

УДК 630*43:630*182.42

ФОРМИРОВАНИЕ МОЛОДНЯКОВ ПОСЛЕ РУБОК И ПОЖАРОВ В ТЕМНОХВОЙНЫХ ОСОКОВО-ПАПОРОТНИКОВЫХ ЛЕСАХ ЮЖНОГО СИХОТЭ-АЛИНЯ

© 2022 г. С. Г. Глушко^а, *, Т. А. Комарова^б, Н. Б. Прохоренко^с

^аКазанский государственный аграрный университет,
ул. К. Маркса, Казань, Республика Татарстан, 420015 Россия

^бФедеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН,
пр-т 100-летия Владивостока, 159/1, Владивосток, 690022 Россия

^сКазанский (Приволжский) федеральный университет,
ул. Кремлевская, 18, Казань, Республика Татарстан, 420008 Россия

*E-mail: glushkosg@mail.ru

Поступила в редакцию 28.03.2021 г.

После доработки 30.06.2021 г.

Принята к публикации 01.12.2021 г.

Проведен сравнительный анализ формирования и естественного хода развития молодого поколения древесных пород после разных способов рубки и устойчивого низового пожара в зоне контакта пихтово-еловых и кедрово-широколиственных лесов Южного Сихотэ-Алиня. Рассмотрены особенности естественного возобновления, роста, развития, самоизреживания и динамики численности молодого поколения древесных пород в течение 33 лет на трех различных вырубках и на гари кедрово-темнохвойных осокково-папоротниковых лесов. Установлено, что при проведении рубок леса разными способами в кедрово-темнохвойных осокково-папоротниковых лесах Южного Сихотэ-Алиня наиболее быстрый и успешный лесовосстановительный процесс без смены коренных пород осуществлялся после зимней выборочной рубки. При сплошных рубках леса и низовых пожарах восстановление лесов идет через смену хвойных пород на быстрорастущие серийные лиственные породы. Наиболее длительный процесс восстановления кедрово-темнохвойных лесов происходит после сплошных рубок с использованием тяжелой техники, нарушающей напочвенный покров и подстилку, а также повреждающей подрост хвойных пород. Успешность лесовосстановительного процесса на обследованных участках связана с незначительной площадью рубок и гари (каждая менее 1 га), сохранностью в той или иной степени подроста предварительной генерации, наличием на площадях семенников хвойных пород и близостью массивов коренных лесов. Практика проведения выборочных рубок в лесах Южного Сихотэ-Алиня при условии сохранения подроста предварительной генерации обеспечивает успешное формирование молодняков. Материалами наших исследований подтверждается успешный характер формирования молодняков на участках, пройденных выборочными рубками.

Ключевые слова: лесовозобновительный процесс, рубки, гари, древесный молодняк, подрост, древо-стой, скорость роста.

DOI: 10.31857/S002411482202005X

Лесообразовательный процесс в горных районах Приморского края протекает под влиянием периодически возникающих пожаров и возрастающих рубок главного пользования. После запрета рубок главного пользования в лесах, образованных сосной корейской, или кедром корейским (*Pinus koraiensis* Siebold & 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 промышленно и технически значимые лесные ресурсы сильно истоще-

ны, а неосвоенные лесные массивы незначительны, приурочены к крутосклонам и сосредоточены на севере края (Ковалев, Алексеенко, 2018).

В связи с интенсивным процессом лесозаготовок и часто возникающими пожарами вопросы воспроизводства лесов и сохранения биоразнообразия лесных экосистем остаются актуальными в настоящее время (Современное состояние лесов ..., 2009; Лукина и др., 2015; Ковалев и др., 2019; Kuuluvainen et al., 2019; и др.).

