

ЛЕСОВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ СУКЦЕССИИ ПОСЛЕ РУБОК ГЛАВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ В КЕДРОВО-ПИХТОВО-ЕЛОВЫХ ШИРОКОТРАВНО-ОСОКОВО-ПАПОРОТНИКОВЫХ ЛЕСАХ ЮЖНОГО СИХОТЭ-АЛИНЯ

© 2022 г. Т. А. Комарова^{1,*}, Н. Б. Прохоренко^{2,**}, С. Г. Глушко^{3,***}, Н. В. Терехина^{4,****}

¹ Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН
пр. 100-летия Владивостоку, 159, Владивосток, Приморский край, 690022, Россия

² Казанский (Приволжский) федеральный университет
ул. Кремлевская, 18, Казань, 420008, Россия

³ Казанский государственный аграрный университет
ул. К. Маркса, 65, Казань, 420015, Россия

⁴ Институт наук о Земле СПбГУ
10-я линия Васильевского о-ва, 33/35, Санкт-Петербург, 199178, Россия

*e-mail: mata41@mail.ru

**e-mail: nbprokhorenko@mail.ru

*** e-mail: glushkosg@mail.ru

**** e-mail: n.terehina@spbu.ru

Поступила в редакцию 06.03.2022 г.

После доработки 14.08.2022 г.

Принята к публикации 16.08.2022 г.

Обсуждаются результаты более чем 30-летних исследований лесовосстановительных сукцессий после рубок главного пользования, проведенных во второй половине прошлого столетия в кедрово-пихтОВО-еловых широколиственно-осоково-папоротниковых лесах Южного Сихотэ-Алиня. Рассмотрены изменения в видовом составе, численности и ценоценотической роли доминирующих видов разных биоморфов в ходе восстановления в течение 40 лет после условно-сплошных рубок и восстановления до коренного кедрово-пихтОВО-елового леса после подневольного-выборочной рубки. Наиболее быстрый лесовосстановительный процесс без смены коренных пород осуществляется после зимних подневольного-выборочных рубок. После условно-сплошных рубок с использованием тяжелой агрегатной техники, нарушающих почвенный покров и подстилку, а также повреждающих подрост древесных пород, восстановление коренных хвойных лесов идет через стадию быстрорастущих лиственных пород. В целом лесовосстановительный процесс на обследованных участках проходит успешно, что связано с незначительной площадью вырубок (каждая не более 1 га) и близостью массивов коренных лесов.

Ключевые слова: подневольные-выборочные и условно-сплошные рубки, лесовосстановительные сукцессии, фитоценоценоз, значимость ценопопуляций

DOI: 10.31857/S0006813622100064

Лесообразовательный процесс в горных районах Приморского края протекает под воздействием периодически возникающих пожаров и все возрастающих рубок главного пользования. После запрета рубок в лесах, образованных сосной корейской или кедром корейским (*Pinus koraiensis* Siebold et Zucc.), главным объектом рубок в Приморском крае стали темнохвойные пихтОВО-еловые леса. Лесные пожары и промышленные рубки привели к значительному уменьшению площади пихтОВО-еловых лесов. К настоящему времени все лесные ресурсы сильно истощены, а

неосвоенные лесные массивы пихтОВО-еловых лесов незначительны и приурочены к крутым склонам преимущественно на севере Приморского края (Kovalev, Alekseenko, 2018).

В связи с интенсивным процессом лесозаготовок и часто возникающими пожарами вопросы лесовосстановления, формирования хвойных молодняков и сохранения биоразнообразия лесных экосистем становятся все более актуальными (Sovremennoe..., 2009; Kovalev et al., 2019; Kuuluvainen et al., 2019; и др.).

Согласно “Правилам рубок главного пользования” (Pravila..., 1970) в конце двадцатого столетия на территории Приморского края основными способами рубок главного пользования были приняты подневольно-выборочные и условно-сплошные рубки, при которых оставляют только второстепенные листовенные древесные породы и маломерные хвойные. В районе исследований в это время наиболее активно проводились подневольно-выборочные рубки с удалением крупномерных стволов хвойных деревьев. Для максимального сбережения хвойного подроста в процессе лесозаготовок применялась Приморская узкопосечная технология, позволяющая сохранять подрост до 80% при зимних и 60% при летних лесозаготовках. На волоках (шириной до 25–35 м) вырубались все деревья и по ним проводились трелевочные работы с помощью тракторов или лебедок. Между трелевочными волоками с помощью бензопил вырубались крупномерные деревья. В период зимних заготовок травмирование почвенного покрова и площадь минерализованных участков на волоках были минимальны.

Сведения о естественном возобновлении пихтово-еловых лесов на Дальнем Востоке после рубок главного пользования содержатся во многих публикациях (Solov'ev, 1963; Man'ko, Voroshilov, 1967; Voroshilov, 1970, 1972, 1975; Chumin et al., 1981; и др.). Несмотря на общую разработанность естественного хода восстановления лесов Дальнего Востока остались недостаточно изученными особенности формирования древесных молодняков и последовательного хода лесовосстановительных сукцессий после разных способов рубки.

Цель наших исследований – провести сравнительный анализ характера и темпов восстановления сообществ кедрово-пихтово-еловых широколиственно-осоково-папоротниковых лесов Южного Сихотэ-Алиня после подневольно-выборочных и условно-сплошных рубок, проведенных в 60–90-е годы прошлого столетия.

ОБЪЕКТЫ И МАТЕРИАЛЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в течение 1983–2012 гг. в северо-западной части Южного Сихотэ-Алиня (43°09'–44°01' с.ш. и 133°09'–134°03' в.д.) в бассейнах рек Соколовка и Извилинка, являющихся притоками р. Усури в ее верхнем течении.

В нижних частях горных склонов до 600–650 м над ур. м. распространены кедрово-широколиственные леса, которые к настоящему времени сильно истощены. Выше 850–900 м распространены пихтово-еловые леса, отличающиеся сравнительно простым строением и однообразным составом всех ярусов. В зоне контакта кедрово-широколиственных и пихтово-еловых лесов на-

ходится переходная полоса кедрово-пихтово-еловых лесов, образованных неморальным видом – сосной корейской и бореальными видами – елью аянской (*Picea ajanensis* Lindl. et Gord.) и пихтой белокорой (*Abies nephrolepis* (Trautv.) Maxim.). В подчиненных ярусах в одинаковой степени представлены неморальные и бореальные виды.

Согласно разработанной нами классификационной схеме сукцессионных рядов и сетей после пожаров и рубок для среднегорного пояса Южного Сихотэ-Алиня (Komarova, 1992 а; Komarova et al., 2017), изучаемые сообщества относятся к кедрово-темнохвойному актинидиево-разнотравно-кустарниковому широколиственно-осоково-папоротниковому типу сукцессионных рядов. Развиваются они на достаточно богатых влажных бурых горно-лесных почвах, иногда лессивированных и оподзоленных с хорошим внутрпочвенным дренажем на пологих шлейфах и речных террасах от 550 до 850 м над ур. м.

Благоприятный гидрологический режим в сочетании с богатством почв обеспечивают высокое разнообразие видового состава и сложную структуру сообществ. Для коренных лесов характерны хорошо выраженные древесный, кустарниковый и кустарничково-травяной ярусы. Верхний подъярус коренных древостоев обычно образуют ель аянская и сосна корейская с примесью липы Take (*Tilia taquetii* C.K. Schneid.), березы желтой (*Betula costata* Trautv.), ильма лопастного (*Ulmus laciniata* (Trautv.) Mayr) и других видов. Во втором подъярусе, как правило, преобладает пихта белокорая со значительным участием кленов зеленокорого и желтого (*Acer tegmentosum* Maxim., *A. ukurunduense* Trautv. et Mey.). Несмотря на относительно высокую полноту, сомкнутость крон древостоя редко превышает 0.8. Для производных древостоев характерно высокое участие берез (*Betula costata* и *B. platyphylla* Sukacz.), осины (*Populus tremula* L.), ив (*Salix caprea* L., *S. taraikensis* Kimura), черемухи Маака (*Padus maackii* (Rupr.) Kom.) и других видов.

В хорошо развитом кустарниковом ярусе наибольшего обилия достигают неморальные виды (*Acer barbinerve* Maxim., *Corylus mandshurica* Maxim., *Philadelphus tenuifolius* Rupr. et Maxim., *Eleutherococcus senticosus* (Rupr. et Maxim.) Maxim.), а среди деревянистых лиан доминирует актинидия коломикта (*Actinidia kolomikta* (Maxim.) Maxim.).

Кустарничково-травяной ярус многовидовой, с общим проективным покрытием от 60 до 90%. Наиболее широко в нем представлены мезофитные и гигромезофитные папоротники (*Diplazium sibiricum* (Turcz. ex G. Kunze) Kurata, *Leptorumhira amurensis* (Christ) Tzvel., *Dryopteris crassirhizoma* Nakai, *Pseudocystopteris spinulosa* (Maxim.) Ching и др.), осоки (*Carex xyphium* Kom., *C. campylorhina* V. Krecz., *C. reventa* V. Krecz.) и широколиственно-

(*Cardamine leucantha* (Tausch) Schulz, *Cacalia praetermissa* (Pojark.) Pojark., *Hylomecon vernalis* Maxim.).

