (13 %). Экспериментальные пожары средней и слабой силы привели к снижению фитомассы травяно-кустарничкового яруса. Через 3 мес. после экспериментальных выжиганий фитомасса была минимальной, на следующий год отмечено ее незначительное увеличение. Через 2 года после экспериментальных пожаров фитомасса трав и кустарничков достигла допожарных значений (см. рис. 2, г). В средневозрастном насаждении после пожара, как и в допожарном сообществе, наибольшая фитомасса приходилась на *Vaccinium vitis-idaea* (16 %), *Calamagrostis arundinacea* (13 %), при этом следует отметить увеличение доли *Rubus saxatilis* (46 %) в послепожарном сообществе. В спелом насаждении основная доля фитомассы приходилась на *Rubus saxatilis* (32 %), *Carex macroura* (17 %), *Vaccinium vitis-idaea* (12 %). Доля *Maianthemum bifolium* в фитомассе травяно-кустарничкового яруса снизилась по сравнению с допожарными значениями (до 4 %).

Проективное покрытие мхов на ПП до экспериментальных выжиганий составляло 56 (спелое насаждение) и 66 % (средневозрастное насаждение). Фитомасса мохового покрова варьировала от 65.4 ± 13.0 (средневозрастное насаждение) до (70.0 ± 15.1) г/м² (спелое насаждение). После экспериментальных пожаров, независимо от их силы, моховой покров погиб полностью. На второй год после пожара слабой силы в напочвенном покрове в спелом насаждении единично встречались *Pleurozium schreberi* и *Hylocomium splendens* с общим проективным покрытием 1.5 % и фитомассой менее 1 г/м². В средневозрастном насаждении после пожара

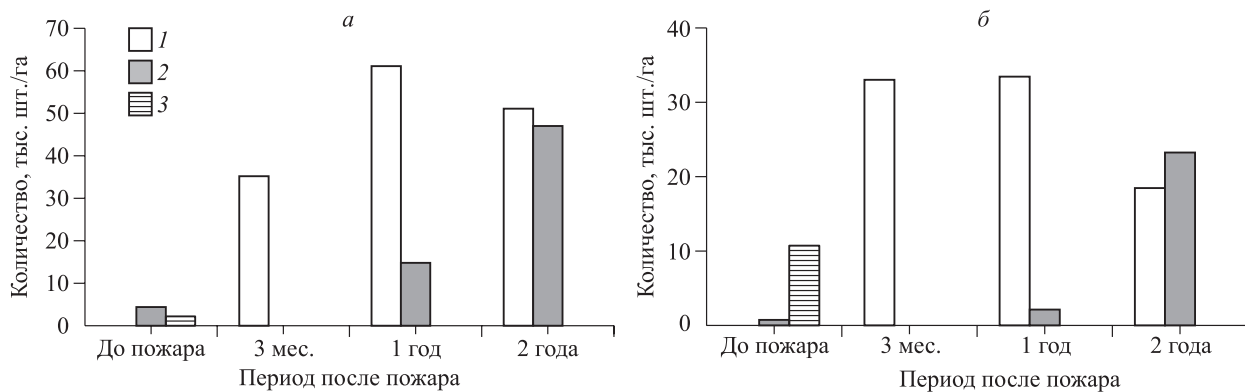


Рис. 3. Динамика возобновления в сосновых насаждениях до и после экспериментальных выжиганий; а – средневозрастное насаждение; б – спелое насаждение; 1 – всходы; 2 – самосев; 3 – подрост.

средней силы мхи за исследуемый период в почвенном покрове не встречены.

До проведения экспериментальных выжиганий определены индексы жизненного состояния подроста сосны в каждом из исследуемых насаждений (Алексеев, 1989; Цветков, 2009). В средневозрастном насаждении индекс жизненного состояния подроста составил 1.0, в спелом – 0.7, что свидетельствует о невозможности формирования высокопродуктивных сосновых древостоев из такого ослабленного подроста.

Возобновление в средневозрастном насаждении до проведения экспериментального выжигания было представлено здоровым самосевом и мелким подростом (0.1–0.5 м) сосны в количестве 4.4 и 2.2 тыс. шт./га соответственно (рис. 3, а).

После проведения экспериментального выжигания отмечено увеличение возобновления, количество всходов сосны в середине вегетационного сезона (через 3 мес. после пожара) составило 35.2 тыс. шт./га. На следующий год после экспериментального выжигания в средневозрастном насаждении количество возобновления увеличилось и было представлено всходами (61.1 тыс. шт./га) и самосевом *Pinus sylvestris* (14.8 тыс. шт./га). Через 2 года после проведения выжигания количество всходов оставалось высоким и составляло 51.1 тыс. шт./га, количество самосева увеличилось в 3.2 раза и достигло 47.0 тыс. шт./га, что свидетельствует о благоприятных условиях для возобновления после пожара средней силы.