Сведения о естественном возобновлении пихтово-еловых лесов на Дальнем Востоке после рубок и пожаров содержатся во многих публикаци-

ях (Соловьев, 1963; Манько, Ворошилов, 1967; Ворошилов, 1972; Ворошилов, 1975; Чумин и др., 1981; и др.). Несмотря на общую разработанность естественного хода восстановления лесов Дальнего Востока, недостаточно изучены особенности формирования и последовательного хода развития молодого поколения древесных пород после разных способов рубки и пожаров.

Цель наших исследований — провести сравнительный анализ характера и темпов восстановления древесных молодняков в первые 32–33 г. их развития после разных способов рубки и воздействия пожара в кедрово-темнохвойных осоково-папоротниковых лесах Южного Сихотэ-Алиня.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА

Сообщества кедрово-темнохвойных осоково-папоротниковых лесов распространены в Южном и Среднем Сихотэ-Алине в зоне контакта широколиственно-кедровых и темнохвойных пихтово-еловых лесов. Встречаются они на пологих и среднекрутых склонах, а также на плоских водоразделах в пределах высотных отметок от 600 до 1000 м над ур. м. Произрастают на влажных горно-таежных иллювиально-гумусовых почвах, для которых характерна глубокая гумусированность всего почвенного профиля, высокая кислотность (рН 4.2–5.2) и насыщенность основаниями. На поверхности почвы накапливается достаточно мощный слой грубогумусной подстилки, что свидетельствует о замедленном темпе круговорота веществ в этих лесах.

Коренные насаждения кедрово-темнохвойно-осоково-папоротникового типа леса отвечают природе южно-таежных темнохвойных лесов с участием сосны корейской и характеризуются простым строением и однообразным составом во всех ярусах. В коренных древостоях обычно доминируют ель аянская (*Picea ajanensis* Fisch. Ex Carr.) и пихта белокорая (*Abies nephrolepis* (Trautv.) Maxim.). Единичные, но крупные деревья сосны корейской в коренных лесах мало уступают по запасам древесины темнохвойным породам. Незначительное участие в древостое принимают широколиственные породы — липа Таке, клены желтый и зеленокорый (*Tilia taquetii* C.K. Schneid., *Acer ukurunduense* Trautv. et Mey., *A. tegmentosum* Maxim.). Древостои обычно развиваются по III классу бонитета, имеют относительную полноту в среднем 0.9–1.0 и достигают запасов древесины до 450 м³ га⁻¹.

В естественном возобновлении древесных пород обычно преобладает подрост ели аянской и пихты белокорой, на долю которых приходится от 40 до 80%.

Кустарниковый ярус в коренных лесах преимущественно сформирован слабо, и общее по-

крытие его не превышает 30%. В нем встречаются единичные экземпляры бересклета большекрылого (*Euonymus macroptera* Rupr.), жимолости Максимовича (*Lonicera maximowiczii* (Rupr.) Regel), спиреи березолистной (*Spiraea betulifolia* Pall.) и других видов. В первые 5–7 лет после рубок и пожаров обильно разрастается бузина кистистая (*Sambucus racemosa* L.). Сравнительно успешно развиваются растения деревянистой лианы актинидии коломикта (*Actinidia kolomikta* Maxim.), образующие густые заросли в первые 20–30 лет после пожара. В дальнейшем большая часть скелетных осей актинидии не превышает 50–100 см длины, а проективное покрытие их надземных частей достигает 3–5%.

Кустарничково-травяной ярус хорошо развит, в коренных сообществах общее проективное покрытие его составляет в среднем 80–90%. В нем преобладают мезогигрофитные папоротники (*Leptorumohra amurensis* (Christ) Tzvel., *Dryopteris expansa* (C.Presl) Fras и др.) и осока мечевидная (*Carex xypium* Kom.). Моховой покров редкий, образован небольшими пятнами из мезогигрофитных зеленых мхов (*Rhytidiadelphus triquetrus* (Hedw.) Warnst., *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt. и др.), приуроченных к пристовольным микроповышениям и полуразложившемуся валежу.