Моховой покров развит слабо. В понижениях микрорельефа иногда встречаются пятна из гигромезофитных мхов (*Pleuroziopsis ruthenica* (Weinm.) Kindb. ex E. Britton, *Climacium japonicum* Lindb. и др.).

По своему составу и строению сообщества этого типа сукцессионных рядов близки к кедровникам с преобладанием в травяном покрове папоротников (Vasil'ev, 1937), папоротниковым кедровникам с елью (Solov'ev, 1963, 1975), а также описанным Н.В. Дылисом и П.Б. Виппером (Dyulis, Vipper, 1953) неморальным ельникам, отличающимся высоким участием в составе всех ярусов представителей маньчжурской флоры, сложным строением и высокой производительностью.

Согласно эколого-флористической классификации исследуемые сообщества относятся к порядку *Abieti nephrolepidis-Pinion koraiensis* (Krestov et al., 2006). Для изучаемых сообществ нами (Комарова, Гумарова, 2005) отмечена определенная комбинация диагностических видов (*Lunathyrium pycnosorum* (Christ) Koidz., *Enemion raddeanum* Regel, *Dryopteris sichotensis* Kom., *Galium paradoxum* Maxim., *Hylomecon vernalis* и *Cardamine leucantha* (Tausch) Schulz), характерных в своей совокупности только для рассматриваемого типа сукцессионных рядов.

Характеристика исследуемых лесных сообществ. Лесовосстановительный процесс изучался на пяти постоянных пробных площадях (пр. пл.), расположенных на территории Верхнеуссурийского биогеоценотического стационара, расположенного в верхней части бассейна р. Правая Соколовка в пределах 550–850 м над ур. м. При этом одна пр. пл. была заложена после зимней (54–1987) и две после летних (56–1986 и 40–1983) подневольных-выборочных рубок, две пр. пл. (39–1983, и 5–1988) заложены после условно-сплошных рубок.

Зимняя подневольная-выборочная рубка была проведена в 1970 г. на пологой надпойменной террасе ручья Медвежьего на высоте 650 м над ур. м. В центральной части заложеной здесь в 1987 г. пр. пл. 54–1987 размером 50 × 50 м сохранились следы трелевочного волока, по которому удалялись стволы срубленных деревьев. Всего на площади 0.25 га во время рубки с пр. пл. было удалено 12 деревьев ели аянской от 60 до 85 см диам. в основании ствола и возрастом от 120 до 200 лет, а также 3 ствола сосны корейской от 52 до 110 см диам., возрастом от 178 до 185 лет. После удаления крупномерных стволов ели и сосны корейской, имевших в среднем возраст 180 лет, возраст сохранившегося верхнего полога древостоя снизился до 120 лет. Таксационная характеристика древостоев в 1987 и 2007 г. приведена в табл. 1.

Стационарные исследования после летних подневольных-выборочных рубок, проведенных в 1968 и 1969 г., велись на двух постоянных пр. пл., расположенных на пологих склонах в долине ключа Кедровый (56–1986) и ручья Безымянный (40–1983), которые являются притоками р. Правая Соколовка, впадающей в р. Усури. После летней подневольной-выборочной рубки с помощью узкопосечного способа (пр. пл. 56–1986) на площади 0.25 га были удалены 17 деревьев ели аянской от 50 до 86 см диам. в основании ствола и возрастом от 130 до 210 лет, а также 4 дерева сосны корейской от 50 до 120 см диам. и возрастом от 180 до 200 лет. При этом средний возраст преобладающих пород верхнего подъяруса снизился до 110 лет. Таксационная характеристика древостоев на этом участке в 1986 и 2006 г. приведена в табл. 1.

Пр. пл. 40–1983, размером 100 × 100 м, была заложена в 1983 г. При лесозаготовительных работах, проведенных в 1969 г., здесь были изъяты только единичные деревья ели аянской и сосны корейской, что не повлияло на возраст и структуру древостоя. В связи с этим лесное насаждение на этой пр. пл. может служить эталоном коренного леса рассматриваемого типа сукцессионных рядов. Изменение характера древостоя на этом участке за 30 лет (ревизия 2012 г.) отражают таксационные показатели (табл. 1).

Лесовосстановительный процесс после условно-сплошных рубок изучался нами на двух постоянных пр. пл. (39–1983 и 5–1988). Пр. пл. 39–1983 размером 50 × 50 м, была заложена в 1983 г. на 14-летней вырубке, расположенной на пологом СЗ склоне на высоте 750 м над ур. м. в долине ручья Безымянный. К этому участку примыкает коренной эталонный лес (пр. пл. 40–1983). Последующие ревизии на этом участке были проведены в 2005 и 2011 г. на 36 и 42 гг. после условно-сплошной рубки (табл. 2).

Пр. пл. 5–1988, размером 50 × 50 м, была заложена в 1988 г. на 15-летней вырубке, расположенной на плоском водоразделе между реками Правая Соколовка и Изюбринная на высоте 840 м над ур. м. Последующие ревизии здесь были проведены на 33 и 38 гг. после лесозаготовительных работ (табл. 2).

Кроме длительных наблюдений на постоянных пробных площадях нами были использованы материалы детально-маршрутных исследований после условно-сплошных рубок, проведенных в 1980–1985 гг. в долине р. Извилинка. Всего в рассматриваемом типе сукцессионных рядов нами были осуществлены детальные геоботанические описания и учетные работы на 11 временных пр. пл., заложённых на вырубках возрастом от 1 до 8 лет.

Таблица 1. Изменение таксационных показателей деревьев на разных этапах восстановления кедрово-пихтово-еловых лесов после выборочных рубок

Table 1. Changes in inventory indices of stands at different stages of restoration of Korean pine-fir-spruce forests after selective fellings

Пробная площадь №-год закладки, возраст древостоя Sample plot №-year of laying, age of stand (years)	Подъярус Sublayer	Породный состав (по запасу) Species composition (by stock)	Число живых стволов на 1 га, шт. Number of live trunks per 1 ha, pcs.	Площадь сечения, м ² /га Sectional area, m ² /ha	Запас древесины, м ³ /га Timber stock, m ³ /ha	Средние значения для преобладающей породы Average values for a dominant species	
						Диаметр, см Diameter, cm	Высота, м Height, m
54–1987 120 лет	I	5Еа3Бж1П61К+Лг, Бп	124	13.8	153.5	38.9	22.0
	II	5Еа4П61Лг+К, Клз	361	12.7	114.3	21.2	16.7
	III	3Еа3П61Лг1Бж1Клж1Бп+К, Т, Чм	437	3.03	14.9	8.8	7.0
54–1987 140 лет	I	7Еа2К1П6+Лг, Бп	128	17.7	194.1	40.4	23.0
	II	5Еа4П61Лг+Ос, Бп, Клз	216	11.99	112.0	28.2	19.2
	III	5Еа3П61Лг1Клж+К	340	2.76	16.9	11.2	10.0
56–1986 110 лет	I	5Еа2П61К1Бж1Лг	145	13.6	157.1	42.0	22.5
	II	6Еа3П61Бж+Лг	313	9.93	82.7	21.0	17.0
	III	4П63Клз3Еа+К, Бж	269	1.14	6.3	11.0	10.0
56–1986 130 лет	I	6Еа2К1П61Бж+Лг	147	17.33	186.8	44.8	23.5
	II	6Еа3П61Бж+Лг, Бп, Ос	296	10.82	93.5	27.6	18.5
	III	4П3Клз3Еа+Клж, К	289	2.68	11.62	12.6	10.7
40–1983 180 лет	I	4Еа2К2Лг2Бж+П6	157	30.2	337.9	39.5	24.5
	II	5П64Еа1Клж+Бж, Лг, Клз	218	7.35	61.29	18.0	20.4
	III	4Еа4П62Клж+К, Лг	1102	4.04	15.75	7.0	6.8
40–1983 210 лет	I	3К3Еа2Лг2Бж+П6	112	24.5	257.7	60.5	27.0
	II	5П63Еа1Лг1Клж+Бж, К	165	5.98	50.7	20.9	16.5
	III	5Клж2П62Еа1Лг+К, Клз	458	2.09	11.1	8.1	7.5

Примечание. Бж – береза желтая или ребристая, Бп – береза плосколистная, Бш – береза шерстистая, Еа – ель аянская, Ивк – ива козья, Ивп – ива поронайская, Ил – ильм-лопастной, К – сосна корейская или кедр, Клж – клен желтый, Клз – клен зеленокорый, Лг – липа Таке, Ос – осина, Пб – пихта белокорая, Рс – рябина сибирская, Т – тополь корейский, Чм – черемуха Маака, Я – ясень маньчжурский.

Note. Бж – yellow or ribbed birch (*Betula costata*), Бп – Asian white birch (*B. platyphylla*), Бш – woolly birch (*B. lanata*), Еа – Yezo spruce (*Picea ajanensis*), Ивк – goat willow (*Salix caprea*), Ивп – Alaska bog willow (*S. fuscescens*), Ил – Manchurian lobed elm (*Ulmus laciniata*), К – Korean pine (*Pinus koraiensis*), Клж – yellow maple (*Acer ukurundense*), Клз – Manchurian striped maple (*A. tegmentosum*), Лг – Taquet's linden (*Tilia taquetii*), Ос – aspen (*Populus tremula*), Пб – Khinggan fir (*Abies nephrolepis*), Рс – Siberian mountain ash (*Sorbus sibirica*), Т – Korean poplar (*Populus koreana*), Чм – Manchurian cherry (*Padus maackii*), Я – Manchurian ash (*Fraxinus mandshurica*).

