

УДК 630*43

ЛЕСОВОЗОБНОВЛЕНИЕ ПОСЛЕ ПОЖАРОВ РАЗНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ В СОСНЯКАХ СРЕДНЕЙ СИБИРИ

С. В. Жила¹, Г. А. Иванова¹, В. А. Иванов², П. А. Цветков¹

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

² Сибирский государственный университет науки и технологий им. акад. М. Ф. Решетнева 660049, Красноярск, просп. Мира, 82

E-mail: zhila.sv@ksc.krasn.ru, gaivanova@ksc.krasn.ru, ivanovv53@yandex.ru, tsvetkov@ksc.krasn.ru

Поступила в редакцию 30.04.2019 г.

Ежегодно на территории Сибири возникают тысячи лесных пожаров, повреждающих лесные насаждения на огромных площадях, причем основная их часть возникает в сосняках. Рассматриваются особенности послепожарного возобновления в сосновых насаждениях Средней Сибири в зависимости от интенсивности и давности пирогенного воздействия. Произведена оценка динамики численности естественного возобновления сосны после пожаров в сосняках южной и средней тайги. Установлена зависимость количества самосева и подроста от продолжительности периода после пирогенного воздействия, которая особенно четко выражена после высокоинтенсивного пожара, коэффициент корреляции 0.81. Выявлена тесная связь количества подроста с интенсивностью пожара, коэффициент корреляции 0.82. При этом в сосняках после пожаров возобновление проходит без смены породы. После низкоинтенсивных пожаров формирование жизнеспособного подроста в сосновых насаждениях растягивается на более длительный период. Установлено, что на начальном этапе послепожарной сукцессии накопление фитомассы самосева и подроста в сосняках также определяется интенсивностью пожара и давностью пирогенного воздействия.

Ключевые слова: *сосновые насаждения, интенсивность пожара, послепожарная динамика, южная и средняя тайга, Красноярский край.*

DOI: 10.15372/SJFS20190606

ВВЕДЕНИЕ

Сосновые леса Средней Сибири отличаются высокой природной пожарной опасностью и повышенной горимостью по сравнению с темнохвойными и лиственными насаждениями. Пожары в сосняках возникают ежегодно и нередко охватывают значительные площади. В связи с этим возникает проблема лесовозобновления сосняков на пройденных пожарами территориях.

Как известно, воздействие пожаров на лесные формации имеет двойственное значение. С одной стороны, пожары для леса являются разрушающим фактором, с другой – в определенных лесорастительных условиях их воздействие стимулирует появление естественного

возобновления сосны, лиственницы и некоторых других пород. Оказывая большое влияние на формирование лесных насаждений, пирогенный фактор в значительной степени обуславливает их продуктивность и жизненное состояние. Этим предопределяется длительное существование ряда лесных формаций (Мелехов, 1948; Санников, Санникова, 1985; Санников, 1992; Фуряев, 1996; Седых, 2009).

Ранее в работах российских и зарубежных авторов приводилась оценка особенностей послепожарного естественного возобновления сосны в разных регионах и различных условиях произрастания (Санников, 1981, 1992; Engelmark, 1993; Буряк и др., 2003; Цветков, 2013; Платонова, Иванова, 2014; Иванова и др., 2014). Установлено, что благоприятное влияние

пожаров проявляется в смешанных светлохвойных насаждениях в первые 5 лет после пирогенного воздействия. Отмечено массовое появление всходов за счет создавшихся после пожаров благоприятных условий.

Так, по данным С. Н. Санникова (1992), после пожаров происходит улучшение физических свойств субстрата, микроклимата, снижение конкуренции фитоценоза и улучшение условий почвенного питания для всходов сосны. Пожар любой интенсивности уничтожает лишайниковый, гипново-моховой покров и надземные части травяно-кустарничкового яруса, способствуя вегетативному возобновлению и росту популяций относительно пожароустойчивых видов. После пожара уменьшается толщина почвенного субстрата. При этом в первые 2–4 года после пожаров в верхнем слое почвы сосняков зеленомошного типа леса наблюдается увеличение содержания зольных элементов, минеральных форм азота, а также обилия и активности микрофлоры и гумусообразующих педобионтов.

Многие исследователи отмечали на горячих обильное возобновление сосны и лиственницы, т. е. пожары стимулируют возобновление светлохвойных пород (Санников, 1992; Цветков, 1996; Буряк и др., 2003).

Аналогичная картина наблюдается в лесах других стран, например в США (Payette et al., 1992), Швеции (Engelmark, 1993) и в ряде других европейских государств (Angelstam, 1998). По мнению авторов, данное явление объясняется формированием благоприятных послепожарных условий для появления естественного возобновления, а также способностью древесных пород адаптироваться к условиям послепожарного экотопа.