Исследования проводили на территории Верхнеуссурийского биогеоценотического стационара, образованного в 1973 г. сотрудниками Отдела леса Биолого-почвенного института (БПИ) ДВНЦ АН СССР. Стационар занимает площадь около 4.5 тыс. га и расположен в бассейне р. Правая Соколовка (приток р. Уссури) на западном макросклоне Южного Сихотэ-Алиня в пределах высотных отметок от 440 до 1100 м над ур. м (44°03'55" с.ш., 134°20'29" в.д.).

Для сравнительного анализа особенностей развития и темпов роста древесных молодняков после разных способов рубки и воздействия пожара в кедрово-темнохвойных лесах нами были использованы материалы, собранные на четырех пробных площадях (пр. пл.), лесовосстановительный процесс на которых осуществлялся в течение 32–33 лет.

Согласно “Правилам рубок главного пользования” (1970) в конце двадцатого столетия на территории Приморского края основными способами рубок главного пользования были приняты подневольные-выборочные и условно-сплошные. До организации Верхнеуссурийского стационара на этой территории активно проводились подневольные-выборочные рубки с удалением крупных 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 лет-

них лесозаготовках. На узких волоках (шириной 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 травмированных почвенного покрова и площадь минерализованных участков на волоках была минимальна.

Такая зимняя подневольно-выборочная рубка кедрово-темнохвойного осоково-папоротникового леса была проведена в 1970 г. на пологой надпойменной террасе ручья Медвежьего на высоте 650 м над ур. м. Всего здесь на площади 1 га было удалено 48 деревьев ели аянской от 60 до 85 см диаметром в основании ствола, а также 12 стволов сосны корейской 52–110 см диаметром и 4 ствола березы желтой, или ребристой (*Betula costata* Trautv.) 96–120 см диаметром. В центральной части заложенной здесь в 1987 г. пр. пл. 54-1987 размером 50 × 50 м² сохранились следы трелевочного волока, по которому удалялись стволы срубленных деревьев. Последующие ревизии на этом участке были проведены в 2003 и 2007 гг.

Лесовосстановительный процесс изучался также после условно-сплошной рубки кедрово-темнохвойного осоково-папоротникового леса, проведенной в 1973 г. на плоском водоразделе, на высоте 860 м над ур. м. Здесь в 1988 г. была заложена пр. пл. 5-1988 размером 50 × 50 м², которая соответствовала возрасту 15-летней рубки. Во время рубки на площади 0.25 га сохранили жизнедеятельность 3 дерева ели аянской, 1 дерево сосны корейской и 7 деревьев пихты белокорой. Ревизии на этом участке были проведены нами в 2006 и 2011 гг.

Кроме того, процесс лесовосстановления в рассматриваемом типе леса изучался после сплошной экспериментальной рубки на площади 0.39 га в бассейне ключа Елового в верхней части северо-западного склона 10°–20° крутизной и на высоте 750–770 м над ур. м. Экспериментальная рубка была проведена летом 1976 г. сотрудниками Отдела леса БПИ ДВНЦ АН СССР без применения тяжелой техники. Валка деревьев производилась, начиная с 12 см ступени толщины, бензопилами “Дружба”, раскряжевка и обрубка сучьев проводилась на месте. Все операции выполнялись с максимальной предосторожностью для сохранения тонкомера и подроста хвойных пород от повреждений. Здесь была заложена постоянная пр. пл. 10-1976 размером 50 × 50 м². В дальнейшем мы проводили ревизии в течение 7 лет ежегодно, а затем через различные интервалы. При обсуждении результатов исследования использованы материалы 2008 г., на 32 год после рубки.