Таблица 2. Изменение таксационных показателей древостоев на разных стадиях восстановления кедрово-пихтово-еловых лесов после условно-сплошных рубок

Table 2. Changes in inventory indices of stands at different stages of restoration of Korean pine-fir-spruce forests after conditionally clear fellings

Пробная площадь №-год закладки, возраст вырубкой Sample plot №-year of laying, felling age (years)	Подъярус Sublayer	Породный состав (по запасу) Species composition (by stock)	Число живых стволов на 1 га, шт. Number of live trunks per 1 ha, pcs.	Площадь сечения, м ² /га Sectional area, m ² /ha	Запас древесины, м ³ /га Timberstock, m ³ /ha	Средние значения для преобладающей породы Average values for a dominant species	
						Диаметр, см Diameter, cm	Высота, м Height, m
39–1983, 14	I	5Бж4Лт1Еа+К	52	6.55	74.74	53.6	24.0
	II	6Еа1К1Пб1Ивк1Клж+Бж,Т,Лт	80	2.55	21.60	19.4	17.5
	III	3Бж2Клж1Т1Ивк1Чм1Лт1Бп+Пб,Еа	5537	5.70	42.60	3.6	4.7
39–1983, 36	I	4Бж3Лт2К1Бп+Еа	40	7.90	83.70	52.2	23.0
	II	5Тк2Бп1Еа1Пб1К+Лт	274	6.35	54.40	18.4	18.0
	III	3Бж2Клж2Чм1Еа1Пб1Лт ед.Ивк,Т	2614	6.57	34.86	6.5	8.0
39–1983, 42	I	4Бж2Лт2Еа1Т1К	80	11.95	112.28	58.9	24.5
	II	4Т3Бп1Еа1Пб1Лт+К,Бж	504	12.13	103.10	20.8	19.5
	III	3Бж2Пб1Лт1Клж1Еа1Ивк1Бп+К,Чм	2004	7.11	24.83	9.1	11.0
5–1988, 15	I	3Бж2Бп1Бш1Т1Пб1Ос1Ик ед.К,Еа	82	8.9	59.6	15.4	15.2
	II	4Бж2Бш1Бп1Пб1Чм1Ик ед.Еа,К,Т,Бп,Ос,Клж	4178	7.4	35.8	4.5	5.2
5–1988, 33	I	3Бж2Бп2Т1Пб1Ос1Бш ед.Еа,К	348	9.9	81.4	17.3	16.9
	II	6Бж1Бш1Еа1Пб1Чм+Ивк ед.Кж,К,Ос	2356	7.9	55.5	8.1	8.7
5–1988, 38	I	3Бп2Бш2Ос1Бж1Т1Пб ед.Еа,К	284	9.828	84.72	22.3	21.0
	II	6Бж2Бп1Пб1Еа ед.Чм,Клж,К	956	9.906	78.73	11.4	13.0
	III	4Бж2Клж2Пб2Еа+Рб,К,Чм	1524	2.763	15.39	7.3	8.0

Примечание. Краткие обозначения древесных растений см. в табл. 1.
Note. See Table 1 for designations of woody plants.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Сбор материалов проводили путем стационарных и детально-маршрутных исследований, сопровождавшихся закладкой постоянных и временных пр. пл. размером в среднем 50×50 м. В ходе полевых исследований всего было заложено 36 пр. пл. на участках, пройденных подневно-выборочными и условно-сплошными рубками.

При закладке пр. пл. и характеристике фитоценозов были использованы общепринятые в геоботанике и лесоведении методики (Sukachev et al., 1957; Sukachev, Zonn, 1961; Korchagin, 1976; Melekhov, 1980; и др.). На каждой пр. пл. проводили детальное геоботаническое описание, устанавливали видовой состав и численность всех видов по определенным ступеням высоты (длины) растений. Для характеристики древостоев проводили сплошной пересчет растущих и сухостойных деревьев по двух- и четырехсантиметровым ступеням толщины. Для установления таксационных показателей древостоев использовали «Справочник для таксации лесов Дальнего Востока» (Spravochnik..., 1990). Учет подроста, скелетных осей кустарников и деревянистых лиан проводили по определенным градациям высоты (для лиан – длины) на двух ленточных площадках (50×4 м), расположенных по диагоналям пр. пл. Количество надземных побегов травянистых растений учитывали на 50–100 площадках (1×1 м). Для видов нижних ярусов определяли массу надземных частей по методу модельных экземпляров (Sochava et al., 1962; Komarova, 1992b; и др.). С этой целью для каждого вида устанавливали средние статистические показатели в абсолютно сухом состоянии отдельных надземных побегов (скелетных осей) по соответствующим ступеням высоты (длины). Затем средние показатели модельных экземпляров перемножали на общее количество экземпляров в соответствующих ступенях высоты (длины).

Наряду с установлением численности и биомассы растений определяли встречаемость каждого вида травянистых растений на 100 площадках (1×1 м), а кустарников и деревянистых лиан на 200 площадках (2×2 м).

Для установления роли отдельных древесных видов в сложении сообществ, находящихся на разных этапах лесовосстановительных сукцессий после рубок древостоев, были использованы показатели фитоценотической значимости. Для оценки ценотической значимости древесных видов за основу нами был взят индекс доминирования Симпсона (Simpson, 1949): $D = \frac{Ni}{N}$, где Ni – численность i -го вида, N – общая численность всех видов.

Следуя модификации Саксена и Сингха (Saxena, Singh, 1982), отношения численности i -го ви-

да к общему количеству экземпляров всех видов устанавливали отдельно для подроста, тонкомера и деревьев более 12 см диаметром. Затем полученные результаты суммировались, и определялся корень квадратный из этой общей суммы, или со-

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

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

Для оценки фитоценотической значимости у разных видов кустарников, деревянистых лиан и травянистых растений были установлены показатели численности, массы надземных частей растений и встречаемости (константности) у каждого вида. Эти показатели отражают наиболее значимые стороны ценопопуляций – характер участия в сложении сообществ и степень использования ресурсов среды.

На временных пр. пл. размером 50×50 м были проведены детальные геоботанические описания с выявлением полного видового состава, а также установлением численности растений всех ярусов, а у ценопопуляций кустарников, лиан и травянистых растений устанавливали также массу надземных частей каждого вида методом модельных экземпляров, описанным выше.

Названия высших семенных растений приведены по сводке «Сосудистые растения Советского Дальнего Востока» (Sosudistye..., 1985–1996), названия мхов приведены по Л.В. Бардунову и В.Я. Черданцевой (Bardunov, Cherdantseva 1982).

ФОРМИРОВАНИЕ И РАЗВИТИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ ПОСЛЕ РУБОК ГЛАВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

Характер зарастания и развития сообществ после рубок главного пользования зависит от способов рубки и площади вырубков, численности сохранившихся деревьев и подроста, близости обсеменителей и общих лесорастительных условий. Состав формирующихся сообществ определяется видовым составом исходных фитоценозов, поступлением диаспор с соседних участков и наличием жизнеспособных семян в почве.

После подневно-выборочных рубок лесные фитоценозы рассматриваемого типа сукцессионных рядов восстанавливают основные черты и свойства исходных древостоев в сравнительно короткое время. Согласно нашим исследованиям, наиболее быстрый лесовосстановительный процесс без смены коренных пород осуществ-

лялся после зимней подневольно-выборочной рубки с использованием узкопасечного способа (пр. пл. 54–1987). Восстановление кустарникового и кустарничково-травяного ярусов на этом участке фактически завершился в течение 10 лет, а состав и структура древостоев восстановились в значительной степени через 20 лет после лесозаготовительных работ.

После летней подневольно-выборочной рубки (пр. пл. 56–1986) восстановление нижних ярусов практически завершилось через 12–15 лет, а состав и структура древостоя – через 30 лет.

В эталонном коренном лесу (пр. пл. 40–1983) возраст преобладающих в верхнем подъярусе деревьев ели аянской во время закладки пр. пл. в 1983 г. составлял примерно 180 лет. Через 30 лет в верхнем подъярусе этого древостоя значительно возросла роль сосны корейской в результате отпада за этот период части старых деревьев ели аянской, длительность жизни которых в исследуемом районе составляет 200–220 лет (Kotarova et al., 2017).

После условно-сплошных рубок с использованием тяжелой агрегатной техники, сильно нарушающих подстилку, почву и все ярусы лесных сообществ, обычно происходит более длительный лесовосстановительный процесс со сменой климаксовых хвойных пород на быстрорастущие серийные виды. Следуя за Ф. Клементсом (Clements, 1928), мы отнесли к группе серийных видов растения с ускоренным развитием на первых этапах их онтогенеза и характеризующиеся отсутствием сбалансированного этапа воспроизведения молодого и отмирания старого поколения. Высокие темпы роста этих растений и быстрое достижение генеративного периода обеспечивают первому их поколению устойчивые позиции и возможность доминировать в производных сообществах. Последующие поколения не развиваются активно при отсутствии очередных нарушений в растительном покрове и присутствуют только в виде примеси. Среди серийных видов первыми заселяют освобожденные участки после сплошных рубок разные виды берез (*Betula costata*, *B. platyphylla*), чему способствуют значительные запасы в почве их всхожих семян, способных сохранять жизнеспособность в течение нескольких десятилетий (Rysin, Rysina, 1965; Karпов, 1969; Kotarova, 1992a; и др.).

