

УДК 630*182.42:630*43(571.63)

ПОСТПИРОГЕННЫЕ СУКЦЕССИИ В ДУБОВО-КЕДРОВЫХ ЛИМОННИКОВО-ЛЕЩИННЫХ ЛЕСАХ СИХОТЭ-АЛИНЯ

© 2024 г. Н. Б. Прохоренко^{а, *}, Т. А. Комарова^б, С. Г. Глушко^в

^аКазанский (Приволжский) федеральный университет, ул. Кремлевская, д. 18, Казань, 420008 Россия

^бФедеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН,
пр-кт 100-летия Владивостоку, д. 159, Владивосток, Приморский край, 690022 Россия

^вКазанский государственный аграрный университет, ул. К. Маркса, д. 65, Казань, 420015 Россия

*E-mail: nbprokhorenko@mail.ru

Поступила в редакцию 10.12.2023 г.

После доработки 18.01.2024 г.

Принята к публикации 08.02.2024 г.

Обсуждаются результаты многолетних стационарных исследований формирования и развития дубово-кедровых лимонниково-лещинных лесов Южного и Среднего Сихотэ-Алиня. Рассмотрены особенности распада древостоев, семенного возобновления, а также хода роста и развития древесных пород в процессе лесовосстановительных сукцессий на участках с разной интенсивностью воздействия огня. После устойчивых низовых пожаров распад древостоев наиболее интенсивно происходит в первые пять лет, при этом темпы распада и количество сохранившихся деревьев варьируют на гарях разного типа. Наиболее активное семенное возобновление древесных растений происходит на послепожарных участках преимущественно в течение первых двух лет, преобладают всходы берез, осины и других временных видов. Темп годового прироста молодого поколения деревьев наиболее интенсивный на участках, значительно поврежденных огнем, у серийных видов (березы, осина, черемуха Маака и др.) они на порядок выше, чем у климаксовых широколиственных и хвойных пород. Установление индексов доминирования, в одинаковой степени зависящих от численности подроста, тонкомера и крупных деревьев, показало, что в ходе лесовосстановительных сукцессий после беглых и устойчивых низовых пожаров динамика фитоценотической значимости у сосны корейской, дуба монгольского и других лесообразующих пород имеет свои особенности.

Ключевые слова: послепожарные сукцессии, распад древостоя, семенное возобновление, скорость роста, фитоценотическая значимость, серийные и климаксовые виды.

DOI: 10.31857/S0024114824020062 EDN: RELOGQ

Лесообразовательный процесс в горных районах Дальнего Востока протекает под воздействием периодически возникающих лесных пожаров и все возрастающих рубок главного пользования. Это привело к значительному сокращению площади кедрово-широколиственных и темнохвойно-кедровых лесов Сихотэ-Алиня. В связи с часто возникающими пожарами и интенсивным процессом лесозаготовок вопросы формирования и развития сообществ после пожаров, рубок и других внешних воздействий на лесную растительность становятся все более актуальными (Современное состояние лесов..., 2009; Ковалев, Алексеев, 2018; Ковалев и др., 2019; и др.).

Влияние пожаров на лесную растительность и естественный ход восстановления дальневосточных хвойно-широколиственных лесов анализировали многие исследователи (Солодунин, 1952; Стародумов, 1957; Комарова и др., 2017; и др.). Несмотря на общую разработанность естественного хода восстановления

хвойно-широколиственных лесов Дальнего Востока, остаются слабоизученными особенности формирования и последовательного хода лесовосстановительного процесса в конкретных типах леса.

В настоящей работе обсуждаются результаты многолетних стационарных исследований характера формирования и развития древесных пород в ходе послепожарных лесовосстановительных сукцессий в одном из наиболее характерных для Южного и Среднего Сихотэ-Алиня широколиственно-кедровом лимонниково-лещинном типе леса. Сравнительно быстрый лесовосстановительный процесс без смены коренных пород осуществляется после беглых весенних пожаров на незначительной площади. После устойчивых низовых пожаров в периоды летних и осенних засух на более крупных площадях восстановление коренных лесов идет более длительное время и через смену на быстрорастущие лиственные породы.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА

Насаждения дубово-кедрового лимонниково-лещинного типа леса до конца 20 века были распространены по всему Сихотэ-Алиню, а также в Амурской области и на северо-востоке Китая. К настоящему времени все лесные ресурсы кедрово-широколиственных и темнохвойно-кедровых лесов Сихотэ-Алиня сильно истощены, а сохранившиеся их лесные массивы приурочены к крутым склонам или находятся в заповедниках, заказниках и на других охраняемых территориях. Своеобразным эталоном и охраняемым объектом приморской тайги с господством широколиственно-кедровых и темнохвойно-кедровых лесов может служить территория Верхнеуссурийского биогеоценотического стационара, созданного в 1973 г. сотрудниками отдела леса Биолого-почвенного института ДВО РАН. Стационар расположен в бассейне р. Правая Соколовка (приток IV порядка р. Уссури) и занимает площадь около 4,5 тыс. га⁻¹. Наши исследования проводились в течение 36 лет (1975–2011 гг.) на территории Верхнеуссурийского биогеоценотического стационара и прилегающих к нему территориях, расположенных на западном макросклоне Южного и Среднего Сихотэ-Алиня (43°09' — 44°01' с.ш. и 133°09' — 134°03' в.д.). Район исследований охватывает верхние части бассейнов рек Соколовка, Извилинка, Павловка и Антоновка (правые притоки р. Уссури) в пределах 450–750 м выс. над ур. моря.

В исследуемом районе сообщества рассматриваемого типа леса произрастают на хорошо дренированных свежих, периодически сухих бурых горно-лесных почвах средних и верхних частей крутых и среднекрутых склонов южных румбов. Лесные сообщества характеризуются четко выраженными древесным, кустарниковым и менее развитым кустарничково-травяным ярусами. Моховой покров не развит. Господствующая роль в коренных древостоях принадлежит сосне корейской, или кедру корейскому (*Pinus koraiensis*), дубу монгольскому (*Quercus mongolica*), липе Таке (*Tilia taquetii*) и клену мелколистному (*Acer mono*). В качестве сопутствующих видов выступают темнохвойные породы (ель аянская (*Picea ajanensis*) и пихта белокорая (*Abies nephrolepis*)). В производных лесных сообществах характерно значительное участие берез — плосколистной (*Betula platyphylla*) и желтой, или ребристой (*B. costata*), разделяющих иногда господство с осинкой (*Populus tremula*). В качестве примеси присутствуют черемуха Маака (*Padus maackii*), ивы козья и тарайкинская (*Salix caprea*, *S. taraiakensis*) и другие временные породы.

Кустарниковый ярус хорошо развит и разнообразен по видовому составу. В нем отмечено 13 видов кустарников и три вида деревянистых лиан. По высоте выделяются три подъяруса кустарников. В первом подъярусе преобладают

лещина маньчжурская и клен бородчатый (*Corylus mandshurica* и *Acer barbinerve*), достигающие 6–7 м высоты. Во втором подъярусе (1,5–2,0 м высотой) широко представлены чубушник тонколиственный (*Philadelphus tenuifolius*) и свободнаягодник колючий (*Eleutherococcus senticosus*). В третьем подъярусе доминирует смородина Максимовича (*Ribes maximoviczii*) и основная часть скелетных осей лиан. Среди лиан наиболее широко представлен лимонник китайский (*Schisandra chinensis*), многочисленные скелетные оси которого редко превышают 50 см длины.

Кустарничково-травяной ярус резко мозаичный. Под сомкнутым пологом древостоя и густыми зарослями кустарников обычно редкий, а под разреженным пологом древостоя формируются сомкнутые синузии с преобладанием невысоких ксеромезофитных осок (осока уссурийская (*Carex ussuriensis*), осока возвратившаяся (*Carex reverta*), осока ложносабинская (*Carex pseudosabynensis*) и др.) и разнотравья (чина приземистая (*Lathyrus humilis*), ландыш Кейске (*Convallaria keiskei*) и др.).

При закладке пробных площадей и характеристике биогеоценозов были использованы общепринятые лесоводственные и геоботанические методики (Колесников, 1956; Сукачев, Зонн, 1961; Корчагин, 1976; Мелехов, 1980; и др.). В ходе полевых исследований заложено 7 постоянных и 16 временных пробных площадей (пр. пл.) размером в среднем 50 × 50 м на участках, подвергавшихся пожарам от 1 до 220 лет назад и характеризующих ранние, средние и поздние стадии послепожарных сукцессий в исследуемом типе леса.