Для сравнительного анализа характера развития и хода роста древесного молодняка, формирующегося не только на вырубках, но и после воз-

действия пожара в насаждениях рассматриваемого типа леса, нами были использованы материалы, собранные на послепожарном участке, образовавшемся после устойчивого низового пожара летом 1973 г. в верхней сравнительно плоской части в верховьях ручья Березового. По характеру и степени повреждения огнем образовавшаяся гарь соответствовала типу мелких гарей (Шешуков, 1967) и относилась к типу гарей с отмершими нижними ярусами и частично сохранившимся жизнедеятельным древостоем, полнота которого ниже 0.4 (Соловьев, Солодухин, 1975). На заложенной здесь постоянной пр. пл. 11-1975 площадью 0.25 га в древостое сохранили жизнедеятельность около 18% деревьев, главным образом ели аянской, пихты белокорой и липы Таке. Мелкий и средний подрост полнотой сгорел, но сохранились 1.16 тыс. экз. га⁻¹ растений крупного подроста, в котором преобладали растения пихты белокорой, ели аянской и липы Таке. Ревизии на пр.пл. 11-1975 проводили ежегодно в течение первых 14 лет, а затем продолжали с разными интервалами. Для сравнительного анализа были использованы материалы ревизии 2006 г., который соответствовал 33 г. после пожара.

При характеристике растительных сообществ были использованы общепринятые геоботанические и лесоводственные методики (Сукачев, Зонн, 1961; Корчагин, 1976; Мелехов, 1980; и др.). На всех сравниваемых участках проводили детальные геоботанические описания, устанавливали видовой состав и определяли количественное участие у каждого вида. Для оценки древостоя проводили сплошной пересчет деревьев на всей площади по одно- двух- и четырехсантиметровым ступеням толщины. Определение высоты, возраста и хода роста древесных растений осуществляли по моделям разных ступеней толщины за пределами пробных площадей.

Учет подроста проводили на двух ленточных площадках (50 × 4 м), расположенных по диагоналям пробных площадей, по различным ступеням высоты: до 50 см (мелкий), от 51 до 150 (средний) и от 151 до 200 см (крупный). Всходы учитывались отдельно. Деревья высотой более 2 м и диаметром менее 12 см относили к тонкомеру, а диаметром более 12 см — к крупным деревьям.

Расчет таксационных показателей выполнен с использованием Справочника лесоустроителя Дальнего Востока (1973).

Для краткого обозначения древесных растений нами были использованы следующие обозначения: **Бж** — береза желтая, или ребристая, **Бп** — береза плосколистная, **Бш** — береза шерстистая, **Вм** — вишня Максимовича, **Еа** — ель аянская, **Ивк** — ива козья, **Ивп** — ива поронайская, **Ил** — ильм лопастный, **К** — сосна корейская, или кедр, **Клж** — клен желтый, **Клз** — клен зеленокорый, **Клм** — клен

мелколистный, **Лт** — липа Таке, **Ос** — осина, **П** — пихта белокорая, **Рс** — рябина сибирская, **Тс** — тис остроконечный, **Тк** — тополь корейский, **Чм** — черемуха Маака, **Я** — ясень маньчжурский.

Названия растений приведены по сводке “Сосудистые растения Советского Дальнего Востока” (1985–1996).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Лесовосстановительный процесс после рубок и пожаров зависит от степени нарушения растительности и почвы, площади вырубки и гари, а также определяется численностью сохранившихся деревьев, подроста и близостью обсеменителей. Состав формирующихся сообществ определяется видовым составом исходных фитоценозов, поступлением диаспор с соседних участков и наличием жизнеспособных семян в почве, на что указывали многие исследователи (Соловьев, 1963; Манько, Ворошилов, 1967; Комарова и др., 2017; и др.).

В формировании разных видов берез важное место принадлежит всхожим семенам, покоящимся в почве и выполняющим роль резерва, который активизируется при нарушении растительного покрова и подстилки. Согласно ранее проведенным исследованиям по проращиванию всхожих семян в почвенных образцах, взятых в кедрово-темнохвойном осокново-папоротниковом лесу в возрасте около 200 лет, было отмечено на 1 м² 100 всхожих семян березы шерстистой (*Betula lanata* (Regel) V.Vassil.), 59 семян березы желтой и 28 всхожих семян березы плосколистной (Комарова и др., 2017, с. 336).