В спелом древостое до проведения экспериментального выжигания возобновление было представлено самосевом (0.7 тыс. шт./га) и подростом (10.1 тыс. шт./га) *Pinus sylvestris* (см. рис. 3, б). На высотную группу 0.5–1.0 м приходилось 66 % (6.7 тыс. шт./га) от обще-

го количества подроста. Подрост этой высотной группы характеризовался как ослабленный (5.2 тыс. шт./га) и усыхающий (1.5 тыс. шт./га). Подрост высотной группы 0.1–0.5 м составлял 30 % (3.0 тыс. шт./га) от общего количества подроста, где 2.2 тыс. шт./га имели признаки здорового, а 0.8 тыс. шт./га – ослабленного. Подрост самой высокой группы (1.1–1.5 м) составлял 0.4 тыс. шт./га и по жизненному состоянию относился к усыхающему. Сухой подрост сосны выявлен в количестве 0.4 тыс. шт./га высотой 0.1–0.5 м. Таким образом, подрост сосны только нижней высотной группы характеризовался как здоровый, но по мере увеличения высоты его жизненное состояние ухудшалось до ослабленного и далее до усыхающего.

Экспериментальный пожар слабой силы в спелом древостое (через 3 мес.) стимулировал появление всходов сосны уже в середине этого же года в количестве 31.1 тыс. шт./га, что свидетельствует о создании благоприятных условий для возобновления после проведения экспериментального выжигания. На следующий год после пирогенного воздействия возобновление было представлено всходами и самосевом сосны в количестве 31.5 и 2.0 тыс. шт./га соответственно. Через 2 года после выжигания количество всходов составило 17.4 тыс. шт./га, число самосева увеличилось в 11.0 раз и достигло 21.9 тыс. шт./га.

Проведение экспериментальных выжиганий в средневозрастном и спелом сосновых насаждениях подтвердило лесовозобновительную эффективность огня (сопоставление численности всходов на выгоревших участках и на контроле за один и тот же период времени) (Бойченко, 1980): до проведения экспериментальных выжиганий всходы в исследуемых сосновых насаждениях отсутствовали, а после них коли-

чество всходов в средневозрастном и спелом насаждениях составило соответственно 35.2 и 31.1 тыс. шт./га.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Экспериментальные пожары слабой и средней силы в сосняках разнотравно-зеленомошных в Красноярской лесостепи привели к снижению видового богатства, проективного покрытия и фитомассы травяно-кустарничкового яруса. Через 2 года после экспериментальных пожаров средней и слабой силы видовое разнообразие и фитомасса травяно-кустарничкового яруса превышали допожарные значения. В спелом насаждении после пожара слабой силы проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса оставалось низким, в средневозрастном после пожара средней силы достигло своих допожарных значений.

Возобновление в средневозрастном и спелом сосновых насаждениях до проведения выжиганий было представлено самосевом и подростом *Pinus sylvestris*. Количество и жизненное состояние подроста свидетельствовали о его недостаточности, неблагонадежности и, как следствие, не перспективности для формирования высокопродуктивного древостоя. Причиной этого является острая конкуренция с моховым покровом и высокополнотным материнским древостоем. Проведение экспериментальных выжиганий позволило изменить структуру напочвенного покрова (гибель мохового покрова), что стимулировало увеличение возобновления. На протяжении всего периода исследований в сосновых древостоях более высокие показатели возобновления установлены в средневозрастном насаждении. Это связано, по нашему мнению, с большей силой пожара в данном древостое по сравнению со спелым насаждением, который был пройден пожаром слабой силы.

Работа проведена по темам базовых проектов: № 0356-2016-0706, 0356-2016-0708.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Агроклиматический справочник по Красноярскому краю и Тувинской АО. Л.: Гидрометеиздат, 1961. 268 с.

Алексеев В. А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // Лесоведение. 1989. № 4. С. 51–57.

Бойченко А. М. Естественное возобновление сосны в лесах северо-таежного Зауралья: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.05. Свердловск: Ин-т экол.

раст. и животных Уральск. науч. центра АН СССР, 1980. 23 с.

Бугаева К. С. Структура и динамика лесной растительности «Погорельского бора» (Красноярская лесостепь): автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16; 03.00.05. Красноярск: ИЛ СО РАН, 2009. 18 с.

Буряк Л. В., Лузганов А. Г., Матвеев П. М., Каленская О. П. Влияние низовых пожаров на формирование светлохвойных насаждений юга Средней Сибири. Красноярск: СибГТУ, 2003. 196 с.