На пробных площадях проводили детальное геоботаническое описание, устанавливали видовой состав и количественное участие древесных видов. Все стволы деревьев были занумерованы, и у каждого дерева определяли высоту нагара на стволах и степень повреждения корневой системы. Перечет древостоя по толщине проводили на всей пр. пл. у растущих и сухостойных деревьев по 2-сантиметровым ступеням толщины для деревьев менее 12 см в диаметре и по 4-сантиметровым ступеням для более крупных экземпляров. Учет подроста проводили по трем грациям высоты (до 50 см; 51–150 см и 150–200 см) на двух учетных лентах 50 × 4 м, расположенных по диагоналям пр. пл.

Для установления характера повреждения древостоев и изучения послепожарного распада древостоев были проведены исследования на двух участках, пройденных пожарами в период летней засухи в 1973 г., а также осенью 1982 г. на которых были выделены секции с разной степенью повреждения растительного покрова огнем. На этих секциях через разные временные интервалы проводили сплошной пересчет жизнеспособных и сухих деревьев.

Для изучения семенного возобновления древесных растений в первый год после осеннего пожара 1982 г. проводили еженедельные наблюдения в течение всего вегетационного периода за появлением всходов на 50 постоянных учетных площадках 1×1 м, а также на двух постоянных лентах (100×2 м). На этих же участках определяли численность всходов древесных растений в первые 8 лет после пожара.

Для оценки фитоценотической значимости древесных видов за основу нами был взят индекс доминирования Симпсона (Simpson, 1949):

$$D = \frac{N_i}{N},$$

где N_i — численность i -го вида, N — общая численность всех видов.

Следуя модификации Саксена и Сингха (Saxena, Singh, 1982), отношения численности i -го вида к общему количеству экземпляров у всех видов, взятые в квадрате, устанавливали отдельно для подростов, тонкомера и деревьев более 12 см диаметром. Затем полученные результаты суммировались и определялся корень квадратный из этой общей суммы, или соответственно

$$D = \sqrt{\sum \left(\frac{N_i}{N} \right)^2}.$$

Величина модифицированного индекса доминирования в одинаковой степени зависит от численности подростов, тонкомера и крупных деревьев, что позволяет оценить фитоценотическую значимость у каждого древесного вида независимо от возрастного состава их ценопопуляций, значительно меняющегося в ходе сукцессий.

Латинские названия растений приведены по сводке “Сосудистые растения советского Дальнего Востока” (1985–1996).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Постпирогенный лесовосстановительный процесс определяется интенсивностью пожара и величиной выгоревшей площади, а также зависит от характера сохранившегося древостоя и близости обсеменителей. Соотношение древесных пород в составе древостоев в ходе сукцессий изменяется в зависимости от возраста послепожарного сообщества и общих лесорастительных условий.

По степени опасности воздействия огня дубово-кедровые лимонниково-лещинные леса, согласно А.М. Стародумову (1966), отличаются высокой пожароопасностью. Наиболее крупный осенний пожар, относящийся согласно классификации М.А. Шешукова (1967) по величине выгоревшей площади к типу значительных гарей, возник в сентябре — октябре 1982 г. на территории Верхнеуссурийского биогеоценотического стационара

и охватил разные типы леса на площади более 10 га. При этом в наибольшей степени пострадали дубово-кедровые леса на площади около 4 га.

Для изучения лесовосстановительного процесса после этого пожара нами была заложена весной следующего года постоянная пр. пл. 36–1983 в верхней части крутого южного склона на высоте около 680–720 м над ур. м. в бассейне ручья Пунктирный. В результате беглого низового пожара с отдельными очагами устойчивого низового пожара здесь были значительно повреждены подлесок, подрост и тонкомерная часть древостоя, сильно выгорели травы и кустарники. Вместе с тем два верхних подъяруса древостоя лишь частично пострадали от огня. В первый год после пожара таксационная характеристика верхнего подъяруса древостоя фактически не изменилась, а во втором подъярусе произошли незначительные изменения по сравнению с допожарным древостоем (табл. 1).

Наблюдения за лесовосстановительным процессом на пр. пл. 36–1983 проводились в течение 25 лет. Длительные стационарные исследования лесовосстановительного процесса после пожаров были проведены еще на пяти участках, подвергшихся пожарам различной интенсивности в период летних засух 1971 и 1973 гг. на территории Верхнеуссурийского биогеоценотического стационара.

Летний пожар 1971 г. в районе Верхнеуссурийского стационара охватил площадь около 2 га на крутых южном и юго-западном склонах на высоте 450–500 м над ур. м. В неё вошла территория дубово-кедрового лимонниково-лещинного леса на юго-западном склоне в 500 м к юго-востоку от въезда на стационар. Этот лес ранее, около 120 лет назад, был пройден пожаром. В 1978 г. в нем заложили постоянную пр. пл. 51–1978 с двумя экспериментальными участками (секциями), отличавшимися различной степенью повреждения древостоев и подчиненных ярусов. Послепожарный участок (пр. пл. 51–1978, секция 1), подвергшийся устойчивому низовому пожару с отдельными очагами верхового пожара, соответствовал типу гарей с уничтоженными нижними ярусами и сильной степенью повреждения древесного яруса (Соловьев, Солодухин, 1953). На этом участке гари сохранили жизнедеятельность лишь единичные деревья дуба и клена мелколистного с общей сомкнутостью крон менее 0.1.

Послепожарное сообщество (пр. пл. 51–1978, секция 2), нарушенное беглым низовым пожаром, по степени повреждения огнем относилось к типу гарей с частичным отмиранием подчиненных ярусов и слабой степенью повреждения верхних ярусов (полноста оставшейся части древостоя 0.7). На 7-й год после пожара в составе древостоя с полнотой 0.9 и сомкнутостью крон 0.8 преобладали деревья сосны корейской, дуба, липы и клена мелколистного (см. табл. 1).

Таблица 1. Характеристика древостоев на разных стадиях послепожарного восстановления дубово-кедровых лимонниково-лещинных лесов

А. После беглых низовых пожаров

№ пр. пл. – год закладки	Давность пожара, лет	Подъярус (высотные пределы, м)	Состав (по запасу)	Число живых стволов, экз./га	Полнота относительная	Площадь сечения, м ² /га ⁻¹	Запас древесины, м ³ /га ⁻¹	Средние для преобладающей породы	
								Высота, м	Диаметр, см
36–1983, до пожара	190	I (19.1–27.0)	8К1Лт1Бж + Ос, Еа	216	0.77	24.8	237.9	23.1	39.2
		II (6.0–19.0)	3К2П2Д1Лт1Еа1Клм + Ос, Рс	540		9.8	68.5	14.8	17.4
36–1983	8	I (18.1–25.0)	5К3Лт1Д1Клм + П, Еа	168	0.51	12.4	112.6	20.6	29.6
		II (6.0–18.0)	4К2Лт2П1Клм1Еа + Ос, Рс	180		2.5	8.5	10.4	10.7
36–1983	22	I (14.6–23.0)	4К4Лт2Д + П	144	0.55	13.5	123.1	21.0	31.9
		II (6.1–14.5)	2П2Ивк2Бж1Клм1Лт1Ос1Еа + Ивт, Д, К	546		4.1	21.5	12.0	12.2
		III (2.0–6.0)	3Бп3Бж1Ивк1П1Д1Ос + Клм, К, Бх, Лт	4216		1.9	7.7	3.0	3.1
51–1978, секц. 2	7	I (19.1–27.0)	4 К3Д1Лт1Клм1Бж + Еа	433	0.9	21.3	175.2	17.3	23.8
		II (6.0–14.5)	3К3Клм1Лт1Д1Еа1Ек	293		3.8	22.1	12.1	13.6
		III (2.1–6.0)	6Лт3Д1Клм + Бп, Ил	284		0.07	0.03	3.5	2.4
13–1986	60	I (17.1–19.0)	3К3Д3Лт1Бп + Ек, Клм, Ос	196	0.61	12.8	129.5	16.6	24.2
		II (5.0–16.0)	3Лт3Бп2Клм1К+Ос, Д, Рс	356		1.4	4.24	13.5	8.4
6–1975, секц.4	130	I (18.1–24.0)	8К1Д1Бп + Бж, Лт, Ил	420	1.16	28.7	274.6	19.5	32.2
		II (6.0–18.0)	4Клм3Д2К1Лт+Еа, П	950		32.2	247.3	14.1	21.4
63–1991	190	I (19.1–26.0)	7К2Лт1Д + Еа	184	1.02	28.3	298.0	24.4	45.3
		II (12.1–19.0)	5Лт2Клм1Д1К1П + Клз, Ил, Ек, Бж	220		9.17	71.5	16.3	26.3
		III (4.0–12.0)	4П3К1Ек1Лт1Клм + Клз, Еа, Рс, Клж	742		2.84	12.4	6.0	6.4