Среди серийных видов быстро заселяют свежесрубленные участки представители семейства Salicaceae (*Populus tremula*, *P. koreana* Rehd., *Salix caprea* и др.) благодаря массовому распространению их мелких и легких семян с помощью ветра и быстрому их прорастанию. На обнаженной поверхности почвы при наличии достаточного количества влаги в почве семена их могут прорасти уже на 2-й день.

Для коренных, или климаксовых, видов (по Clements, 1928), способных образовывать древостой со своим господством на поздних этапах сукцессий и в климаксовых сообществах, характерны медленные темпы развития на первых стадиях сукцессий после сплошных рубок.

Наиболее высокие темпы роста (до 80–90 см в первые годы после сплошной рубки) отмечались у растений серийных видов (*Populus tremula*, *Betula platyphylla*, *Padus maackii* и *Salix caprea*). Растения березы ребристой отставали от них в росте (прирост не более 30 см в год), при этом их численность достигала максимальной величины – 4.2–5.8 тыс. экз./га (рис. 1).

Представители климаксовых видов, в отличие от серийных, развиваются медленнее на первых этапах их онтогенеза и способны переносить умеренное затенение. Исследования на временных пр. пл., заложенных в первые 8 лет после условно-сплошных рубок в долине р. Извилинка, показали, что в первый год после сплошной рубки по численности среди климаксовых древесных видов преобладал мелкий подрост ели и пихты. При этом наиболее высокая их сохранность отмечается на гниющем валеже. Однако уже на 2-й год после рубки древостоя предварительный подрост ели аянской и пихты белококорой в значительной части погибал в результате механических повреждений, иссушения подстилки и поверхностных горизонтов почвы, а также из-за усыхания разрушенного при лесозаготовках валежа. Значительное количество предварительного подраста ели и пихты (от 30 до 50%) обычно усыхает в первые 4 года после рубки древостоя. В последующие годы численность молодого поколения ели и пихты возрастает за счет их семенного возобновления от единичных сохранившихся деревьев и примыкающих к вырубкам стен коренного леса. Максимум численности популяций ели и пихты приходится на 17–20 годы после рубки древостоя, что подтверждают показатели динамики численности ценопопуляций древесных пород, установленных на 16 постоянных и временных пр. пл., заложенных после условно-сплошных рубок (рис. 1).

На 14–15 год после сплошной рубки образовался сравнительно однородный древесный молодняк 4–6 м выс., состоявший преимущественно из разных видов берез. На постоянной пр. пл. 5–1988 значительное участие в древесном молодняке принимала также береза шерстистая (*Betula lanata* (Regel) V. Vassil.), более характерная для пихтово-еловых лесов. Ее присутствие было связано с тем, что пр. пл. 5–1988 была заложена на верхнем пределе распространения (840 м над ур. м.) сообществ рассматриваемого типа сукцессионных рядов.

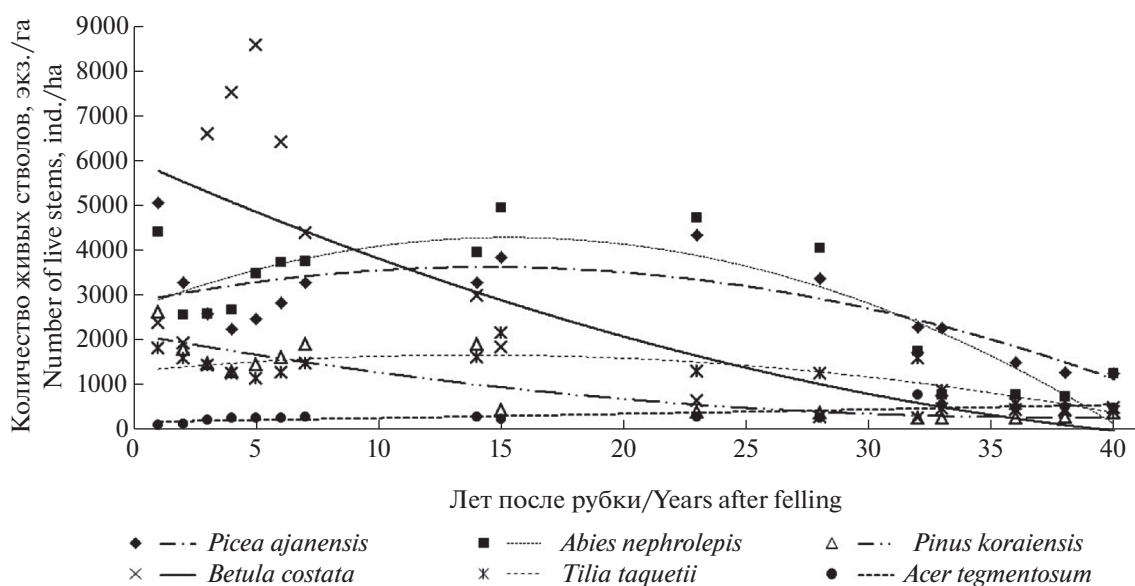


Рис. 1. Динамика численности и полиномиальные линии тренда для ценопопуляций древесных видов в первые 40 лет после условно-сплошных рубок.

Fig. 1. Dynamics of abundance and polynomial trend lines for coenopopulations of tree species in the first 40 years after conditionally clear fellings.

По мере роста и смыкания крон древесного молодняка обычно усиливается интенсивность конкуренции между растениями за жизненное пространство (свет, влагу, элементы минерального питания). При этом слабые растения, отстававшие в росте, подавляются более крупными растениями и в дальнейшем многие из них погибают. Наиболее сильный процесс самоизреживания отмечался среди серийных древесных видов. Так, к 8-му году развития после сплошной рубки сохраняли жизнедеятельность 6.2% растений березы ребристой, а на 42-й год отмечено только 2.3% от числа растений этого вида на 2-й год после сплошной рубки (рис. 1).

По мере роста и увеличения численности молодых растений климаксовых видов — ели аянской и пихты белокорой происходило смыкание их крон и к 20–25 годам после сплошных рубок формировались их отдельные сомкнутые группы 2.0–3.0 м выс. В результате сильного затенения под их пологом резко сократилась численность растений не только у представителей нижних ярусов, но заметно снизилось и количество подроста у всех древесных растений климаксовых видов, в основном за счет отставших в росте экземпляров. При этом численность ценопопуляции и самой ели аянской на пр. пл. 39–1983 снизилась с 3.8 тыс. экз./га, отмеченных на 14-й год после рубки до 1.2 тыс. экз./га на 42-й год после рубки. У всех других хвойных и лиственных климаксовых видов за этот период также произошло значительное снижение численности их растений, за

исключением клена зеленокорого (*Acer tegmentosum*), у которого численность популяции возросла с 0.25 до 0.55 тыс. экз./га преимущественно за счет мелкого подроста, способного переносить умеренное затенение.

Незначительная площадь всех исследуемых вырубок (менее 1 га), окруженных ненарушенными кедрово-пихтово-еловыми лесами, определила доминирование в лесных сообществах во всех категориях подроста растений ели аянской и пихты белокорой. При этом максимальной численностью (6–11 тыс. экз./га) у этих видов отличался мелкий подрост, а наименьшее количество экземпляров (0.4–0.6 тыс. экз./га) было представлено в крупном подросте.

ИЗМЕНЕНИЕ ЦЕНОТИЧЕСКОЙ РОЛИ ДРЕВЕСНЫХ, КУСТАРНИКОВЫХ И ТРАВЯНИСТЫХ РАСТЕНИЙ НА РАЗНЫХ ЭТАПАХ ЛЕСОВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ СУКЦЕССИЙ

Для установления роли отдельных древесных видов в сложении сообществ, находящихся на разных этапах лесовосстановительных смен после рубок древостоя, были использованы показатели индексов доминирования для 8 видов деревьев, 6 из которых представлены на рис. 2.