Для хозяйственно-практических и научных целей необходима оценка возобновления. Успешность его определяется густотой или численностью особей молодого поколения леса на единицу площади, его составом, возрастом, ростом и состоянием. При установлении количества самосева и подростка определенной породы, которое может быть признано достаточным, чтобы считать возобновление успешным, надо учитывать не только биологию и экологию, но и хозяйственную значимость древесной породы.

Таким образом, процесс послепожарного лесовозобновления в сосняках Средней Сибири является актуальным лесоводственно-экологическим вопросом, имеющим важное хозяйственное значение.

Цель нашей работы – количественная и качественная оценка естественного возобновления после низовых пожаров разной интенсивности в сосновых насаждениях Красноярского края.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в подзоне средней тайги в сосняках Нижне-Енисейском лесничества Красноярского края. Экспериментальные участки площадью по 4 га расположены на Сымской равнине Западно-Сибирской низменности в бассейнах рек Дубчес и Сым, а также в среднем течении р. Тугулан – левого притока Енисея.

В подзоне южной тайги экспериментальные участки заложены в Нижнем Приангарье, в Невонском и Хребтовском лесничествах. Таксационно-лесоводственная характеристика сосновых насаждений приведена в табл. 1.

Среднетаежные сосняки (участки 1–9) представлены древостоями пирогенного происхождения, чистыми по составу и простыми по строению. Здесь выявлено несколько возрастных групп деревьев: 120–140, 180–190, 220–250, 280 лет, появившихся после пожаров. Встречаются отдельные деревья 370 и 450 лет. Класс бонитета IV. Подрост 10С, 11–29 тыс. шт./га, средний возраст 20–25 лет, высотой до 1.0 м, ослабленный. Подлесок редкий, представлен шиповником собачьим *Rosa canina* L. и ивой козьей *Salix caprea* L. Общее проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса варьирует от 15 до 40 %, высота яруса 20–35 см, преобладают брусника *Vaccinium vitis-idaea* L., черника *Vaccinium myrtillus* L., багульник болотный *Ledum palustre* L., вейник тростниковидный *Calamagrostis arundinacea* (L.) Roth. В моховом покрове доминирует плевроциум Шребера *Pleurozium schreberi* (Willd. ex Brid.) Mitt. В лишайниковом покрове доминирует кладония оленья *Cladonia rangiferina* (L.) Weber ex F. H. Wigg. Проективное покрытие лишайниково-мохового покрова до 100 %.

Южно-таежные сосняки на участках № 10, 11 отнесены к кустарничково-лишайниково-зеленомошному типу леса. Они также пирогенного происхождения, чистые по составу и простые по строению. Древостои разновозрастные, преобладают деревья 110–220 лет, но встречаются и более старые. Класс бонитета III. Подрост 10С, 20–30 тыс. шт./га, средний возраст 15–20 лет, высотой до 2.0 м, куртинный. Подлесок ред-

Таблица 1. Таксационно-лесоводственная характеристика сосняков

№ участка	Тип соснового леса	Состав	$H_{ср}$, м	$D_{ср}$, см	Полнота	Число стволов, шт./га	Подрост сосны, тыс. шт./га
<i>Среднетаежные сосняки</i>							
1	Лишайниково-бруснично-зеленомошный	10С	20.6	30.5	0.6	441	11.5
2	Кустарничково-лишайниково-зеленомошный	10С	20.0	30.6	0.6	216	18.2
3	Бруснично-лишайниково-зеленомошный	10С	20.9	29.0	0.7	296	12.8
4	Бруснично-лишайниковый	10С	19.2	29.1	0.6	324	10.9
5	Лишайниково-кустарничково-зеленомошный	10С	17.9	35.2	0.8	219	17.5
6	Лишайниково-кустарничково-зеленомошный	10С	16.8	25.4	0.8	376	29.2
7	Бруснично-лишайниково-зеленомошный	10С	19.4	31.1	0.8	200	29.5
8	Бруснично-лишайниково-зеленомошный	10С	19.0	29.3	0.8	230	12.5
9	Кустарничково-лишайниково-зеленомошный	10С	19.3	30.8	0.7	318	11.4
<i>Южно-таежные сосняки</i>							
10	Бруснично-лишайниково-зеленомошный	10С	22.1	25.2	1.0	698	30.6
11	Кустарничково-лишайниково-зеленомошный	10С	22.7	26.7	0.8	461	20.4
12	Ольховниково-бруснично-зеленомошный	9С1Лц ед. Ос	21.5	23.1	1.0	1568	40.2
13	Разнотравно-бруснично-зеленомошный	10С+Лц ед. Ос	18.8	16.9	1.0	1800	30.1

кий, в нем представлены шиповник собачий, ива козья и рябина обыкновенная *Sorbus aucuparia* L.