Б. После устойчивых низовых пожаров

№ пр. пл. – год закладки	Давность пожара, лет	Подъярус (высотные пределы, м)	Состав (по запасу)	Число живых стволов, экз./га	Полнота относительная	Площадь сечения, м ² /га ⁻¹	Запас древесины, м ³ /га ⁻¹	Средние для преобладающей породы	
								Высота, м	Диаметр, см
6–1975, секц. 1 до пожара	130	I (19.1–25.0)	4К3Д2Лт1Еа	78	0.62	7.68	68.3	24.0	35.6
		II (12.1–19.0)	4Лт2Клм2Д1К1Еа + П	216		8.0	67.3	17.0	23.2
		III (3.0–12.0)	4К4Клм1Лт1П + Еа	284		0.96	77.5	7.0	6.8
6–1975, секц. 1	5	I (17.1–24.0)	6Д4Лт	40	0.29	3.6	32.7	18.5	33.8
		II (12.1–17.0)	4Д4Клм2Лт	104		4.43	36.8	15.5	24.8
		III (3.0–12.0)	5Бп3ОсКлм1Ивк1Ивт + Чм	452		0.2	0.1	3.0	2.4
6–1975, секц. 3	5	I (19.1–25.0)	6Д3Лт1Ос	88	0.59	10.38	97.4	21.0	41.1
		II (12.1–19.0)	4Д4Клм2Лт	188		7.69	66.1	15.0	23.4
		III (3.0–12.0)	3Бп2Клм1Лт1Чм1Ос1Ивк1Ивт + Д	718		0.33	0.1	4.5	2.4
6–1975, секц. 3	12	I (19.1–25.0)	8Д2Лт + Ос	32	0.4	4.81	46.1	20.5	37.8
		II (12.1–19.0)	3Д4Клм3Лт	62		3.47	29.1	15.5	24.1
		III (3.1–12.0)	4Ос3Бп2Д1Чм + Лт, Ивк	4468		3.62	5.5	6.5	4.3
6–1975, секц. 3	20	I (19.1–25.0)	8Д2Лт + Ос	24	0.48	4.48	43.5	21.5	53.3
		II (12.1–19.0)	4Д4Бп1Клм1Бж + Ос	780		7.51	48.7	16.0	27.3
		III (3.1–12.0)	6Лт2Чм1Клм1Бж + Бп	3396		3.20	5.8	4.5	3.7
6–1975, секц. 3	30	I (14.1–20.0)	5Д3Бп2Ос	137	0.9	3.7	82.8	18.2	18.8
		II (2.0–12.0)	5Бп3Ос1Бж1Клм+Лт, Чм, Ивт, Ивк, Са, К, Ил	3795		9.5	52.1	7.3	6.5
		III (3.0–12.0)	3Лт2Чм2Ивт1Бп1Д1К + Бж, Ос, Еа	3064		2.86	7.15	6.0	4.4
51–1978, секц. 1	7	I (18.1–25.0)	8Лт2Д	20	0.19	1.8	16.6	20.0	33.4
		II (11.1–18.0)	6Клм2Лт1Бп1Д + Ос	200		2.24	15.6	16.5	20.9
		III (3.0–11.0)	4Ивт2Бп1Ос1Ивк1Бж1Км + Чм	2245		1.65	3.1	9.0	7.1
51–1978, секц. 1	17	I (13.0–22.0)	7Бп3Лт + Ос, Бж, Ивк, Ивт	175	1.1	2.2	16.2	15.0	12.7
		II (3.0–12.0)	4Бп3Клм1Лт1Д1Бж + Са, Ивк, Ивт, Ил	2957		5.86	18.9	7.5	5.6
4–1982	45	I (12.1–21.0)	4Бп4Д1Лт1К + Клм, Ос, Еа	761	1.1	26.94	229.8	17.8	16.0
		II (3.0–12.0)	3Д2Ил1Лт1Клм1К1Ос1Еа + Чм	1785		4.91	22.3	7.0	7.8
15–1986	60	I (14.1–24.0)	6Бп4Ос	1056	1.16	24.49	254.9	20.1	20.3
		II (3.0–14.0)	3Бп2Д2Клм1К1Лт1П + Бж	772		2.76	17.9	8.3	8.7
16–1986	130	I (15.1–24.0)	6Д2Ос2Бп + К	343	1.09	17.75	151.7	18.6	40.1
		II (6.0–15.0)	5Д2К2Клм1Лт	1237		9.03	159.1	9.5	11.8
48–1990	180	I (19.1–25.0)	8Д1Лт1К + Клм	155	1.3	25.6	244.2	22.6	48.2
		II (13.1–19.0)	3Д3Клм3Лт1К + П	315		1.1	110.4	17.1	28.0
		III (3.0–13.0)	5Клм3К1Лт1Вм + П, Д	375		1.78	14.5	8.1	9.4

Примечание. Для обозначения древесных пород использованы следующие сокращенные обозначения: Бж — береза желтая (ребристая); Бп — б. плосколистная; Бх — бархат амурский; Вм — вишня Максимовича; Д — дуб монгольский; Еа — ель аянская; Ек — ель корейская; Ивк — ива козья; Ивт — ива тарайкинская; Ил — ильм лопастный; К — сосна корейская (кедр); Кз — клен зеленокорый; Клм — клен мелколистный; Лт — липа Таке; Ос — осина; П — пихта белокорая; Рс — рябина сибирская; Са — сирень амурская; Чм — черемуха Маака; Я — ясень маньчжурский. В формулах породного состава участие пород от 5% и менее отмечено знаком “+”.

В период летней засухи 1973 г. на вытянутом носке водораздела между р. Правая Соколовка и ручьем Медвежий по территории Верхнеуссурийского стационара прошел устойчивый низовой пожар на площади около 3 га. Он охватил два типа леса: широколиственно-кедровый лианово-разнородный лес на северо-западном склоне средней крутизны и дубово-кедровый лимонниково-лещинный лес на юго-западном и южном крутых склонах. Для изучения последующего лесовосстановительного процесса в 1975 г. здесь была заложена пр. пл. 6–1975, на которой было выделено 4 секции (1 и 4 — по 0.25 га, 2 и 3 — по 0.2 га). В дубово-кедровом лимонниково-лещинном лесу заложены в виде трансекты три секции характеризуют различную степень повреждения древостоев и нижних ярусов. Секция 1 соответствует типу гарей с уничтоженными нижними ярусами и сильной степенью повреждения древесного яруса, здесь полностью был уничтожен подрост и тонкомер всех хвойных пород, на стволах почти всех деревьев были видны подпалы. Секция 3 соответствует гари с уничтоженными нижними ярусами и частично сохранившимся древостоем, древостой здесь имел полноту 0.65, в наибольшей степени пострадали от воздействия огня подрост и тонкомер всех хвойных пород. Секция 4 — не поврежденный огнем эталонный участок, она была отграничена на ненарушенном участке рассматриваемого типа леса, однако и это лесное сообщество находилось в ходе лесовосстановительного процесса после пожара, возникшего примерно 130 лет назад. Секция 2 относится к другому типу леса.

Распад древостоев после пожаров

Начальные стадии послепожарных сукцессий тесно сопряжены с процессом распада исходных

древостоев. Непосредственно от огня погибают не все деревья. Часть деревьев, ослабленных во время пожара, подвергается грибным заболеваниям и воздействию энтомофитов и впоследствии также отмирает. Скорость и величина отпада зависят главным образом от интенсивности пожара, а также от видового состава и возраста пород исходных древостоев. Косвенное влияние оказывают также крутизна склонов и полнота насаждений.

Для установления характера повреждения разных древесных пород нами был проведен сплошной перебор деревьев в первый год после беглого с отдельными очагами устойчивого низового пожара на пр. пл. 36–1983. Большинство деревьев здесь имело огневые повреждения. Около 50% деревьев от общего числа имело огневые повреждения корней, у 20% деревьев были повреждены стволы и корни, у 15% деревьев — только стволы, полностью неповрежденными остались стволы у дуба и липы. Усохли от воздействия огня 15% деревьев и преимущественно тонкомер (менее 12 см в диаметре) хвойных пород и осины (табл. 2).