Кривые ценотической изменчивости древесных видов по градиенту сукцессионного процесса соответствуют ценоклинам градиентного анализа Уиттекера (Whittaker, 1960). В сукцессионных це-

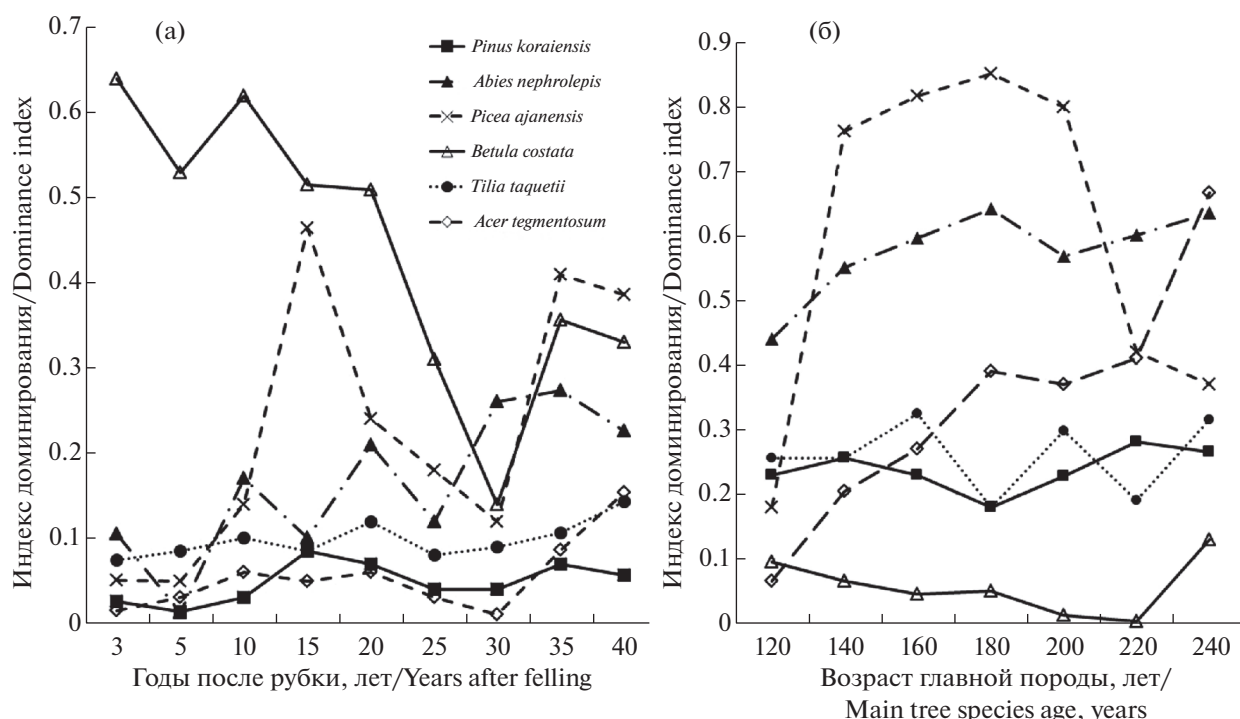


Рис. 2. Показатели индекса доминирования и линии тренда для основных ценозообразующих древесных видов на разных стадиях восстановления кедрово-пихтово-еловых лесов после условно-сплошных (а) и подневнольно-выборочных (б) рубок.

Fig. 2. Indicators of the dominance index and the trend line for main coenose-forming tree species at different stages of restoration of Korean pine-fir-spruce forests after conditionally clear fellings (a) and after forced selective fellings (b).

ноклинах наиболее высокая ценотическая значимость (0.5 и более) на отдельных этапах лесовосстановительного процесса принадлежит 3 видам (*Betula costata*, *Picea ajanensis* и *Abies nephrolepis*).

Относительно высокая фитоценотическая значимость у серийных видов (*Betula costata*, *B. platyphylla*, *Populus tremula*) отмечена только в первые 20–30 лет после сплошных рубок древостоев. В дальнейшем для них характерны низкие индексы доминирования, несмотря на их преобладание в составе древостоев. Это связано с низкой численностью их молодого поколения, неспособного возобновляться под пологом своего же древостоя.

У климаксовых видов (*Picea ajanensis* и *Abies nephrolepis*) индексы доминирования до 40 лет после условно-сплошных рубок сравнительно низкие. После 50–60 лет они становятся стабильно высокими благодаря переходу многих деревьев этих видов в тонкомер и достижению генеративного периода у некоторых растений с ускоренным ростом, что обеспечивает постоянный приток молодых растений.

После подневнольно-выборочных рубок индексы доминирования у ели аянской резко снижаются в результате лесозаготовительных работ и ме-

ханического повреждения молодых растений во время рубки древостоя. Вместе с тем уже через 20 лет после рубки ценотическая значимость у ели значительно возрастает. При этом ценообразующая роль ели аянской превышает ценотическую значимость пихты белокорой до ее 200-летнего возраста. После массового распада старшего поколения ели, связанного с завершением их жизненного цикла в 200–220 лет, индексы доминирования у этого вида значительно снижаются.

Индексы доминирования у сосны корейской в сообществах этого сукцессионного ряда после разных способов рубок довольно низкие (менее 0.3), так как она выступает лишь как постоянный сопутствующий вид к темнохвойным породам. Роль постоянных сопутствующих видов с невысокими показателями индексов доминирования играют и климаксовые широколиственные породы (*Acer tegmentosum*, *A. ukurunduense* и *Tilia taquetii*).

Среди кустарников и деревянистых лиан наиболее высокие показатели как по численности скелетных осей, так и их встречаемости в сообществах на всех стадиях лесовосстановительных сукцессий после сплошных и выборочных рубок характерны для двух видов: геоксильного кустар-

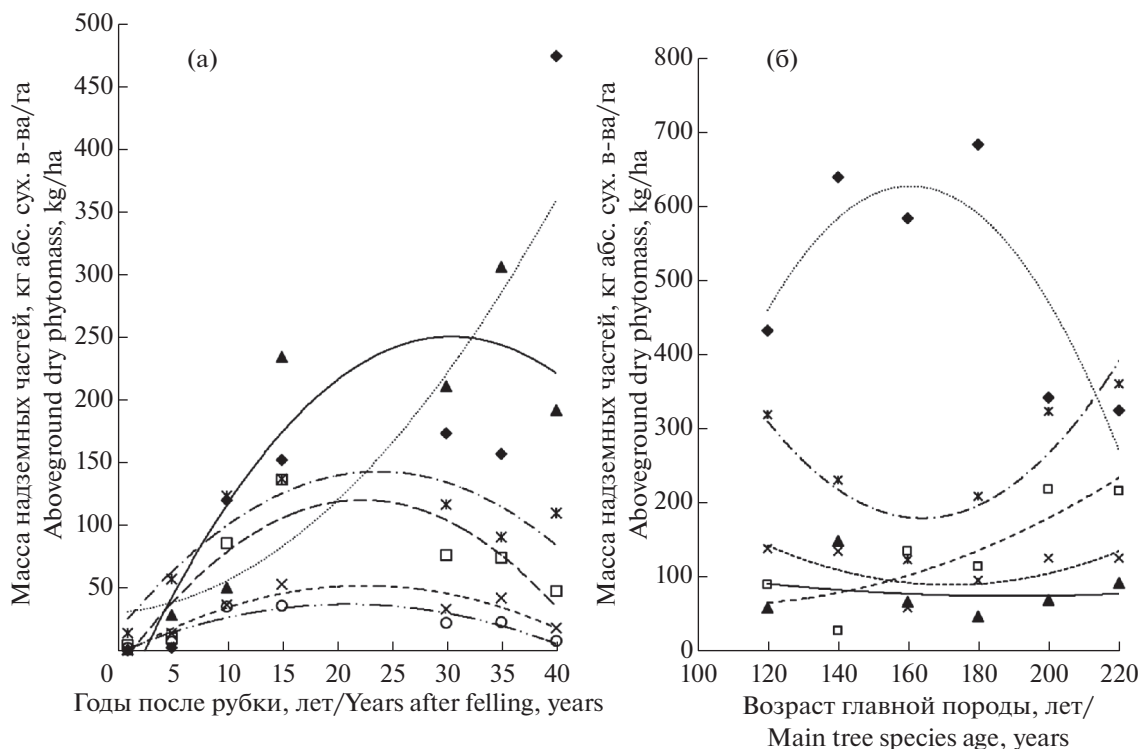


Рис. 3. Изменение массы надземных частей скелетных осей у ценопопуляций пяти видов кустарников и деревянистой лианы в первые 40 лет после условно-сплошных (а) и подневнольно-выборочных (б) рубок в кедрово-пихтово-еловых лесах. Условные обозначения: ◆ — *Acer barbinerve*, ▲ — *Corylus mandshurica*, ж — *Philadelphus tenuifolius*, □ — *Actinidia kolomikta*, × — *Eleutherococcus senticosus*, ○ — *Sambucus racemosa*.

Fig. 3. Change in the mass of the aboveground parts of skeletal axes in coenopopulations of five species of shrubs and woody vine in the first 40 years after conditionally clear (a) and forced selective (b) fellings in Korean pine-fir-spruce forests. Symbols: ◆ — *Acer barbinerve*, ▲ — *Corylus mandshurica*, ж — *Philadelphus tenuifolius*, □ — *Actinidia kolomikta*, × — *Eleutherococcus senticosus*, ○ — *Sambucus racemosa*.

ника средней величины — чубушника тонколистного (*Philadelphus tenuifolius*) и деревянистой лианы актинидии коломикта (*Actinidia kolomikta*). На молодых хорошо освещенных вырубках преобладают их скелетные оси до 200 (300) см высоты (длины), а под сомкнутым пологом как серийных, так и климаксовых древостоев основное их количество не превышает 50–100 см. Крупные лианы актинидии коломикта представлены лишь единичными экземплярами. После сплошных рубок, начиная с третьего года до 42 лет, средняя численность скелетных осей у чубушника тонколистного составляет 3.0–5.0 тыс. экз./га, а максимальная 10.0–12.0 тыс. экз./га. Численность осей у актинидии коломикта за этот же период варьирует от 1.5 до 12.0 тыс. экз./га после сплошных рубок и от 1.0 до 17.5 тыс. экз./га после выборочных рубок.

Встречаемость на 200 площадках (2 × 2 м) у чубушника тонколистного изменяется после сплошных и выборочных рубок от 20 до 57%, а у актинидии коломикта — от 25 до 54%.