Живой напочвенный покров дифференцирован по условиям микросреды и в значительной мере связан с условиями увлажнения. В видовом составе травяно-кустарничкового яруса доминируют брусника, черника, багульник болотный, проективное покрытие варьирует от 40 до 60 %. В моховом покрове преобладают плевроциум Шребера, в примеси дикранум многоножковый *Dicranum polysetum* Sw. и политрихум обыкновенный *Polytrichum commune* Hedw. Среди лишайников доминирует кладония оленья, содоминирует кладония мягкая *Cladonia arbuscula* (Wallr.) Flot. Проективное покрытие лишайниково-мохового покрова до 100 %.

Сосняки на участках № 12 и 13 отнесены к бруснично-зеленомошному типу леса. Древостои одновозрастные (110 лет), представлены в основном сосной с небольшой примесью лиственницы сибирской. Подрост – 10С численностью 30–40 тыс. шт./га. Средний возраст

10–20 лет, высотой до 1.0 м. Характер произрастания равномерно-групповой. В подлеске доминирует ольха кустарниковая *Duschekia fruticosa* (Rupr.) Pouzar, единично встречаются рябина обыкновенная, ива козья, жимолость голубая *Lonicera caerulea* L., шиповник собачий.

Проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса варьирует от 30 до 70 %. Доминируют брусника и черника. В моховом покрове доминирует плевроциум Шребера, содоминируют гилокомиум блестящий *Hylocomium splendens* (Hedw.) Bruch et al. и дикранум многоножковый, проективное покрытие до 90 %. Лишайники представлены такими видами, как кладония оленья и пельтигера собачья *Peltigera canina* (L.) Willd., и приурочены в основном к валежу.

Согласно классификации и диагностике почв России (Шишов и др., 2004), почвы в сосняках – иллювиально-железистый песчаный подзол.

В период с 2000 по 2003 г. на участках проведены эксперименты по моделированию поведения пожаров разной интенсивности. Экспе-

рименты представляли собой контролируемые выжигания, максимально приближенные к естественным пожарам, при которых зажигание проводили по направлению ветра от одной из сторон участка. При этом моделировалось распространение фронтальной кромки пожара. Все сосняки на экспериментальных участках пройдены низовым огнем. Пожары с интенсивностью до 2000 кВт/м отнесены к низкоинтенсивным, от 2001 до 4000 кВт/м – к среднеинтенсивным и более 4000 кВт/м – к высокоинтенсивным (McRae et al., 2006). Контролируемые пожары высокой интенсивности имели место на участках № 6 и 11, средней – на участках № 1, 4, 8, 10, низкой – на участках № 2, 3, 5, 7, 9, 12 и 13.

После экспериментальных пожаров в сосняках на участках проводили оценку и мониторинг состояния компонентов насаждения, их фитомассы и послепожарной сукцессии. Для этого до начала выжиганий на каждом экспериментальном участке размечали сеть базовых точек на расстоянии 25 м одна от другой с целью дальнейшей привязки учетных площадок и получения целостного профиля различных слоев данных. В результате имели базовую сетку из точек, расположение каждой из которых фиксировалось в пространстве, что позволило сопоставить данные послепожарного мониторинга.

Оценку естественного возобновления до и после пожара проводили по методике А. В. Побединского (1966). Для количественной оценки закладывали на экспериментальных участках по 25–30 учетных площадок размером 1 × 1 м. На каждой площадке проводили пересчет естественного возобновления, выделяя в отдельную категорию всходы (растения первого года жизни) и самосев, к которому относили растения в возрасте 2–5 лет. Растения старше 5 лет относили к категории подрост. По всходам можно судить об условиях для появления естественного возобновления, а по самосеву, особенно по подросту, – об условиях его дальнейшего роста и развития. По высоте подрост делили на группы.

Для оценки характера размещения естественного возобновления по площади участка определяли встречаемость и обилие. Встречаемость – это показатель, тесно связанный с численностью. Его определяли как долю (%) учетных площадок, на которых встретились самосев и подрост, от общего числа площадок. При встречаемости больше 65 % расположение естественного возобновления считается равномерным, 40–65 % – неравномерным (Правила лесовосстановления..., 2019).

Обилие характеризуется числом особей на 1 м² и показывает степень их скученности. Оно рассчитывается как отношение общего числа подростов на всех учетных площадках к числу занятых им площадок. Если число мелкого подростов не менее 10 шт./м², а среднего и крупного – не менее 5, то возобновление считается групповым (Правила лесовосстановления..., 2019).