Высота нагара у тонкомерных деревьев пихты и ели достигала 5–6 м, а у сосны корейской не превышала 1 м. Усыхание крупных деревьев чаще всего связано с тепловым повреждением камбия у шейки корня и корневой системы. Наиболее сильно пострадал мелкий подрост хвойных пород, который почти полностью сгорел, так как он находился в зоне сильного теплового воздействия и был наиболее уязвим из-за тонкой коры.

В начале первого вегетационного сезона после пожара остались полностью жизнеспособными деревья клена мелколистного, березы желтой и дуба, сохранили жизнеспособность 90.5% деревьев липы, 89% деревьев сосны корейской, 79% — ели и 45% — пихты. Отпад деревьев у всех пород произошел

Таблица 2. Состояние древесных пород в первый год после устойчивого низового пожара в дубово-кедровом лимонниково-лещинном лесу (пр. пл. 36–1982)

Виды растений	Количество деревьев, экз.·га ⁻¹									
	не поврежденные				поврежденные				усохшие	
	стволы		корни		стволы		корни			
Диаметр ствола, см	<12	>12	<12	>12	<12	>12	<12	>12	<12	>12
Сосна корейская	—	—	4	8	4	168	12	68	8	8
Дуб монгольский	—	4	—	4	—	8	—	—	—	—
Липа Таке	4	—	8	24	8	28	4	4	4	—
Клен мелколистный	—	—	—	4	—	28	—	8	—	—
Пихта белокорая	—	—	28	8	40	20	12	20	52	28
Ель аянская	—	—	8	8	28	36	—	12	12	—
Осина	—	—	12	—	4	4	4	12	8	—
Береза желтая	—	—	—	4	12	—	—	4	—	—
Итого	4	4	60	60	96	292	32	128	84	36

в нижних ступенях толщины (4–12 см). В середине лета началось интенсивное осыпание хвои у крупного подроста, тонкомера и с нижних веток крон крупных деревьев. В результате образовался слой свежего хвойного опада мощностью 0.5–1.0 см. К концу первого вегетационного сезона у подроста всех хвойных пород и тонкомерных деревьев пихты и ели полностью осыпалась хвоя.

На 8-й год после пожара на пр. пл. 36–1983 остались жизнеспособными 37.3% деревьев от допожарного количества деревьев всех пород. Полностью исчезли из состава древостоя деревья ели аянской и березы желтой, что иллюстрируют показатели рис. 1. Через 22 года после пожара на этом

участке остались жизнеспособными 19.8% деревьев. При этом лучше всего сохранились деревья верхнего подъяруса (19.1–25 м высотой) — сосны корейской, липы и дуба (см. табл. 1). На 25-й год после пожара наибольшее число жизнеспособных деревьев (64 экз. га⁻¹) было у сосны корейской, в меньшем количестве — у липы (58 экз. га⁻¹), клена мелколистного (28 экз. га⁻¹) и дуба (20 экз. га⁻¹). Большая часть оставшихся жизнеспособными деревьев была приурочена к верхним частям склонов, примыкающим к плоской вершине со слабо нарушенным растительным покровом.

Наблюдения за распадом древостоев на участках с разной степенью воздействия летнего пожара

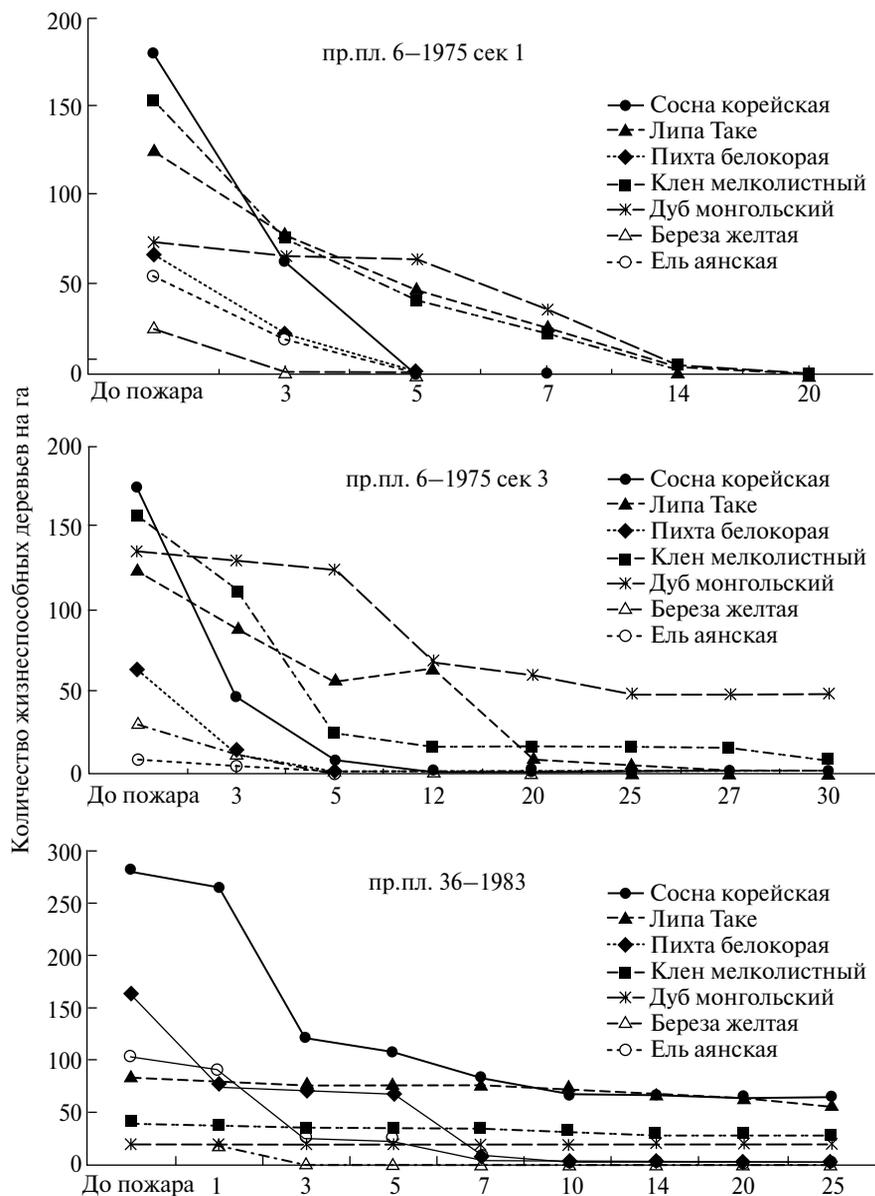


Рис. 1. Динамика распада древесных пород после устойчивых низовых пожаров в лимонниково-лещинных дубово-кедровых лесах на трех пробных площадях в течение 20 – 30 лет (по оси абсцисс).

1973 г. (пр. пл. 6—1975, секции 1, 3) показали, что наиболее быстрый и активный отпад деревьев происходил на участке с сильной степенью воздействия пожара (секция 1). На следующий год после пожара на этом участке был проведен сплошной перебор сухих и живых деревьев для изучения процесса восстановления состава и структуры допозарного древостоя (см. табл. 1). У всех хвойных пород на этом участке пожелтела хвоя и началось осыпание, но деревья еще сохраняли слабую жизнеспособность. Полностью усохло около 9% деревьев.

На третий год после пожара усохло уже 46.7% деревьев, среди которых полностью усохли деревья березы желтой, и на усохших деревьях осыпались листья и хвоя, на большей части стволов осыпалась кора. На пятый год после пожара не осталось жизнеспособных деревьев хвойных пород. У сухостойных деревьев ели и пихты отвалились вершины и крупные ветви, а часть деревьев упала. У деревьев сосны корейской отпали ветви 2-го порядка, кора легко отставала от ствола, а под корой в древесине появились многочисленные личинки энтомофагов. Остались жизнеспособными деревья только трех широколиственных пород (дуб, липа и клен). При этом более всего (86%) сохранили жизнеспособность деревья дуба, имеющие по сравнению с другими породами более толстую кору, способную защитить камбиальный слой от перегрева. На 14-й год после пожара здесь сохранили слабую жизнеспособность с отдельными живыми ветвями только единичные деревья дуба, а к 20-му году и они полностью усохли.