Среди травянистых растений наибольшая численность побегов и высокая встречаемость отмечены у низкотравья (*Oxalis acetosella* L., *Maianthemum bifolium* (L.) F.W. Schmidt, *Viola selkirkii* Pursh ex Goldie и др.).

Общее представление о ходе развития и накопления массы у основных ценообразующих видов нижних ярусов после условно-сплошных и подневнольно выборочных рубок могут дать показатели их общей надземной фитомассы в абсолютно сухом состоянии (рис. 3 и 4).

Прямая корреляция между численностью растений и их биомассой отсутствует из-за значительных различий в размерах растений. В первые годы после условно-сплошных рубок по накопленной массе надземных частей в кустарниковом ярусе преобладают те же серийные виды — (*Philadelphus tenuifolius* и *Actinidia kolomikta*), совместно составляющие 40–50% от общей массы (120–200 кг абс. сух. вещ-ва/га) надземных частей всех кустарников и деревянистых лиан.

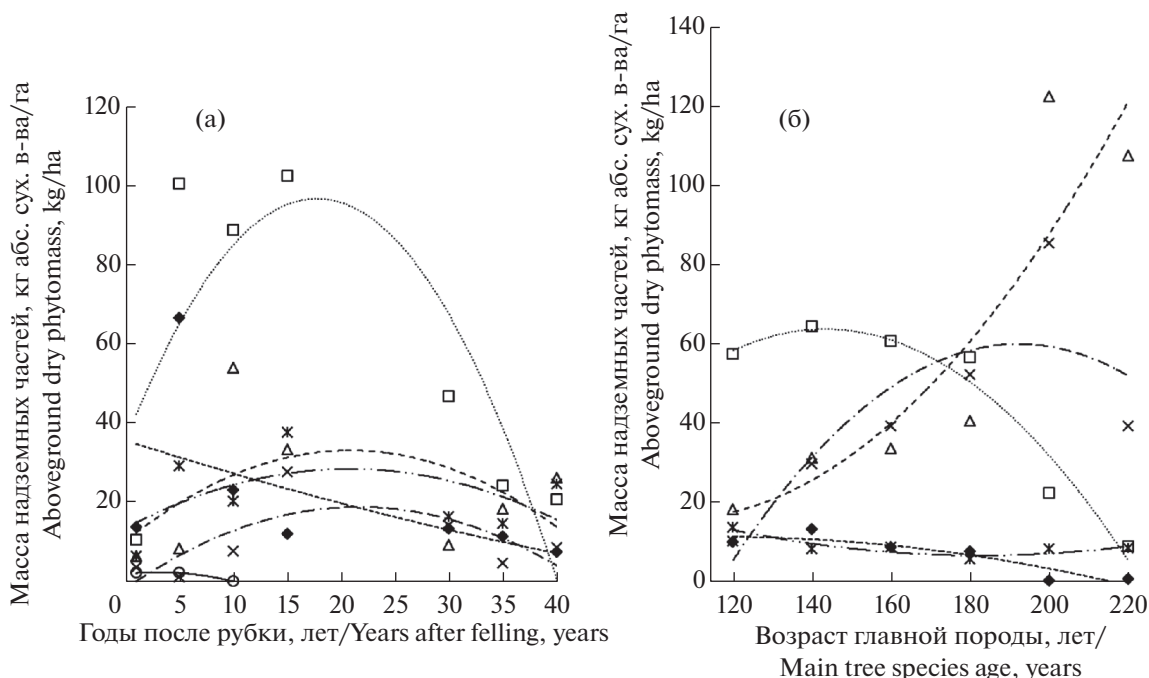


Рис. 4. Изменение массы надземных частей у ценопопуляций шести видов травянистых растений после условно-сплошных (а) и подневнольно-выборочных (б) рубок в кедрово-пихтово-еловых лесах. Условные обозначения: ◆ - - - - *Carex campylorhina*, △ - - - - *Leptorumohra amurensis*, ж - · · · *Diplazium sibiricum*, □ ····· *Carex xiphium*, × - · *Dryopteris crassirhizoma*, ○ — *Impatiens noli-tangere*.

Fig. 4. Change in the mass of aboveground parts in coenopopulations of six herbaceous plant species after conditionally clear (a) and forced selective (b) fellings in Korean pine-fir-spruce forests. Symbols: ◆ - - - - *Carex campylorhina*, △ - - - - *Leptorumohra amurensis*, ж - · · · *Diplazium sibiricum*, □ ····· *Carex xiphium*, × - · *Dryopteris crassirhizoma*, ○ — *Impatiens noli-tangere*.

Среди инициальных видов в этот же период наиболее активно развивается крупный аэроксильный кустарник (*Sambucus racemosa*). В восстанавливающихся лесах после подневнольно-выборочных рубок доминирующая роль в кустарниковом ярусе принадлежит климаксовому виду (*Acer barbinerve*), скелетные оси которого в этих лесорастительных условиях достигают 12 м выс. и значительно превышают все остальные виды по массе надземных частей (рис. 3).

На завершающих стадиях лесовосстановительных сукцессий после подневнольно-выборочных рубок и в климаксовых сообществах общая масса надземных частей кустарников и деревянистых лиан составляет в среднем 800–1000 кг абс. сух. вещ-ва/га.

Общая масса надземных частей травянистых растений после условно-сплошных рубок имеет низкие значения и в первые два года составляет в среднем 120–150 кг абс. сух. вещ-ва/га. Многие тенелюбивые растения, характерные для коренных сообществ (*Leptorumohra amurensis*, *Dryopteris crassirhizoma*, *Carex xiphium* и др.), в первые годы после рубки погибают от механического повреждения и сохнут от недостаточного увлажнения

и избыточного освещения. В то же время у светолюбивых папоротников и осок (*Diplazium sibiricum*, *Pseudocystopteris spinulosa* (Maxim.) Ching, *Carex campylorhina* и др.) масса надземных частей быстро возрастает благодаря их активному вегетативному разрастанию от сохранившихся надземных и подземных органов. Развитие многочисленных растений инициальных видов (*Impatiens noli-tangere* L., *Chamerion angustifolium* (L.) Holub, *Lamium barbatum* Siebold et Zucc.) Menne-ta и др.) способствуют увеличению общей массы надземных частей травянистых растений до 500–600 кг абс. сух. вещ-ва/га.

Образование сомкнутого полога из серийных древесных видов (*Betula costata*, *B. platyphylla*, *Salix caprea* и др.), начиная с 10–15 (20) лет после сплошной рубки древостоя, и формирование из ели и пихты после 20–25 лет, приводят к значительному снижению общей массы надземных частей у большинства ценопопуляций травянистых растений (рис. 4).

После подневнольно-выборочных рубок общая масса надземных частей травяного покрова обычно незначительно изменяется и составляет в среднем 300–400 кг абс. сух. вещ-ва/га. На завер-

шающих стадиях лесовосстановительных сукцессий и в климаксовых сообществах рассматриваемого типа сукцессионных рядов основную роль в накоплении надземной фитомассы травяного покрова играют папоротники (*Leptorumohra amurensis*, *Dryopteris crassirhizoma*) и осока мечевидная (*Carex xiphium*).

Общий флористический состав сообществ после условно-сплошных рубок колеблется в широких пределах – от 24 до 82 видов, в то время как после подневольного-выборочных рубок изменяется от 64 до 76 видов на площади, равной 50 × 50 м. При этом на долю травянистых растений приходится около 70% от общего числа видов высших сосудистых растений, а доли древесных и кустарниковых видов составляют примерно одинаково – по 15%.

Минимальное число видов отмечено в первые два года, а максимальное количество видов приходится на 5–10 годы после условно-сплошных рубок.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ лесовосстановительного процесса в течение 30–42 лет после условно-сплошных и подневольного-выборочных рубок в сообществах кедрово-пихтово-елового широколиственно-осоково-папоротникового леса Южного Сихотэ-Алиня показал, что естественный ход возобновления и развития молодого поколения хвойных лесообразователей в целом осуществляется удовлетворительно во всех исследованных сообществах. При этом в разных категориях подроста после условно-сплошных рубок, а также в составе древостоев после подневольного-выборочных рубок преобладают темнохвойные породы (*Picea ajanensis* и *Abies nephrolepis*). Успешность лесовосстановительного процесса на исследуемых участках была связана с незначительной площадью вырубок (менее 1 га) и прилегающим к рубкам массивам коренных лесов.

Наиболее быстрый и успешный лесовосстановительный процесс без смены коренных пород осуществлялся после зимней подневольного-выборочной рубки. После удаления крупномерных стволов ели и сосны корейской, имевших возраст 170–190 лет, средний возраст верхнего полога древостоев снижался до 110–130 лет, а состав и структура насаждений почти полностью восстановились к 20 годам после рубки.

После условно-сплошных рубок восстановление лесов, как правило, идет через смену климаксовых хвойных пород на быстрорастущие серийные виды берез, осины, и в козьей и поронайской (*Salix caprea*, *S. taraikensis*), черемухи Маака и других видов.

Изучение динамики численности древесных пород показало, что в первые 4 года после сплошных рубок около 20–40% предварительного подроста ели аянской и пихты белокорой усыхает. В последующие годы происходит активное семенное возобновление этих пород за счет единичных сохранившихся деревьев и примыкающих участков коренных лесов. По мере дальнейшего роста молодых растений ели и пихты происходит смыкание их крон и к 20–25 годам после сплошных рубок формируются отдельные сомкнутые их группы. Из-за сильного затенения под их пологом большинство растений разных биоморф погибают и образуются редкопокровные синузии.