Для оценки фитомассы отбирали образцы самосева и подростов по грациям высот. Всего было отобрано 34 экз. подростов и самосева. Подрост разделяли на фракции (стволок, ветви, хвоя) и высушивали до абсолютно сухого состояния.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Известно, что сразу после пожаров, независимо от их интенсивности, создаются благоприятные условия для появления и развития всходов сосны. Это происходит благодаря удалению огнем неразложившегося верхнего слоя подстилки и мохового покрова, улучшению обеспеченности субстрата влагой, теплом и доступными элементами питания, снижению конкуренции со стороны деревьев, кустарников и напочвенного покрова (Бузыкин, Попова, 1978; Санников, 1981, 1992; Сапожников, 1982; Подшивалов, 2000).

В исследуемых сосняках с доминированием в напочвенном покрове кустарничков, лишайников и зеленых мхов после пожаров, независимо от их интенсивности, мохово-лишайниковый покров полностью сторел или погиб уже в первый год после пожара. Полностью сторели древесный опад и упавшие веточки, частично – подстилка и валеж. Таким образом, конкуренция со стороны напочвенного покрова была почти полностью устранена, а послепожарный опад деревьев снизил конкуренцию и со стороны полога древостоя.

В первый год после пожаров любой интенсивности на экспериментальных участках появляются массовые всходы: после высокоинтенсивного пожара, например, более 182 тыс. шт./га (табл. 2). Всходы появляются ежегодно, но наибольшее их количество наблюдается в семенные годы. Впоследствии более 90 % появившихся всходов сосны погибает. Это может быть связано с повышением дневных температур на почвенной поверхности гари до 50 °С и недостатком влаги (Тарасов и др., 2011), а также с увеличением конкуренции со стороны древостоя, кустарников и восстанавливающегося

Таблица 2. Динамика естественного возобновления в сосняках после пожаров разной интенсивности

№ участка	Год пожара	Интенсивность пожара, кВт/м	Доля отпада деревьев, % от допозарного числа	Глубина прогорания слоя ЛПМ, см	Период после воздействия пожара, лет													
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	13	14		
					Численность послепожарной генерации, тыс. шт./га													
<i>Среднетяжелые сосняки</i>																		
6	2000	Высокая	89.3	6.4	182.5	23.8	17.6	18.9	17.5	—	—	—	22.1	—	—	—	—	18.1
1	2001	Средняя	10.4	4.4	4.0	2.4	3.2	9.6	—	—	—	47.5	—	—	—	—	—	54.2
4	2001	»	19.4	4.0	2.1	1.1	2.1	10.7	—	—	—	62.3	—	—	—	—	—	38.4
8	2002	»	12.1	4.1	0.7	6.8	17.9	—	—	—	185.4	—	—	—	29.1	—	—	—
2	2001	Низкая	5.3	3.3	0.5	0.5	5.5	5.8	—	—	—	33.3	—	—	—	—	—	31.9
3	2002	»	11.8	3.9	1.6	0.4	6.4	—	—	—	30.4	—	—	—	18.1	—	—	—
5	2000	»	10.7	4.7	88.3	65.2	60.0	45.4	57.9	—	—	—	67.9	—	—	—	—	64.8
7	2001	»	11.0	3.5	1.4	4.8	2.6	3.6	—	—	—	5.0	—	—	—	—	—	35.4
9	2002	»	3.0	4.2	0.7	3.7	10.7	—	—	—	135.7	—	—	—	22.8	—	—	—
<i>Южно-тяжелые сосняки</i>																		
11	2002	Высокая	71.1	6.6	13.4	26.9	48.6	27.5	93.3	42.5	51.0	63.8	88.1	—	—	—	—	103.3
10	2002	Средняя	18.3	5.6	3.2	28.8	82.8	61.1	143.3	63.9	72.7	75.6	120.5	—	—	—	—	68.3
12	2003	Низкая	9.8	3.3	24.6	160.0	—	104.8	166.0	—	83.3	—	—	—	189.2	—	—	—
13	2003	»	6.4	3.0	14.1	103.1	—	74.2	96.4	—	70.8	—	—	—	166.1	—	—	—

Примечание. Прочерк – в этот год на данном участке наблюдения не проводились. Численность послепожарной генерации включает всходы, самосев и подрост.

Таблица 3. Показатели возобновления в сосняках средней и южной тайги после пожаров разной интенсивности

№ участка	Год пожара	Интенсивность пожара	Доля сохранившихся деревьев, % от допозарного числа	Фитомасса живого напочвенного покрова, г/м ²	Численность, тыс. шт./га			Встречаемость, %	Обилие, шт./м ²
					самосева	подроста	всего		
<i>Среднетаежные сосняки (на 2014 г.)</i>									
6	2000	Высокая	10.7	111	1.4	15.7	17.1	95	2
1	2001	Средняя	89.6	101	28.3	7.5	35.8	88	4
4	2001	»	80.6	141	16.0	3.6	19.6	80	3
8	2002	»	87.9	31	14.8	1.3	16.1	74	3
2	2001	Низкая	94.7	66	15.0	1.5	16.5	62	3
3	2002	»	88.2	99	9.2	1.2	10.4	58	3
5	2000	»	89.3	87	22.8	8.6	31.4	76	4
7	2001	»	89.0	151	15.8	4.3	20.1	70	3
9	2002	»	97.0	55	12.0	0.8	12.8	76	2
<i>Южно-таежные сосняки (на 2015 г.)</i>									
11	2002	Высокая	28.9	43	40.9	20.0	60.9	90	7
10	2002	Средняя	81.7	16	31.7	1.6	32.3	78	4
12	2003	Низкая	90.2	49	41.8	19.2	61.0	85	7
13	2003	»	93.6	18	70.0	10.9	80.9	91	9