На послепожарном участке с частично сохранившимся древостоем (секция 3) процесс распада проходил более продолжительное время (рис. 1). На многих деревьях всех пород были следы воздействия огня. Учетные работы, выполненные в следующем году после пожара, показали, что в древостое от 6.0 до 25.0 м жизнеспособными были 694 дерева разных пород, а усохло около 5% деревьев преимущественно пихты, ели и сосны корейской. На второй год после пожара усохло 42% деревьев по сравнению с предыдущим годом и в наибольшей степени выпали деревья сосны корейской (74%), пихты (60%) и ели (50%). На пятый год после пожара полностью усохли деревья пихты, ели и березы желтой, а число жизнеспособных деревьев сосны корейской не превышало 5%. К 12-му году после пожара полностью отпали деревья сосны корейской и остались жизнеспособными только широколиственные породы (дуб, клен и липа). На 20-й год после пожара на этом участке общая сомкнутость крон допозарного древостоя составляла 0.2. Единичными экземплярами был представлен клен мелколистный, господствовавший до пожара во втором подъярусе. В последующие 10 лет, несмотря на достаточно высокие показатели

относительной полноты на пятый год после пожара (0.57), произошел почти полный распад древостоя. Этому способствовали небольшие размеры секции (0.2 га), окруженной со всех сторон сухостоем — источником грибных заболеваний и воздействия энтомофагов. В верхнем подъярусе древостоя преобладали быстрорастущие серийные виды (березы плосколистная и желтая, осина и др.), а из допозарных видов сохранились только единичные деревья дуба, но все были с сухими вершинами. Второй подъярус представлен послепожарным поколением, за исключением единичных сохранившихся деревьев клена мелколистного.

Распад исходных древостоев, полнота которого после беглых низовых пожаров составляла 0.9, могут охарактеризовать таксационные показатели на 7-й год после пожара на пр. пл. 51—1978, секция 2 (табл. 1). В составе первого подъяруса древостоя доминировали сосна корейская и дуб, во втором подъярусе преобладали деревья сосны корейской и клена мелколистного. В последующие 12 лет наблюдений состав и структура древостоя изменялась лишь незначительно и была связана с увеличением основных таксационных показателей (возраста и размеров деревьев, полноты и запасов древесины).

Семенное возобновление древесных растений

Среди первых поселенцев на гарях обычно преобладают растения, семена которых легко заносятся разными агентами. Одними из первых заселяют гари анемохорные виды (осина, ивы козья и тарайкинская и др.), мелкие семена которых, снабженные волосовидными придатками, легко разносятся на расстояние 1—2 км и более. При наличии благоприятных погодных условий их семена могут прорасти на обнаженной минерализованной поверхности почвы уже на второй день. Колонизационные возможности осины усиливаются благодаря длительному сохранению в почве подземных органов, обеспечивающих обильное воспроизведение молодого поколения с помощью корневых отпрысков.

Семенное возобновление древесных растений в первые годы после пожара изучали на пр. пл. 36—1983 (табл. 3).

Согласно результатам исследований, в первый год после пожара появилось около 8.5 тыс. экз. га⁻¹ всходов 10 видов древесных растений. При этом численность всходов у большинства видов в течение вегетационного периода была нестабильна. Максимальное число всходов было отмечено в сентябре, и наибольшее их количество образовалось у берез желтой и плосколистной. Большинство всходов берез образуется из жизнеспособных семян, хранящихся в почвенных банках в течение нескольких десятков лет, что показали наши исследования почвенных банков семян (Комарова, 1986,

Таблица 3. Численность всходов древесных растений на однолетней гари дубово-кедрового лимонниково-лещинного леса в разные сроки вегетационного периода

Виды растений	на 50 м ²			на 400 м ²
	25.VI	20.VII	9.IX	15. IX
Береза желтая	24	26	25	220
Береза плосколистная	14	18	8	78
Черемуха Маака	7	8	6	24
Бархат амурский	3	4	3	16
Осина	102	77	60	188
Тополь корейский	—	1	2	4
Ива козья	14	20	42	112
Ива тарайкинская	—	6	9	34
Липа Таке	1	4	3	5

Таблица 4. Динамика численности всходов древесных видов (экз./400 м²) в первые 8 лет после пожара в дубово-кедровом лимонниково-лещинном лесу

Виды растений	Годы после пожара, лет				
	1	2	3	4	8
Бархат амурский	7	12	2	1	1
Береза желтая	4	456	4	3	9
Береза плосколистная	15	245	2	—	—
Вишня Максимовича	4	2	—	1	5
Груша уссурийская	1	1	—	—	—
Дуб монгольский	2	6	13	4	10
Ель аянская	—	—	1	—	—
Ива козья	84	25	—	—	—
Ива тарайкинская	25	—	—	—	—
Ива Шверина	4	—	—	—	—
Клен желтый	11	—	—	1	—
Ильм лопастный	1	1	—	—	—
Клен зеленокорый	2	—	—	1	3
Клен мелколистный	4	9	2	4	38
Липа Таке	15	46	10	12	59
Осина	13	15	2	—	—
Пихта белокорая	—	6	1	—	1
Сосна корейская	37	2	2	5	—
Тополь корейский	25	7	—	—	—
Черемуха Маака	6	2	1	—	—
Ясень маньчжурский	—	—	—	2	—

1992; Комарова и др., 2021; и др.). На второй год зарастания гари увеличилась численность всходов и возросло их видовое разнообразие. В частности, значительно возросло количество проростков березы и увеличилась численность всходов всех хвойных пород. На третий год после пожара произошло резкое снижение семенного возобновления растений. В последующие 6 лет исследований успешно

осуществлялось семенное возобновление только у трех широколиственных пород (липа, дуб и клен мелколистный) (табл. 4).

Таким образом, результаты наших исследований служат подтверждением выводов ряда исследователей (Булыгин, 1981; Санников, 1973; и др.) о том, что семенное возобновление растений на освободившихся после пожаров участках активно происходит только в первые 2 года после пожара. Общее количество подроста древесных пород существенно изменяется в зависимости от этапов послепожарных сукцессий, достигая максимальных значений (21–26 тыс. экз. га⁻¹) в первые три года после пожара в рассматриваемом типе леса. Под пологом осиново-березового древостоя количество жизнеспособного подроста снижается до 5–10 тыс. экз. га⁻¹. На поздних этапах сукцессий и в коренных лесах количество подроста изменяется от 7.0 до 15.0 тыс. экз. га⁻¹ в зависимости от видового состава и структуры древесного яруса (Комарова и др., 2017).

Развитие и ход роста у древесных растений

Ценопопуляции инициальных, серийных и климаксовых видов разных биоморф, выделенных Т.А. Комаровой (1992), отличаются по характеру жизненных стратегий, фитоценотической роли, темпам роста и динамике численности растений на разных стадиях послепожарных сукцессий.

Инициальные виды, к которым принадлежат травы и кустарники, имеют простые и короткие жизненные циклы и активно развиваются только на первых этапах сукцессий. Растения серийных видов (осина, ива козья, тополь корейский, береза желтая и др.), представленные разными биоморфами, характеризуются отсутствием сбалансированного воспроизведения молодых поколений и отмиранием старых, они имеют сравнительно более длительные жизненные циклы и присутствуют на разных этапах сукцессий. Наиболее успешно у них развивается первое поколение в условиях ослабленной конкуренции и хорошей освещенности. Для климаксовых видов (все лесообразующие породы коренных сообществ — сосна корейская, ель, дуб и др.) характерны длительное и устойчивое воспроизведение молодых поколений и доминирование на поздних этапах сукцессий и в климаксовых сообществах. Хвойные породы восстанавливаются только с помощью семян, поэтому успешность их воспроизведения после пожаров определяется близостью сохранившихся деревьев.

Для сравнительного анализа темпов и хода роста у молодого поколения серийных и климаксовых древесных видов на первых этапах их жизненного цикла были определены их годичные приросты по высоте на трех участках пр. пл. 6–1975, секции 1, 3 и 4, в различной степени подвергавшихся воздействию огня (рис. 2).