В первые 20–30 лет после условно-сплошных рубок наиболее высокие показатели фитоценотической значимости среди древесных видов имеют серийные виды (*Betula costata*, *B. platyphylla*, *Populus tremula*), но после 50–60 лет наиболее высокими показателями фитоценотической значимости отличаются темнохвойные климаксовые виды (*Picea ajanensis* и *Abies nephrolepis*).

Среди кустарников и деревянистых лиан наиболее высокую численность и встречаемость на всех стадиях восстановительных сукцессий после сплошных и выборочных рубок имеют два серийных вида – *Philadelphus tenuifolius* и *Actinidia kolomikta*. Ценопопуляции этих же видов преобладают и по запасам надземной фитомассы, особенно после сплошных рубок. Начиная с 15–20 лет после условно-сплошных рубок основную роль в накоплении надземной фитомассы играют ценопопуляции *Acer barbinerve*.

Наибольшие показатели численности и встречаемости среди травянистых растений в ходе всего сукцессионного процесса после рубок главного пользования имеют ценопопуляции мелкотравья (*Oxalis acetosella*, *Maianthemum bifolium*, *Viola selkirkii* и др.), а по накоплению фитомассы надземных частей наибольшую роль играют ценопопуляции папоротников (*Leptorumohra amurensis*, *Dryopteris crassirhizoma*) и осоки мечевидной (*Carex xiphium*).

Таким образом, при проведении подневольного-выборочных рубок структура и состав коренных лесов нарушаются в слабой степени, а в ходе условно-сплошных рубок нарушения приводят к формированию производных лесов. Зимние подневольного-выборочные рубки в наибольшей степени способствуют восстановлению и сохранению коренных лесов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [Bardunov, Cherdantseva] Бардунов Л.В., Черданцева В.Я. 1982. Листостебельные мхи Южного Приморья. Новосибирск. 208 с.

- [Chumin et al.] Чумин В.Т., Ковалев А.П., Обручников С.Г. 1981. Влияние сплошных рубок с применением агрегатных машин на сохранность тонкомера и подроста. — Лесное хозяйство. 1: 12–14.
- Clements F.E. 1928. Plant succession and indicators. N.Y. 452 p.
- [Dylis, Vipper] Дылис Н.В., Виппер П.Б. 1953. Леса западного склона Среднего Сихотэ-Алиня. М.; Л. 304 с.
- [Каргов] Карпов В.Г. 1969. Экспериментальная фитоценология темнохвойной тайги. Л. 335 с.
- [Komarova] Комарова Т.А. 1992а. Послепожарные сукцессии в лесах Южного Сихотэ-Алиня. Владивосток. 224 с.
- [Komarova] Комарова Т.А. 1992б. Развитие и продуктивность травянистых и кустарниковых ценопопуляций (Леса Южного Сихотэ-Алиня). Владивосток. 184 с.
- [Komarova, Gumarova] Комарова Т.А., Гумарова Р.Р. 2005. Синтаксономия лесной растительности с участием сосны корейской в среднегорном поясе Южного и Среднего Сихотэ-Алиня. — Комаровские чтения. 52: 9–97.
- [Komarova et al.] Комарова Т.А., Прохоренко Н.Б., Глушко С.Г., Терехина Н.В. 2017. Послепожарные сукцессии в лесах Сихотэ-Алиня с участием *Pinus koraiensis* Siebold et Zucc. СПб. 402 с.
- [Korchagin] Корчагин А.А. 1976. Строение растительных сообществ. — Полевая геоботаника. Т. 5. Л. 313 с.
- [Kovalev, Alekseenko] Ковалев А.П., Алексеенко А.Ю. 2018. Лесные ресурсы ДВ и перспективы неистощительного пользования. — В кн.: Материалы третьей Междунар. науч.-техн. конф. “Леса России: политика, промышленность, наука, образование”. СПб. С. 150–152.
- [Kovalev et al.] Ковалев А.П., Орлов А.М., Лашина Е.В., Грищенко Ю.А. 2019. Состояние и перспективы использования лесных ресурсов Приморского края. — Сибирский лесной журнал. 5: 15–21.
- Krestov P.V., Song J.S., Nakamura Y., Verkholat V.P. 2006. A phytosociological survey of the deciduous temperate forests of mainland Northeast Asia. — Phytocoenologia. 36(1): 77–150.
- Kuuluvainen T., Lindberg H., Vanha-Majamaa I., Keto-Tokoi P., Punttila P. 2019. Low-level retention forestry, certification, and biodiversity: case Finland. — Ecological Processes. 8: 47.
<https://doi.org/10.1186/s13717-019-0198-0>
- [Man'ko, Voroshilov] Манько Ю.И., Ворошилов В.П. 1967. Естественное возобновление на вырубках и гарях в кедрово-широколиственных лесах Приморского края. — В кн.: Итоги изучения лесов Дальнего Востока. Владивосток. С. 197–200.
- [Melekhov] Мелехов И.С. 1980. Лесоведение. М. 408 с.
- [Pravila...] Правила рубок главного пользования в лесах Дальнего Востока. 1970. М. 44 с.
- [Rysin, Rysina] Рысин Л.П., Рысина Г.П. 1965. Почвенный запас травянистых растений в лесу и факторы, влияющие на их прорастание. — В кн.: Леса Подмосковья. М. С. 5–27.
- Saxena A.K., Singht J.S. 1982. A phytosociological analysis of woody species in forest communities of a part of Kumaun Himalaya. — Vegetatio. 50 (1): 3–22.
- Simpson E.H. 1949. Measurement of diversity. — Nature. 163: 163–188.
- [Sochava et al.] Сочава В.П., Липатова В.В., Горшков А.А. 1962. Опыт учета полной продуктивности надземной части травяного покрова. — Бот. журн. 42 (4): 473–484.
- [Solov'ev] Соловьев К.П. 1963. О динамике древостоев после рубок в Приморье. — Сб. тр. ДальНИИЛХ. 5: 29–39.
- [Solov'ev, Solodukhin] Соловьев К.П., Солодухин Е.Д. 1975. Возобновление древесных пород в лесах Дальнего Востока. — В кн.: Возобновление леса. М. С. 283–303.
- [Sosudistye...] Сосудистые растения советского Дальнего Востока. 1985–1996. СПб. Т. 1–8.
- [Sovremennoe...] Современное состояние лесов российского Дальнего Востока и перспективы их использования. 2009. Хабаровск. 470 с.
- [Spravochnik...] Справочник для таксации лесов Дальнего Востока 1990. ДальНИИЛХ. Хабаровск. 526 с.
- [Sukachev et al.] Сукачев В.Н., Зонн С.В., Мотовилов Г.П. 1957. Методические указания к изучению типов леса. М. С. 9–63.
- [Sukachev, Zonn] Сукачев В.Н., Зонн С.В. 1961. Методические указания к изучению типов леса. М. 144 с.
- [Vasil'ev] Васильев В.Н. 1937. Растительный покров Малого Хингана. — Тр. ДВ фил. АН СССР. Сер. ботан. 2: 103–272.
- [Voroshilov] Ворошилов В.П. 1970. Естественное возобновление пихтово-еловых лесов Приморского края после рубок и пожаров: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Владивосток. 23 с.
- [Voroshilov, Man'ko] Ворошилов В.П., Манько Ю.И. 1972. Выживаемость хвойного подроста на сплошных вырубках в пихтово-еловых лесах. — В кн.: Использование и воспроизводство лесных ресурсов Дальнего Востока. Хабаровск. С. 91–93.
- [Voroshilov] Ворошилов В.П. 1975. Выживаемость и рост хвойного подроста после рубок в ельниках Среднего Сихотэ-Алиня. — В кн.: Стационарные исследования в пихтово-еловых лесах Сихотэ-Алиня. Владивосток. С. 123–130.
- Whittaker R.H. 1960. Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California. — Ecol. Monogr. 30: 279–338.

FOREST RECOVERY SUCCESSIONS AFTER FINAL FELLINGS IN KOREAN PINE-DARK CONIFEROUS BROADLEAVED SEDGE-FERN FORESTS OF THE SOUTH SIKHOTE-ALIN MOUNTAINS

T. A. Komarova^{a,#}, N. B. Prokhorenko^{b,##}, S. G. Glushko^{c,###}, and N. V. Terekhina^{d,####}

^a Federal Research Center of Land Biodiversity of Eastern Asia, Far Eastern Branch of RAS
100-letiya Vladivostoka Ave., 159, Vladivostok, 690022, Russia

^b Kazan Federal University Kremlyovskaya Str., 18, Kazan, 420008, Republic of Tatarstan, Russia

^c Kazan State Agrarian University K. Marx Str., 65, Kazan, 420008, Republic of Tatarstan, Russia

^d Institute of Earth Sciences, St. Petersburg State University 10th line of Vasilyevsky Island,
33/35, St. Petersburg, 199178, Russia

[#]e-mail: mata41@mail.ru

^{##}e-mail: nbprokhorenko@mail.ru

^{###}e-mail: glushkosg@mail.ru

^{####}e-mail: n.terekhina@spbu.ru

The results of more than 30 years of research on reforestation successions after fellings made in the second half of the last century in the Korean-pine-fir-spruce broadleaved-sedge-fern forests of Southern Sikhote-Alin, are discussed. Changes in the species composition, abundance and coenotic role of dominant species of different biotopes are considered, ranging from a one-year-old clearing after conditionally clear felling to a native Korean-pine-fir-spruce coniferous forest about 220 years old, restored after forced selective felling. The fastest reforestation process without change of bedrock is carried out after winter selective felling. After conditionally clear fellings with use of heavy aggregate equipment, that violate the ground cover and litter as well as damage the undergrowth of tree species, forest restoration proceeds through the replacement of coniferous species with fast-growing deciduous species. In general, the reforestation process in the surveyed areas is proceeding successfully, which is associated with a small area of felling (less than 1 ha each) and the proximity of primary forests.