травяно-кустарничкового яруса, а также с возможным уничтожением всходов птицами и мышевидными грызунами (Цветков, 2009).

Через 12–14 лет после пирогенного воздействия численность самосева и подроста в среднетаежных сосняках составила от 10.4 до 35.8 тыс. шт./га, а в южно-таежных была больше в 2 раза – от 32.3 до 80.4 тыс. шт./га (табл. 3). В южно-таежных сосняках более успешное по сравнению со среднетаежными послепожарное возобновление объясняется более благоприятными для произрастания лесорастительными условиями в районе Нижнего Приангарья.

Показатель встречаемости варьирует в среднетаежных сосняках от 58 до 95 %, а в южно-таежных – от 78 до 91 % (см. табл. 3). Расположение естественного возобновления почти на всех участках можно охарактеризовать как равномерное, лишь на двух участках в среднетаежных сосняках (№ 2 и 3), пройденных низовыми пожарами, оно неравномерное.

Показатель обилия, характеризующий степень скученности, в среднетаежных сосняках варьирует от 2 до 4 шт./м², т. е. произрастание здесь одиночное. В южно-таежных сосняках показатель обилия выше по сравнению со среднетаежными и изменяется от 4 до 9 шт./м². Размещение самосева и подроста сосны на этих участках можно отнести к групповому.

Крупный подрост сформировался только в сосняках на участках, пройденных высоко-

интенсивными пожарами (участки № 6 и 11) (рис. 1).

На всех участках, пройденных пожарами низкой и средней интенсивности, высота подроста не превышает 0.5 м и крупный подрост встречается единично.

Послепожарное возобновление в южно- и среднетаежных сосняках происходит без смены пород – сосной с единичной примесью кедра, пихты и березы.

Выявлена тесная связь общего количества самосева и подроста с продолжительностью периода после воздействия высокоинтенсивного пожара (коэффициент корреляции 0.82), характерная для южно-таежных сосняков (рис. 2). После пожаров в среднетаежных сосняках она менее выражена.

Возобновление в сосновых насаждениях определяется интенсивностью пожара и степенью пирогенной трансформации среды обитания и не зависит от лесорастительной зоны. Выявлена прямая зависимость количества подроста (на последний год наблюдений: 2014 г. – в среднетаежных сосняках и 2015 г. – в южно-таежных) от интенсивности пожара, коэффициент корреляции 0.81 (рис. 3).

Выявлена также обратная связь между численностью подроста и количеством деревьев, выживших после воздействия пожара, коэффициент корреляции $r = -0.61$. Таким образом, чем реже древесный полог, тем благоприятнее усло-

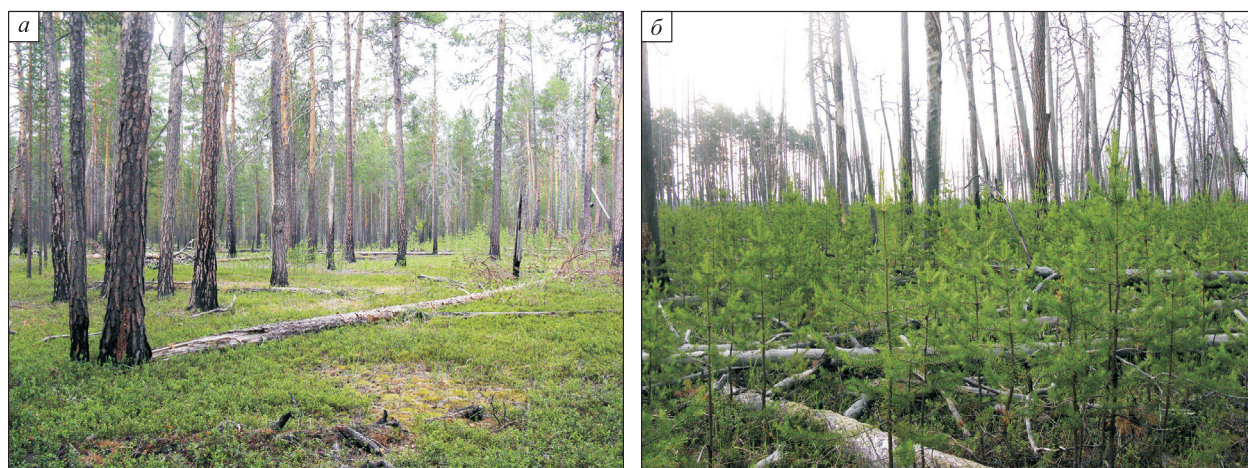


Рис. 1. Естественное возобновление в среднетаежных сосняках лишайниково-зеленомошных через 14 лет после пожаров низкой (а) и высокой (б) интенсивности.