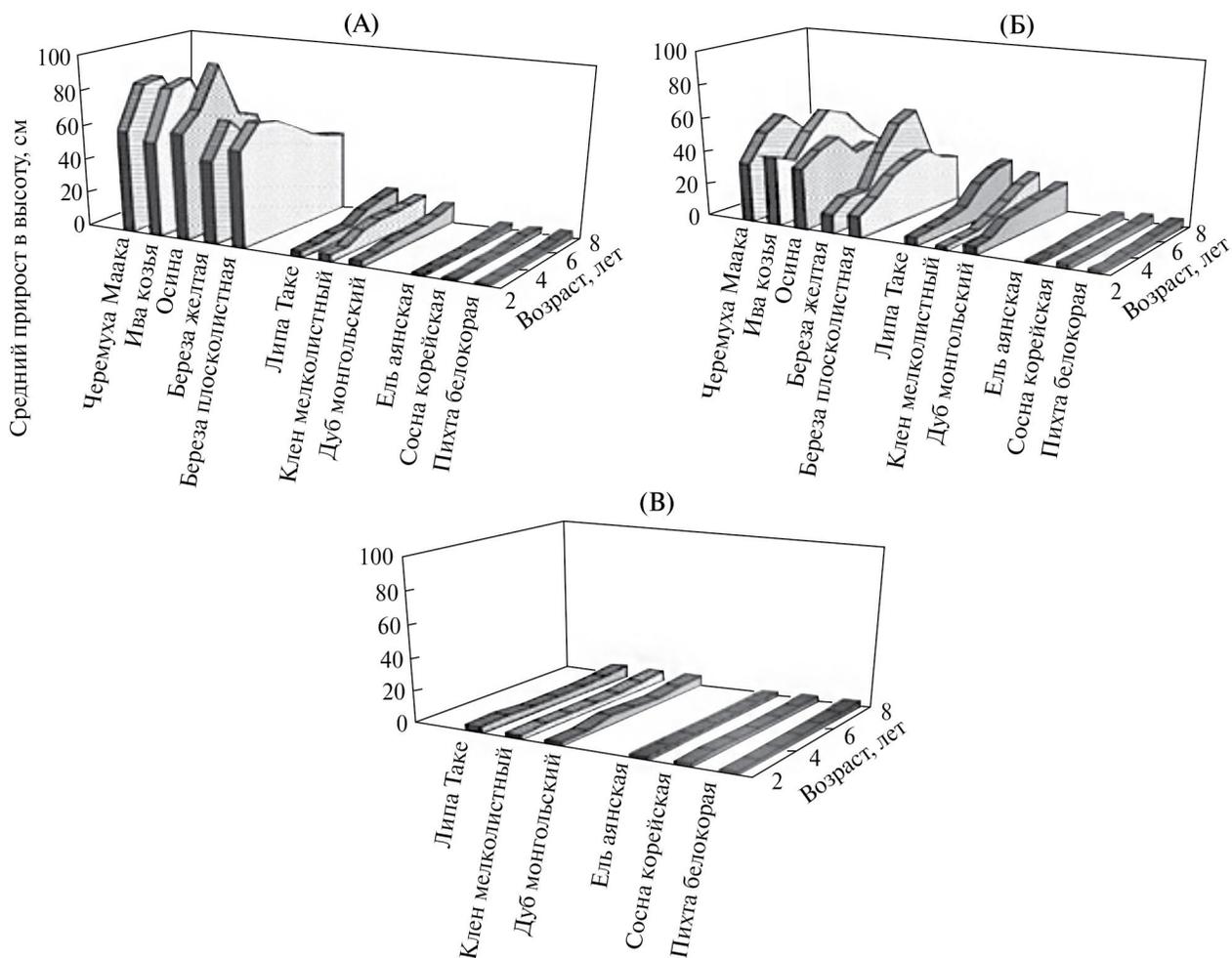


Рис. 2. Скорость роста молодых древесных растений в первые 8 лет их развития на участке гари с сильно поврежденным древостоем (пр. пл. 6–1975, секция 1; А), на участке гари с частично сохранившимся древостоем (пр. пл. 6–1975, секция 3; Б), на ненарушенном эталонном участке дубово-кедрового лимонниково-лещинного леса (пр. пл. 6–1975, секция 4; В).

На сильно выгоревшем участке (рис. 2, А) наиболее высокие темпы роста отмечались у растений серийных видов (от 40 до 90 см). В то же время у климаксовых широколиственных видов (липа, клен и дуб) этот показатель составил от 4 до 14 см, а у климаксовых хвойных пород (сосна корейская, ель и пихта) — всего от 1 до 4 см.

На гари с частично сохранившимся древостоем (секция 3), который препятствовал пышному разрастанию травянистых растений и кустарников, развитие молодых растений хвойных пород происходило без задержки и более интенсивно, чем на сильно выгоревших участках гари. В первые 8 лет развития средний годичный прирост по высоте у хвойных растений здесь составил от 3 до 10 см, а у широколиственных пород — от 4 до 25 см. У серийных видов, наоборот, отмечалось снижение темпов роста в этих условиях и средний годичный прирост составлял от 12 до 56 см (рис. 2, Б). Только молодые растения березы желтой, отличающиеся более высокой теневыносливостью среди серийных видов, на 7

и 8 годы развития на гари с частично сохранившимся древостоем начали превосходить по высоте даже самые быстрорастущие растения осины.

В условиях ненарушенного сомкнутого леса (секция 4) средние показатели годичного прироста снизились у всех растений и составили в первые 8 лет развития у растений ели, пихты и сосны корейской от 2.1 до 3.8 см, у широколиственных пород — от 3.0 до 7.5 см, а молодые представители серийных видов вообще не встречались (рис. 2, В).

Изменение фитоценотической роли у древесных растений в ходе послепожарных сукцессий

На основе вычисленных индексов доминирования с учетом давности пожаров построены кривые фитоценотической значимости у 7 ведущих древесных видов (рис. 3).

Кривые фитоценотической изменчивости древесных видов по градиенту сукцессионного

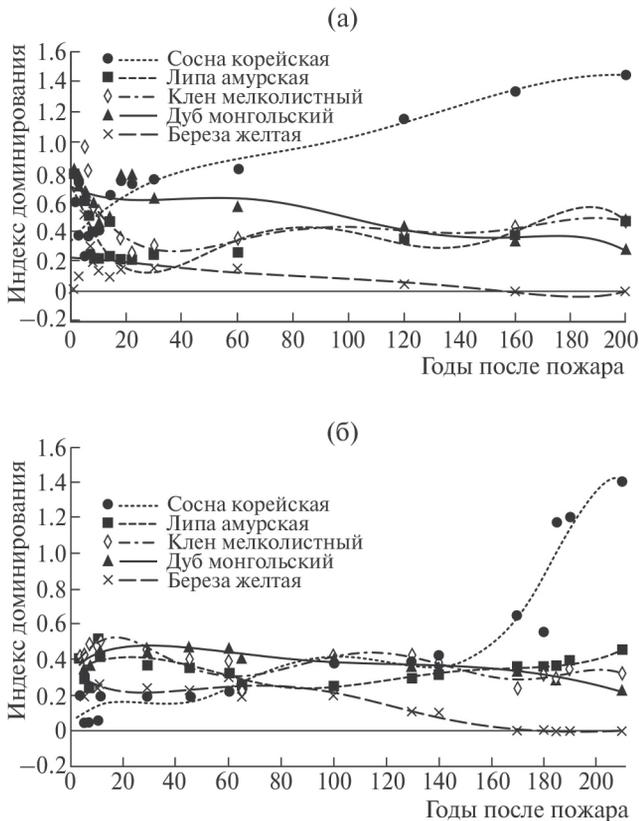


Рис. 3. Изменение индексов доминирования и полиномиальные линии тренда у пяти древесных видов в ходе лесовосстановительных сукцессий после беглых низовых пожаров с частично сохранившимся древостоем (А) и после устойчивых низовых пожаров с сильно нарушенным древостоем (Б).

процесса соответствуют ценоклинам градиентного анализа Уиттекера (Whittaker, 1960). После беглых низовых пожаров на отдельных этапах лесовосстановительного процесса высокая фитоценологическая значимость (0.5 и более) отмечается у климаксовых видов (сосна корейская, дуб, липа и клен мелколистный). Среди серийных видов только береза желтая достигала этого порога в 5-летнем послепожарном сообществе, у остальных отмечались низкие показатели индексов доминирования, несмотря на господство их растений в составе производных древостоев. Это связано с низкой численностью их молодого поколения, неспособного возобновляться под пологом сомкнутого древостоя.

У сосны корейской индексы доминирования до 15–20 лет после беглых низовых пожаров обычно низкие, а на всех последующих стадиях становятся стабильно высокими, достигая своего максимального значения (1.5) в коренных лесах. Индексы доминирования у дуба до 80–100 лет довольно высокие (0.6–0.8), а на последующих стадиях постепенно снижаются и в коренных лесах обычно не

превышают показателя 0.3. У липы и клена мелколистного довольно высокие значения индексов доминирования (0.7–0.9) характерны только в первые 10 лет после беглого пожара, а затем не превышают значения 0.5.