Валендик Э. Н., Векшин В. Н., Иванова Г. А., Кисляхов Е. К., Перевозникова В. Д., Брюханов А. В., Бычков В. А., Верховец С. В. Контролируемые выжигания на вырубках в горных лесах. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. 172 с.

Валендик Э. Н., Верховец С. В., Кисляхов Е. К., Иванова Г. А., Брюханов А. В., Косов И. В., Голдаммер Й. Г. Технологии контролируемых выжиганий в лесах Сибири. Красноярск: СФУ, 2011. 193 с.

Волокитина А. В. Классификация растительных горючих материалов и методы их картографирования: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.03.03. Красноярск: Ин-т леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, 1999. 23 с.

Иванова Г. А., Иванов В. А., Перевозникова В. Д. Формирование структуры и биомассы напочвенного покрова в сосняках Красноярской лесостепи под воздействием пожаров // Лесн. таксация и лесостроительство. 2002. № 1(31). С. 91–97.

Иванова Г. А., Конрад С. Г., Макрае Д. Д., Безкоровайная И. Н., Богородская А. В., Жила С. В., Иванов В. А., Иванов А. В., Ковалева Н. М., Краснощечкова Е. Н., Кукавская Е. А., Орешков Д. Н., Перевозникова В. Д., Самсонов Ю. Н., Сорокин Н. Д., Тарасов П. А., Цветков П. А., Шишикин А. С. Воздействие пожаров на компоненты экосистемы среднетаежных сосняков Сибири. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 2014. 232 с.

Ильичев Ю. Н., Бушков Н. Т., Маскаев И. В. Лесовозобновление на вырубках по гарям Приобских боров лесостепной зоны: проблемы и перспективы. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 2009. 257 с.

Ковалева Н. М., Иванова Г. А. Динамика живого напочвенного покрова после низовых пожаров в сосновых насаждениях (Нижнее Приангарье) // Изв. Самарск. науч. центра РАН. 2012. Т. 14. № 1(5). С. 1264–1267.

Курбатский Н. П. Техника и тактика тушения лесных пожаров. М.: Гослесбумиздат, 1962. 154 с.

Матвеев П. М. Влияние лесовозобновительных выжиганий на средоформирующие функции северо-таежных лиственничников Восточной Сибири // Лесохозяйственная информ. 1995. № 5. С. 60–61.

Побединский А. В. Изучение лесовосстановительных процессов. М.: Наука, 1966. 60 с.

Правила лесовосстановления. Утверждены приказом МПР России от 16 июля 2007 г. № 183. Зарегистрированы в Минюсте РФ 20 августа 2007 г. № 10020.

Санников С. Н., Санникова Н. С., Петрова И. В. Естественное лесовозобновление в Западной Сибири. Екатеринбург: УрО РАН, 2004. 199 с.