вия произрастания. Через 13–14 лет после высокоинтенсивных пожаров количество выживших деревьев составило 10.7 % от допожарного значения в среднетаежном сосняке (участок № 6) и 28.9 % в южно-таежном (участок № 11) (см. табл. 3). При этом на данных участках наибольшее количество здорового подроста – 15.7 и 20 тыс. шт./га, чего, согласно действующим Правилам лесовосстановления (2019), вполне достаточно для лесовозобновления.

После низкоинтенсивных пожаров формирование жизнеспособного подроста в сосняках растягивается на более длительный период из-за сохранившегося почти полностью (более 90 %) древесного полога и быстрого отрастания от уцелевших корней кустарничков и трав. Состояние послепожарного самосева и подроста ослабленное, особенно в среднетаежных сосняках, из-за воздействия различных фитопатогенов. Помимо конкуренции со стороны древостоя и напочвенного покрова, по данным П. А. Цветкова (2009), причиной ослабления возобнове-

ния на данных экспериментальных участках являются болезни ассимилирующего аппарата, такие как шютте обыкновенное, снежное, серое, цинангиевый некроз и биоторелловый рак. Поэтому через 12–14 лет не на всех участках в сосняках, пройденных пожарами низкой и средней интенсивности, сформировалось достаточное количество подроста. Например, на участках № 2, 3, 8–10 количество подроста составляет от 0.8 до 1.6 тыс. экз./га, что по критериям для этого региона (Правила лесовосстановления, 2019) недостаточно для лесовосстановления.

Важную роль в появлении всходов после пожаров в насаждении играют толщина субстрата и степень, мозаичность его выгорания, которая создает разнообразие пирозкологических условий (Санников, 1992; Фурьев, 1996; Санников и др., 2004; Цветков, 2013). При сильном выгорании подстилки ухудшаются трофические условия почвы и формируется неблагоприятный субстрат для прорастания семян и роста всходов. Толстый слой подстилки является также механи-

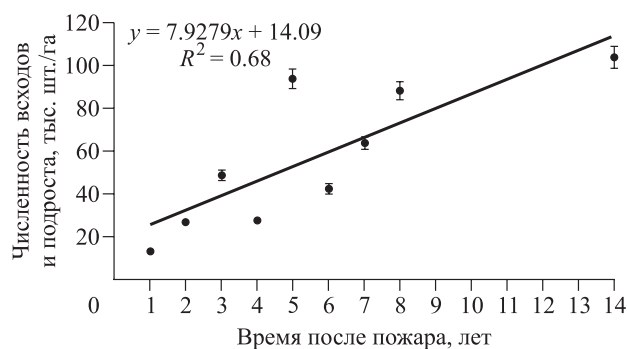


Рис. 2. Изменение численности послепожарной генерации в зависимости от времени после высокоинтенсивного пожара в южно-таежных сосняках.

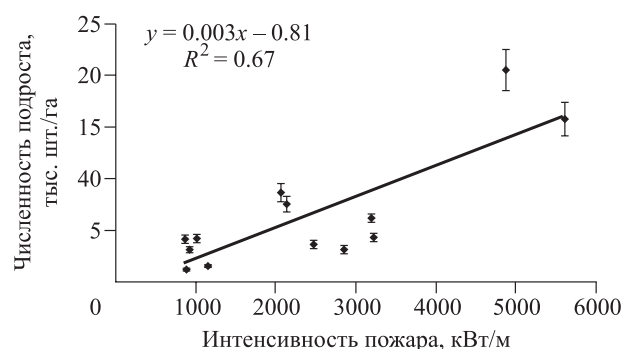


Рис. 3. Связь численности подроста с интенсивностью пожара.

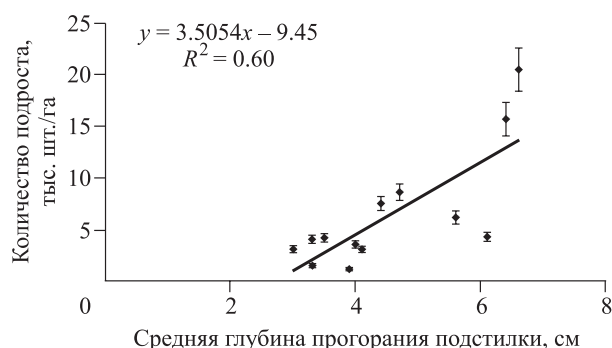


Рис. 4. Связь количества подроста со средней глубиной прогорания слоя ЛГМ.