После устойчивых низовых пожаров с сильной степенью нарушения древостоя характерны совсем иные кривые фитоценологической изменчивости у всех древесных видов. Так, у сосны корейской до 100 лет индексы доминирования не превышают значений 0.1–0.3, а затем постепенно возрастают и достигают максимального значения (1.4) в коренных лесах. Все климаксовые широколиственные породы достигают максимального значения 0.5 только в 10–11-летних послепожарных сообществах, а серийный вид (береза желтая) нигде не превышает значений более 0.4.

Как после беглых, так и после устойчивых низовых пожаров с сильно нарушенным древостоем на завершающих стадиях лесовосстановительных сукцессий и в коренных лесах характерны сравнительно близкие значения индексов доминирования. В первые 60–80 лет как после беглых, так и устойчивых низовых пожаров усиливается роль дуба в результате наибольшей его огнестойкости и способности давать обильную поросль от обожженных стволов.

После беглых низовых пожаров лесовосстановительный процесс осуществляется в сравнительно короткие сроки и без смены коренных пород на быстрорастущие временные породы. На всех этапах восстановительных сукцессий в составе господствующего подъяруса древостоя доминирует сосна корейская. После устойчивых низовых пожаров в ходе лесовосстановительного процесса происходит смена коренных пород на временные быстрорастущие породы (березы плосколистная и желтая, осина и др. серийные виды). После 120–130 лет после пожара в первом подъярусе древостоя чаще всего доминирует дуб монгольский, в то время как сосна корейская начинает господствовать в древостое на завершающей стадии сукцессии и в коренных сообществах благодаря более длительному жизненному циклу, достигающему в исследуемом районе 350 лет.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ лесовосстановительных сукцессий после пожаров в дубово-кедровых лимонниково-лещинных лесах Сихотэ-Алиня показал, что естественный ход возобновления и развития молодого поколения древесных пород в значительной степени зависит от интенсивности пожара, величины выгоревшей площади, близости обсеменителей, а также определяется составом и строением допожарных сообществ.

После устойчивых низовых пожаров распад древостоев наиболее интенсивно происходит в первые

5 лет. На участках с сильной степенью воздействия пожара и значительно поврежденным древостоем уже на 5-й год не остается жизнеспособных деревьев хвойных пород, а спустя 20 лет исходный древостой полностью распадается. На участках с частично сохранившимся древостоем процесс распада происходит более продолжительное время, а хвойные породы полностью отмирают на 12-й год после пожара. При слабом повреждении огнем спустя 25 лет сохраняются деревья сосны корейской, липы и дуба.

Наиболее быстрый и успешный лесовосстановительный процесс без смены коренных пород осуществляется после беглых низовых пожаров на незначительной площади с полнотой сохранившегося древостоя более 0.7. После низовых пожаров с полнотой сохранившегося древостоя менее 0.4 и отсутствием прилегающих к гари массивов коренных лесов восстановление идет через смену климаксовых хвойных пород на быстрорастущие серийные виды берез, осины и другие виды.

Согласно результатам наших исследований семенное возобновление древесных растений на освободившихся после пожаров участках активно происходит только в первые 2 года. Наибольшее количество всходов в первый год образуется у берез желтой и плосколистной. Разная степень воздействия огня влияет на темпы роста молодого поколения деревьев по высоте. На сильно выгоревших участках в первые 8 лет развития наиболее высокие значения годичного прироста отмечались у серийных видов (березы, осина, черемуха Маака и др.), в то время как у климаксовых широколиственных (дуб, липа и др.) и хвойных пород они были на порядок ниже. На гари с частично сохранившимся древостоем у растений серийных видов отмечается снижение темпов роста, а развитие молодых растений климаксовых видов происходит без задержки и, наоборот, более интенсивно по сравнению с сильно поврежденными огнем участками.

На основании использования модифицированного индекса доминирования установлено, что в зависимости от степени интенсивности низовых пожаров кривые фитоценотической изменчивости у видов в сукцессионных ценоклинах существенно отличаются. После беглых низовых пожаров у сосны корейской индекс доминирования имеет низкое значение в первые 15–20 лет, а после устойчивых низовых пожаров — в течение первых 100 лет, после чего этот показатель увеличивается и достигает своего максимума в коренных лесах. У дуба при различной степени воздействия огня сохраняются высокие позиции в древостое до 80–120 лет благодаря его огнестойкости, а в коренных лесах начинают снижаться. Индекс доминирования у других широколиственных пород достигает максимального значения только в 10–11-летних послепожарных сообществах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Булыгин П.К.* Естественное возобновление в сосняках среднего Приангарья, пройденных низовыми пожарами // Лесоводство, лесные культуры почвоведение. Вып. 10. Л.: Изд-во ЛТА, 1981. С. 75–79.
- Ковалев А.П., Орлов А.М., Лашина Е.В., Грищенко-ва Ю.А.* Состояние и перспективы использования лесных ресурсов Приморского края // Сибирский лесной журнал. 2019. № 5. С. 15–21.
- Ковалев А.П., Алексеенко А.Ю.* Лесные ресурсы ДВ и перспективы неистощительного пользования // Леса России: политика, промышленность, наука, образование: Мат. 3-й Междунар. науч.-техн. конф. СПб.: СПбГЛТУ, 2018. С. 150–152.
- Колесников Б.П.* Кедровые леса Дальнего Востока // Труды Дальневосточного филиала им. В.Л. Комарова. Серия ботаники. Т. 2 (4). М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1956. 262 с.
- Комарова Т.А.* Роль лесных пожаров в прорастании семян, покоящихся в почве // Экология. 1985. № 6. С. 3–8.
- Комарова Т.А.* Семенное возобновление растений на свежих гарях (леса Южного Сихотэ-Алиня). Владивосток: Изд-во ДВНЦ АН СССР, 1986. 222 с.
- Комарова Т.А.* Послепожарные сукцессии в лесах Южного Сихотэ-Алиня. Владивосток: Изд-во ДВО АН СССР, 1992. 223 с.
- Комарова Т.А., Прохоренко Н.Б., Глушко С.Г., Терехина Н.В.* Послепожарные сукцессии в лесах Сихотэ-Алиня с участием *Pinus koraiensis* Siebold et Zucc. СПб.: Свое издательство, 2017. 402 с.
- Комарова Т.А., Терехина Н.В., Орехова Т.П.* Покой жизнеспособных семян в почве и их прорастание после пожаров в широколиственно-кедровых лесах Южного Сихотэ-Алиня // Ботанический журнал. 2021. Т. 106. № 3. С. 66–82.
- Корчагин А.А.* Строение растительных сообществ // Полевая геоботаника. Л.: Наука, 1976. 313 с.
- Мелехов И.С.* Лесоведение. М.: Лесная промышленность, 1980. 408 с.
- Санников С.Н.* Лесные пожары как эволюционно-экологический фактор возобновления популяции сосны в Зауралье // Горение и пожары в лесу. Красноярск: Институт леса и древесины СО АН СССР, 1973. С. 236–277.
- Соловьев К.П., Солодухин Е.Д.* Классификация гарей на Дальнем Востоке // Лесное хозяйство. 1953. № 2. С. 45–48.
- Соловьев, К.П., Солодухин Е.Д.* Возобновление древесных пород в лесах Дальнего Востока // Возобновление леса. М.: Колос, 1975. С. 283–303.
- Современное состояние лесов российского Дальнего Востока и перспективы их использования / Под ред. А.П. Ковалева. Хабаровск: ДальНИИЛХ, 2009. 470 с.
- Солодухин Е.Д.* Лесовозобновление на гарях в некоторых типах леса Приморского края // Сообщ. Дальневосточного фил. АН СССР. Владивосток, 1952. Вып. 5. С. 43–53.
- Сосудистые растения советского Дальнего Востока. СПб.: Наука, 1985–1996. Т. 1–8.
- Стародумов А.М.* К вопросу о лесных пожарах в кедрово-широколиственных лесах Дальнего Востока // Бюл. науч.-техн. информации ДальНИИЛХ. Вып. 2. Хабаровск, 1957. С. 3–8.

- Стародумов А.М. Природа лесных пожаров на Дальнем Востоке. М.: Лесная промышленность, 1966. 58 с.
- Сукачев В.Н., Зонн С.Н. Методические указания к изучению типов леса. М.: АН СССР, 1961. 144с.
- Шешуков М.А. О классификации лесных пожаров по величине выгоревшей площади // Лесное хозяйство. 1967. Вып. 1. С. 53–57.
- Saxena A.K., Singht J.S. A phytosociological analysis of woody species in forest communities of a part of Kumaun Himalaya // Vegetatio. 1982. V. 50. № 1. P. 3–22.
- Simpson E.H. Measurement of diversity // Nature. 1949. V. 163. P. 163–188.
- Whittaker R.H. Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California. Ecological Monographs. 1960. V. 30. № 4. P. 407–407.