Keywords: forced selective and conditionally clear fellings, forest recovery, phytocenotic significance of coenopopulations

REFERENCES

- Bardunov L.V., Cherdantseva V.Ya. 1982. Listostebel'nye mhi Yuzhnogo Primor'ya. Novosibirsk. 208 p. (In Russ.).
- Chumin V.T., Kovalev A.P., Obruchnikov S.G. 1981. Vliyaniye sploshnykh rubok s primeneniem agregatnykh mashin na sokhranost' tonkomera i podrosta [Influence of clear cuttings with the use of modular machines on the safety of thinner and undergrowth]. — *Lesnoye hozyaystvo*. 1: 12–14 (In Russ.).
- Clements F.E. 1928. Plant succession and indicators. N.Y. 452 p.
- Dylis N.V., Vipper P.B. 1953. Lesa zapadnogo Sikhote-Alin'a [Forests of the western slope of the Middle Sikhote-Alin]. Moscow, Leningrad. 304 p. (In Russ.).
- Karpov V.G. 1969. Experimental'naya fitotsenologiya temnokhvoynoy tayga [Experimental phytocenology of the dark coniferous taiga]. Leningrad. 335 p. (In Russ.).
- Komarova T.A. 1992a. Poslepozharnye suksessii v lesakh Yuzhnogo Sikhote-Alin'a [Post-fire successions in the forests of Southern Sikhote-Alin]. Vladivostok. 224 p. (In Russ.).
- Komarova T.A. 1992b. Razvitiye i produktivnost' travyanistykh i kustarnikovykh populatsiy (lesa Yuzhnogo Sikhote-Alin'a) [Development and productivity of herbaceous and shrub coenopopulations (forests of Southern Sikhote-Alin)]. — *Lesa Yuzhnogo Sikhote-Alin'a*. Vladivostok. 184 p. (In Russ.).
- Komarova T.A., Gumarova R.R. 2005. Sintaksonomiya lesnoy rastitel'nosti s uchastiem sosny koreyskoy v srednegornom poyase Yuzhnogo i Srednego Sikhote-Alin'a [Syntaxonomy of forest vegetation with the participation of Korean pine in the mid-mountain belt of the Southern and Central Sikhote-Alin]. — V.L. Komarov Memorial Lectures. 52: 9–97 (In Russ.).
- Komarova T.A., Prokhorenko N.B., Glushko S.G., Terekhina N.V. 2017. Poslepozharnye suksessii v lesakh Sikhote-Alin'a s uchastiem *Pinus koraiensis* Siebold et Zucc. [Post-fire successions in the forests of Sikhote-Alin with the participation of *Pinus koraiensis* Siebold et Zucc.]. Saint Petersburg. 402 p. (In Russ.).
- Korchagin A.A. 1976. Stroenie rastitel'nykh soobzhestv [Structure of plant communities]. — *Polevaya geobotanika*. Vol. 5. Leningrad. 313 p. (In Russ.).
- Kovalev A.P., Alekseenko A.Yu. 2018. Lesnye resursy DV i perspektivy neistoshzhitel'nogo pol'zovaniya [Forest resources of the Far East and prospects for sustainable use]. — In: *Materialy tret'ei Mezhdunarodnoi nauch.-tehn. Konf. "Lesa Rossii: politika, promyshlennost', nauka, obrazovanie"*. Saint-Petersburg. P. 150–152 (In Russ.).
- Kovalev A.P., Orlov A.M., Lashina E.V., Grishchenova Yu.A. 2019. The prospects of using forest resources in Pri-

- morsky Krai. — Siberian Forest Journal. 5: 15–21 (In Russ.).
- Krestov P.V., Song J.S., Nakamura Y., Verkholat V.P. 2006. A phytosociological survey of the deciduous temperate forests of mainland Northeast Asia. — *Phytocoenologia*. 36 (1): 77–150.
- Kuuluvainen T., Lindberg H., Vanha-Majamaa I., Keto-Tokoi P., Punttila P. 2019. Low-level retention forestry, certification, and biodiversity: case Finland. — *Ecological Processes*. 8: 47.
<https://doi.org/10.1186/s13717-019-0198-0>
- Man'ko Yu.I., Voroshilov V.P. 1967. Estestvennoe vozobnovlenie na vyrubkakh i garyakh v kedrovo-shirokolistvennykh lesakh leashrskogo Kraya [Natural regeneration in clearings and burnt areas in the cedar-deciduous forests of Primorsky Krai. — In: *Itogi izucheniya lesov Dal'nego Vostoka Vladivostok*. P. 197–200 (In Russ.).
- Melekhov I.S. 1980. *Lesovedenie*. [Forest science]. Moscow. 408 p. (In Russ.).
- Pravila rubok glavnogo pol'zovaniya v lesakh Dal'nego Vostoka. [Rules for final felling in the forests of the Far East]. 1970. Moscow. 44 p. (In Russ.).
- Rysin L.P., Rysina G.P. 1965. Pochvennyy zapas travyanistyykh rasteniy v lesu i factory, vliyayushchie na ikh prorastanie [Soil reserve of herbaceous plants in the forest and factors influencing their germination. — In: *Lesa Podmoskov'ya*. Moscow. P. 5–27 (In Russ.).
- Saxena A.K., Singht J.S. 1982. A phytosociological analysis of woody species in forest communities of a part of Kumaun Himalaya. — *Vegetatio*. 50 (1): 3–22.
- Simpson E.H. 1949. Measurement of diversity. — *Nature*. 163: 163–188.
- Sochava V.P., Lipatova V.V., Gorshkov A.A. 1962. Experience of accounting of the total productivity of the above-ground part of the grass cover. — *Bot. Zhurn.* 42(4): 473–484 (In Russ.).
- Solov'ev K.P. 1963. O dinamike drevostoev posle rubok v Primor'e [On the dynamics of forest stands after felling in Primorye]. — *Sb. Tr. Dal'NIILH*. 5: 29–39 (In Russ.).
- Solov'ev K.P., Solodukhin E.D. 1975. Vozobnovlenie drevesnykh porod v lesakh Dal'nego Vostoka [Renewal of tree species in the forests of the Far East]. — In: *Vozobnovlenie lesa*. Moscow. P. 283–303 (In Russ.).
- Sosudistye rasteniya sovet'skogo Dal'nego Vostoka. [Vascular plants of the Soviet Far East]. 1985–1996. St. Petersburg. Vol. 1–8. (In Russ.).
- Sovremennoe sostoyanie lesov rossiskogo 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]. 2009. Khabarovsk. 470 p. (In Russ.).
- Spravochnik dlya taksatsii lesov Dal'nego Vostoka [Handbook for the taxation of forests of the Far East]. 1990. Dal'NIILH. Khabarovsk. 526 p. (In Russ.).
- Sukachev V.N., Zonn S.V., Motovilov G.P. 1957. Metodicheskie ukazaniya k izucheniyu tipov lesa. [Guidelines for the study of forest types]. Moscow. P. 9–63 (In Russ.).
- Sukachev V.N., Zonn S.V. 1961. Metodicheskie ukazaniya k izucheniyu tipov lesa. [Guidelines for the study of forest types]. Moscow. 144 p. (In Russ.).
- Vasil'ev V.N. 1937. Rastitel'nyy pokrov Malogo Khingana [Vegetation cover of Lesser Khingan]. — *Trudy DV fil. AN SSSR. Ser. botan.* 2: 103–272 (In Russ.).
- Voroshilov V.P. 1970. Estestvennoe vozobnovlenie pikhtovo-elovykh lesov Primorskogo kraja posle rubok i pozharov [Natural regeneration of fir-spruce forests in Primorsky Krai after logging and fires]. Abstract of PhD in Agriculture. Vladivostok. 23 p.
- Voroshilov V.P., Man'ko Yu.I. 1972. Vyzhivaemost' khvoynogo podrosta na sploshnykh vyrubkakh v pikhtovo-elovykh lesakh [Survival rate of coniferous undergrowth in clear-cut areas in fir-spruce forests]. — In: *Ispol'zovanie i vosproizvodstvo lesnykh resursov Dal'nego Vostoka*. Khabarovsk. P. 91–93 (In Russ.).
- Voroshilov V.P. 1975. Vyzhivaemost' i rost khvojnogo podrosta posle rubok v el'nikakh Srednego Silhote-Alin'a. [Survival and growth of coniferous undergrowth after felling in the spruce forests of the Middle Sikhote-Alin]. — In: *Statsionarnye issledovaniya v pikhtovo-elovykh leshakh Sikhote-Alin'a*. Vladivostok. P. 123–130 (In Russ.).
- Whittaker R.H. 1960. Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California. — *Ecol. Monogr.* 30: 279–338.