ческим препятствием для проникновения семян в почву и укоренения всходов. П. А. Цветковым (2009) установлено, что в лишайниково-зеленомошных среднетаежных сосняках оптимальная толщина слоя лесной подстилки, при которой появляется наибольшее число всходов сосны после пожара, составляет в среднем 3 см.

Мы же попытались выявить наличие связи количества подроста через 12–14 лет со средней глубиной прогорания слоя напочвенных лесных горючих материалов (ЛГМ), включающих древесный опад, лишайники, мхи и подстилку, на каждом участке (рис. 4).

Выявлена прямая зависимость количества подроста от средней глубины прогорания слоя ЛГМ, коэффициент корреляции 0.77.

Кроме полученных количественных и качественных характеристик лесовозобновления в сосняках после воздействия пожаров разной интенсивности была рассчитана фитомасса подроста. Выявлено, что на начальном этапе послепожарной сукцессии накопление фитомассы самосева и подроста в сосняках определяется интенсивностью пожара и давностью пирогенного воздействия (рис. 5).

Через 10 лет после высокоинтенсивного пожара фитомасса подроста превышает допожарные значения в 1.4 раза в среднетаежных сосняках и в 3.5 раза – в южно-таежных.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На начальном этапе послепожарной сукцессии возобновление в средне- и южно-таежных сосняках определяется интенсивностью пожара и степенью пирогенной трансформации среды обитания. Наиболее успешно лесовозобновление происходит после высокоинтенсивных пожаров, где при сгорании слоя напочвенных ЛГМ и последующего отпада деревьев создаются

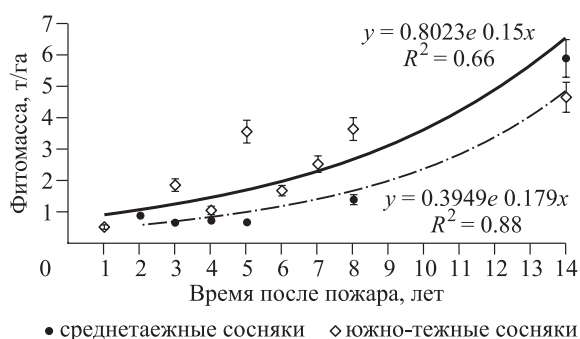


Рис. 5. Зависимость фитомассы самосева и подроста от времени после пожара высокой интенсивности.

благоприятные условия для появления и роста всходов.

Выявлена тесная связь послепожарного лесовозобновления с продолжительностью периода постпирогенного воздействия, которая особенно четко выражена после высокоинтенсивного пожара. После низкоинтенсивных пожаров формирование жизнеспособного подроста в сосняках растягивается на более длительный период.

Лесовосстановление в сосновых насаждениях после пожаров высокой интенсивности можно признать удовлетворительным. После пожаров средней и низкой интенсивности в 45 % случаев количества подроста для успешного лесовосстановления недостаточно. Послепожарное возобновление в южно- и среднетаежных сосняках происходит без смены пород.

Результаты проведенных исследований могут быть полезны в решении вопроса о необходимости проведения лесовосстановительных мероприятий на горях и пожарищах в средне- и южно-таежных сосняках Средней Сибири.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бузыкин А. И., Попова Э. П. Влияние пожаров на лесные фитоценозы и свойства почв // Продуктивность сосновых лесов. М.: Наука, 1978. С. 5–44.
- Буряк Л. В., Лузганов А. Г., Матвеев П. М., Каленская О. П. Влияние низовых пожаров на формирование светловойных насаждений юга Средней Сибири. Красноярск: СибГТУ, 2003. 195 с.
- Иванова Г. А., Конард С. Г., Макрае Д. Д., Безкоровая 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.
- Мелехов И. С. Влияние пожаров на лес. М.; Л.: Гослес-техиздат, 1948. 127 с.