- Седых В. Н. Лесообразовательный процесс. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 2009. 164 с.
- Справочник по климату СССР. Вып. 21. Ч. II. Температура воздуха и почвы. Л.: Гидрометеиздат, 1967. 504 с.
- Фуряев В. В. Шелкопрядники тайги и их выжигание. М.: Наука, 1966. 92 с.
- Цветков П. А. Пирогенные генерации сосны обыкновенной в среднетаежных лесах Средней Сибири // Современное состояние, проблемы и перспективы лесовосстановления и лесоразведения на генетико-селекционной основе: мат-лы Междунар. научн.-практ. конф., Гомель, 8–10 сент. 2009 г. Гомель: Ин-т леса НАН Беларуси, 2009. С. 225–228.
- Шмидт В. М. Математические методы в ботанике. Учеб. пособ. Л.: Изд-во ЛГУ, 1984. 288 с.
- Anderson J. E., Romme W. H. Initial floristics in lodgepole pine (*Pinus contorta*) forests following the 1988 Yellowstone fires // *Int. J. Wildland Fire*. 1991. V. 1. N. 2. P. 119–124.
- Baeza M. J., Santana V. M., Pausas J. G., Vallejo V. R. Successional trends in standing dead biomass in Mediterranean basin species // *J. Veget. Sci*. 2011. V. 22. Iss. 3. P. 467–474.
- Brown J. K., Reinhardt E. D., Fischer W. C. Predicting duff and woody fuel consumption in Northern Idaho prescribed fires // *For. Sci*. 1991. V. 37. N. 6. P. 1550–1566.
- Granström A., Schimmel J. Heat effects on seeds and rhizomes of a selection of boreal forest plants and potential reaction to fire // *Oecologia*. 1993. V. 94. Iss. 3. P. 307–313.
- Knapp E. E., Varner J. M., Busse M. D., Skinner C. N., Shestak C. A. Behaviour and effects of prescribed fire in masticated fuelbeds // *Int. J. Wildland Fire*. 2011. V. 20. N. 8. P. 932–945.
- Lentile L. B., Morgan P., Hudak A. T., Bobbitt M. J., Lewis S. A., Smith A. M. S., Robichaud P. R. // Post-fire burn severity and vegetation response following eight large wildfires across the Western United States // *Fire Ecol*. 2007. V. 3. Iss. 1. P. 91–108.
- 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. V. 11. Iss. 1. P. 45–74.
- Naveh Z. The role of fire and its management in the conservation of Mediterranean ecosystems and landscapes // *The Role of Fire in Mediterranean-Type Ecosystems* / José M. Moreno, Walter C. Oechel (Eds.). New York, Inc.: Springer-Verlag, 1994. P. 163–185.
- Payette S. Fire as a controlling process in the North American boreal forest / *A systems analysis of the global boreal forest* / H. H. Shugart, R. Leemans, and G. B. Bonan (Eds.). Cambridge, England, UK: Cambridge Univ. Press, 1992. P. 144–169.
- Pietikäinen J., Fritze H. Clear-cutting and prescribed burning in coniferous forest: comparison of effects on soil fungal and total microbial biomass, respiration activity and nitrification // *Soil Biol. Biochem*. 1995. V. 27. Iss. 1. P. 101–109.
- Prescribed burning in Russia and neighbouring temperate-boreal Eurasia / J. G. Goldammer (Ed.). Kessel Publ. House, 2013. 324 p.
- Retana J., Espelta J. M., Habrouk A., Ordóñez J. L., Solà-Morales F. Regeneration patterns of three Mediterranean pines and forest changes after a large wildfire in northeastern Spain // *Écoscience*. 2002. V. 9. P. 89–97.
- The Plant List, 2013. <http://www.theplantlist.org/>
- Turner M. G., Romme W. H., Gardner R. H., Hargrove W. W. Effects of fire size and pattern on early succession in Yellowstone National Park // *Ecol. Monogr*. 1997. V. 67. Iss. 4. P. 411–433.

DYNAMICS OF LOWER VEGETATION LAYERS AFTER EXPERIMENTAL FIRES IN PINE FORESTS

N. M. Kovaleva¹, R. S. Sobachkin¹, E. Yu. Ekimova²

¹ *Federal Research Center Krasnoyarsk Scientific Center, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch
V. N. Sukachev Institute of Forest, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch
Akademgorodok, 50/28, Krasnoyarsk, 660036 Russian Federation*

² *Krasnoyarsk State Medical University named after Prof. V. F. Voino-Yasenetsky
Partizana Zheleznyaka str., 1, Krasnoyarsk, 660022 Russian Federation*

E-mail: nk-75@mail.ru, romans@ksc.krasn.ru, ekimova1981@mail.ru

The influence of experimental burning on ground cover in pine forests of different age stands with dominated herbs and mosses in the Krasnoyarsk forest-steppe was studied. Experimental burning decreased species diversity, percent cover, and biomass of shrubs and herbs. Mosses degraded after fires. The species diversity and biomass of shrubs and herbs increased in 2 years after fire. The greatest species diversity of ground cover was in 60 year old pine forest in 2 years after fire (moderate intensity) (28 species). The percent cover of shrubs and herbs was below pre burning values in 110-years aged stand in 2 years after fire. The seedlings of Scotch pine *Pinus sylvestris* L. were 35.2 thousand units/ha in 60-years aged pine forest in 2 years after experimental burning. The seedlings of pine were 61.1 thousand units/ha and self-sowing was 14.8 thousand units/ha in the next year after fire. The number of pine shoots was high (51.1 thousand units/ha) and self-sowing was by 3.2 times more than in last year (47.0 thousand units/ha). Experimental burning of low intensity stimulated emergence of pine shoots in 110-years aged stand where their amount were 31.1 thousand units/ha in 3 month after fire. The reforestation was presented by pine shoots (31.5) and self-sowing (2.0 thousand units/ha) in next year after experimental burning. The number of pine shoots was 17.4 thousand units/ha and self-sowing increased by 11.0 times or 21.9 thousand units/ha in two years after burning.

Keywords: *experimental burning, pine forest, reforestation, ground cover.*

How to cite: *Kovaleva N. M., Sobachkin R. S., Ekimova E. Yu. Dynamics of ground layers after experimental fires in pine forests // Sibirskij Lesnoj Zurnal (Sib. J. For. Sci.). 2018. N. 2. P. 61–70 (in Russian with English abstract).*