Post-Pyrogenic Successions in Oak-Korean Pine Forests with *Schisandra chinensis* and *Corylus mandshurica* in Sikhote-Alin

N. B. Prokhorenko^{a, *}, T. A. Komarova^b, S. G. Glushko^c

^aKazan Federal University, Kremliovskaya st. 18, Kazan, 420008 Russian Federation

^bFederal research centre of land biodiversity of Eastern Asia, Far-Eastern branch of the RAS, 100-letiya Vladivostoka ave. 159, Vladivostok, 690022 Russian Federation

^cKazan State Agrarian University, Karl Marx st. 65, Kazan, 420008 Russian Federation

*E-mail: nbprokhorenko@mail.ru

This article discusses the results of long-term stationary studies of the formation and development of oak-cedar pine forests with magnolia berry and hazel growing in the Southern and Middle Sikhote-Alin. Considered here are the peculiarities of stands decline, seed-based reforestation, as well as the tree species growth and development courses during the process of reforestation successions in areas with different intensity of fire exposure. Following persistent ground fires, the stands decline is most intensive in the first 5 years, with decay rates and the number of surviving trees varying in different types of burnt areas. The most active seed-based reforestation occurs on post-fire sites mainly during the first 2 years, with birch, aspen and other early stage species predominating. The rate of annual growth of the young generation of trees is the most intensive on plots significantly damaged by fire, in serial species (birch, aspen, Maak's bird cherry, etc.) they are an order of magnitude higher than in climax broadleaved and coniferous species. Determination of dominance indices, equally dependent on the numbers of undergrowth, thin and large trees, showed that during reforestation successions after both rapid and persistent lowland fires, the phytocenotic importance dynamics in Korean pine, Mongolian oak and other forest forming species has its own peculiarities.

Key words: post-fire successions, forest stand decline, seed-based regrowth, growth rate, phytocenotic significance, serial and climax species.

REFERENCES

- Bulygin P.K., Estestvennoe vozobnovlenie v sosnyakakh srednego Priangar'ya, proidennykh nizovymi pozharami (Natural regeneration in pine forests of the middle Angara region affected by ground fires), *Lesovodstvo, lesnye kul'tury pochvovedenie*, 1981, Issue 10, pp. 75–79.
- Kolesnikov B.P., *Kedrovye lesa Dal'nego Vostoka* (Stone pine forests in the Far East), Moscow–Leningrad: Izd-vo AN SSSR, 1956, 262 p.
- Komarova T.A., *Poslepozharnye suksessii v lesakh Yuzhnogo Sikhote-Alinya* (Post-fire succession pathways in woodlands of southern Sikhote-Alin), Vladivostok: Dal'nauka, 1992, 223 p.
- Komarova T.A., Prokhorenko N.B., Glushko S.G., Terekhina N.V., *Poslepozharnye suksessii v lesakh Sikhote-Alinya s uchastiem Pinus koraiensis Siebold et Zucc* (Post-fire successions in the Sikhote-Alin forests with the participation of *Pinus koraiensis* Siebold et Zucc), Saint Petersburg: OOO "Svoe izdatel'stvo", 2017, 402 p.
- Komarova T.A., Rol' lesnykh pozharov v prorastanii semyan, pokoyashchikhsya v pochve (The role of forest fires in the germination of seeds resting in the soil), *Ekologiya*, 1985, No. 6, pp. 3–8.
- Komarova T.A., *Semennoe vozobnovlenie rastenii na svezhikh garyakh (lesa Yuzhnogo Sikhote-Alinya)* (Seed renewal of plants on fresh burned-out areas (forests of South Sikhote-Alin)), Vladivostok: Izd-vo DVNTs AN SSSR, 1986, 222 p.
- Komarova T.A., Terekhina N.V., Orekhova T.P., Pokoi zhiznesposobnykh semyan v pochve i ikh prorastanie posle pozharov v shirokolistvenno-kedrovyykh lesakh Yuzhnogo Sikhote-Alinya (Dormancy of viable seeds in soil and their germination after fires in broadleaved-Korean-pine forests of Southern Sikhote-Alin), *Botanicheskii zhurnal*, 2021, Vol. 106, No. 3, pp. 66–82.

- Korchagin A.A., Stroenie rastitel'nykh soobshchestv (Structure of plant communities), In: *Polevaya geobotanika* (Field geobotany), Leningrad: Izd-vo AN SSSR, 1976, Vol. 5, pp. 5–319.
- Kovalev A.P., Alekseenko A.Y., Lesnye resursy Dal'nego Vostoka i perspektivy neistoshchitel'nogo pol'zovaniya (Forest resources of the Far East and prospects for sustainable use), *Lesnaya promyshlennost', nauka, obrazovanie* (Forests of Russia: politics, industry, science, education), Proc. of III International Sci.-Tech. Conf., Saint Petersburg, pp. 150–152.
- Kovalev A.P., Orlov A.M., Lashina E.V., Grishchenova Y.A., Sostoyanie i perspektivy ispol'zovaniya lesnykh resursov Primorskogo kraia (The prospects of using forest resources in Primorsky Krai), *Sibirskii lesnoi zhurnal*, 2019, No. 5, pp. 15–21.
- Melekhov I.S., *Lesovedenie* (Forest science), Moscow: Lesnaya promyshlennost', 1980, 408 p.
- Sannikov S.N., Lesnye pozhary kak evolyutsionno-ekologicheskii faktor vozobnovleniya sosny v Zaural'e (Forest fires as an evolutionary-ecological factor of pine renewal in the Trans-Urals), In: *Gorenie i pozhary v lesu* (Burning and fires in the forest), Krasnoyarsk: Institut lesa i drevesiny SO AN SSSR, 1973, pp. 236–277
- Saxena A.K., Singht J.S., A phytosociological analysis of woody species in forest communities of a part of Kumaun Himalaya, *Vegetatio*, 1982, Vol. 50, No. 1, pp. 3–22.
- Sheshukov M.A., O klassifikatsii lesnykh pozharov po velichine vygorevshei ploshchadi (On the classification of forest fires by the size of the burnt area), *Lesnoe khozyaistvo*, 1967, Vol. 1, pp. 53–57.
- Simpson E.H., Measurement of diversity, *Nature*, 1949, Vol. 163, pp. 163–188.
- Solodukhin E.D., Lesovozobnovlenie na garyakh v nekotorykh tipakh lesa Primorskogo kraia (Reforestation of burnt areas in some forest types in Primorsky Krai), *Soobshch. Dal'nevostochnogo fil. AN SSSR*, 1952, Issue 5, pp. 43–53.
- Solov'ev K.P., Solodukhin E.D., Klassifikatsiya garei na Dal'nem Vostoke (Classification of burnt areas in the Far East), *Lesnoe khozyaistvo*, 1953, No. 2, pp. 45–48.
- Solov'ev K.P., Solodukhin E.D., Vozobnovlenie drevesnykh porod v lesakh Dal'nego Vostoka (Renewal of tree species in the forests of the Far East), In: *Vozobnovlenie lesa* (Forest renewal), Moscow: Izd-vo Kolos, 1975, pp. 283–303.
- Sosudistye rasteniya sovetskogo Dal'nego Vostoka* (Vascular plants of the Soviet Far East), Saint Petersburg: Nauka, 1985–1996, Vol. 1–8.
- Sovremennoe sostoyanie lesov rossiiskogo Dal'nego Vostoka i perspektivy ikh ispol'zovaniya*, (The current state of the forests of the Russian Far East and the prospects for their use), Khabarovsk: Dal'NIILKh, 2009, 470 p.
- Starodumov A.M., K voprosu o lesnykh pozharakh v kedrovo-shirokolistvennykh lesakh Dal'nego Vostoka (On the issue of forest fires in cedar-broadleaf forests of the Far East), *Byul. nauchn. -tekhn. informatsii Dal'NIILKh*, 1957, Vol. 2, pp. 3–8.
- Starodumov A.M., *Priroda lesnykh pozharov na Dal'nem Vostoke* (The nature of forest fires in the Far East), Moscow: Lesnaya promyshlennost', 1966, 58 p.
- Sukachev V.N., Zonn S.V., *Metodicheskie ukazaniya k izucheniyu tipov lesa* (Guidelines for the forest types study), Moscow: Izd. AN SSSR, 1961, 144 p.
- Whittaker R.H., Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California, *Ecological Monographs*, 1960, Vol. 30, No. 4, pp. 407–407.