- Платонова И. А., Иванова Г. А. Оценка естественного возобновления после низовых пожаров в сосняках Селенгинского среднегорья // Вестн.КрасГАУ. 2014. № 8. С. 168–175.
- Побединский А. В. Изучение лесовосстановительных процессов. М.: Наука, 1966. 64 с.
- Подшивалов В. А. Естественное возобновление на крупных гарях в сосновых лесах подзоны северной тайги Тюменской области: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.03. Екатеринбург: УГЛТА, 2000. 21 с.
- Правила лесовосстановления, состава проекта лесовосстановления и внесения в него изменений. Утв. Приказом Мин-ва природ. ресурсов и экол. Российской Федерации от 25.03.2019 г. № 188. М.: Мин-во природ. ресурсов и экол. РФ, 2019.
- Санников С. Н. Лесные пожары как фактор преобразования структуры, возобновления и эволюции биогеоценозов // Экология. 1981. № 6. С. 23–33.
- Санников С. Н. Экология и география естественного возобновления сосны обыкновенной. М.: Наука, 1992. 264 с.
- Санников С. Н., Санникова Н. С. Экология естественного возобновления сосны под пологом леса. М.: Наука, 1985. 149 с.
- Санников С. Н., Санникова Н. С., Петрова И. В. Естественное лесовозобновление в Западной Сибири (эколого-географический очерк). Екатеринбург: УрО РАН, 2004. 198 с.
- Сапожников А. П. Современные отечественные и зарубежные тенденции изучения пирогенеза почв мерзлотной зоны // География и природ. ресурсы. 1982. № 1. С. 88–94.
- Седых В. Н. Лесообразовательный процесс. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 2009. 264 с.
- Тарасов П. А., Иванов В. А., Иванова Г. А., Краснощекова Е. Н. Постпирогенные изменения гидротермических параметров почв среднетаежных сосняков // Почвоведение. 2011. № 7. С. 795–803.
- Фуряев В. В. Роль пожаров в процессе лесообразования. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1996. 253 с.
- Цветков П. А. Лесовозобновительная роль пожаров в северотаежных лиственничниках Средней Сибири // Сиб. экол. журн. 1996. Т. III. № 1. С. 61–66.
- Цветков П. А. Начальный этап послепожарного лесовозобновления в среднетаежных сосняках Средней Сибири // Эколого-географические аспекты лесообразовательного процесса. Мат-лы Всерос. конф. с участ. иностр. ученых, 23–25 сент., 2009 г., Красноярск. Красноярск: Ин-т леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, 2009. С. 170–172.
- Цветков П. А. Влияние пожаров на начальный этап лесообразования в среднетаежных сосняках Сибири // Хвойные бореальной зоны. 2013. Т. XXXI. № 1–2. С. 15–21.
- Шишов Л. Л., Тонконогов В. Д., Лебедева И. И., Герасимова М. И. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
- Angelstam P. K. Maintaining and restoring biodiversity in European boreal forests by developing natural disturbance regimes // J. Veg. Sci. 1998. V. 9. N. 4. P. 593–602.
- Engelmark O. Early post-fire tree regeneration in a *Picea vaccinium* forest in northern Sweden // J. Veg. Sci. 1993. V. 4. P. 791–794.
- 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. N. 1. P. 45–74.
- Payette S., Shugart H. H., Leemans R., Bonan G. B. Fire as a controlling process in the North American boreal forest // A systems analysis of the global boreal forest / H. H. Shugart, R. Leemans, G. B. Bonan (Eds.). Cambridge, UK: Cambridge Univ. Press, 1992. P. 144–169.

REFORESTATION AFTER FIRES OF DIFFERENT INTENSITY IN PINE FORESTS OF CENTRAL SIBERIA

S. V. Zhila¹, G. A. Ivanova¹, V. A. Ivanov², P. A. Tsvetkov¹

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

² *M. F. Reshetnev Siberian State University of Science and Technology
Prospekt Mira, 82, Krasnoyarsk, 660049 Russian Federation*

E-mail: zhila.sv@ksc.krasn.ru, gaivanova@ksc.krasn.ru, ivanovv53@yandex.ru, tsvetkov@ksc.krasn.ru

Every year in Siberia, there are thousands of forest fires that damage forests on huge areas. The main part of fires occurs in pine forests. In this regard, the paper discusses the features of post-fire regeneration in pine forest, depending on the fire intensity and the time after the fire. The dynamics of the number, growth and viability of natural regeneration of pine after fires in the pine forests of the southern and middle taiga were evaluated. The dependence of the number of young growth of the duration of the period after the fire exposure, which is particularly marked after high-intensity fire, a correlation coefficient of 0.81. A close relationship between the amount of undergrowth and the intensity of fire, the correlation coefficient 0.82. In the pine forest after fires of renewal takes place without a shift in the species with satisfactory performance. After low-intensity fires, the formation of life-capable undergrowth in pine forests extends for a longer period. It is established that at the initial stage of post-fire succession the accumulation of phytomass of natural regeneration in pine forests is also determined by the intensity of the fire and the time after the fire.

Keywords: *pine stands, fire intensity, after fire dynamics, southern and middle taiga, Krasnoyarsk Krai.*

How to cite: *Zhila S. V., Ivanova G. A., Ivanov V. A., Tsvetkov P. A. Reforestation after fires of different intensity in pine forests of Central Siberia // Sibirskij Lesnoj Zhurnal (Sib. J. For. Sci.). 2019. N. 6. P. 53–62 (in Russian with English abstract).*