Виды растений с ускоренным развитием на первых этапах онтогенеза мы относим вслед за Ф. Клементсом (Clements, 1928) к группе серийных видов. Высокие темпы роста серийных видов и быстрое достижение генеративного периода обеспечивают их первому поколению устойчивые позиции и возможность доминировать в производных сообществах. Последующие поколения не развиваются активно без отсутствия очередных нарушений в растительном покрове и присутствуют только в виде примеси. Среди серийных видов обычно первыми заселяют освободившиеся участки после рубки и пожаров разные виды берез. Березы желтая и шерстистая, отличаясь большей теневыносливостью по сравнению с березой плосколистной и другими серийными видами, обладают способностью возобновляться семенным путем под пологом древостоя преимущественно на разлагающемся валеже, но основная их часть погибает на 2–4 годы развития. Быстро заселяют гари и вырубки представители семейства Ивовые (осина обыкновенная *Populus tremula* L., тополь корейский *Populus koreana* Reh-

der, ива козья *Salix caprea* L., ива тарайкинская *Salix taraikensis* Kimura и др.). благодаря массовому распространению мелких и легких семян с помощью ветра и быстрому прорастанию. При наличии достаточной влаги в почве семена могут прорасти уже на 2-й день.

Анализ годовичных приростов по высоте у молодых растений серийных и климаксовых (хвойных и лиственных) пород в первые годы их развития на гари (пр. пл. 11-1975) и экспериментальной вырубке (пр. пл. 10-1976) показал значительные различия по темпам роста (рис. 1).

Средний прирост по высоте у растений серийных видов (береза желтая, осина, ива козья, черемуха Маака *Padus maackii* (Rupr.) Kom. & Aliss.) в первые 6 лет их развития составил на послепожарном участке от 46 до 72 см год⁻¹, а на — вырубке — от 43 до 67 см год⁻¹. У семенных растений климаксовых широколиственных пород (липа Таке и клен мелколистный) годовичный прирост на гари составил 9–18 см год⁻¹, а на вырубке — 7–15 см год⁻¹. У хвойных растений (ель аянская, пихта белокорая и сосна корейская) отмечались самые низкие темпы роста — от 1.8 до 4.5 см год⁻¹ на послепожарном участке и от 1.6 до 4.0 см год⁻¹ на вырубке. Среди хвойных видов наиболее высокие показатели годовичного прироста были у растений сосны корейской, а самые низкие — у ели аянской как на гари, так и на вырубке. При этом пихта белокорая превышает ель аянскую не только в приросте по высоте, но и по радиальному приросту до начала генеративного периода (Трофимова, 2012).

Все молодые древесные растения, произрастающие на гари, имели более высокие показатели роста по сравнению с растениями, росшими на вырубках, что было связано с обогащением почвы зольными веществами после сгорания растений, валежа и подстилки, а также увеличением pH и концентрации минеральных и органических соединений (Algrren, Algrren, 1960; Viro, 1974; Сапожников и др., 2001; и др.). На вырубках же изъятие значительной части зеленой массы и стволовой древесины, наоборот, снижает поступление органических веществ в почву.

Семенное возобновление древесных растений активно происходит преимущественно в первые 2 г. после рубки и пожаров (Манько, Ворошилов, 1967; Ворошилов, 1975; Комарова, 1986; и др.). Вместе с тем, на прорастание семян ели и пихты неблагоприятное влияние оказывает высокая зольность почвы, возникающая сразу же после пожаров (Сысоев, 1959; Данилик, 1965; Комарова, Ильина, 2002; и др.). Согласно исследованиям Е. Сысоева (1959) всхожесть семян ели сохраняется при содержании золы в почве не более 2 кг на 1 м². Согласно нашим исследованиям (Комарова, Ильина, 2002), на однолетней гари темнохвойно-

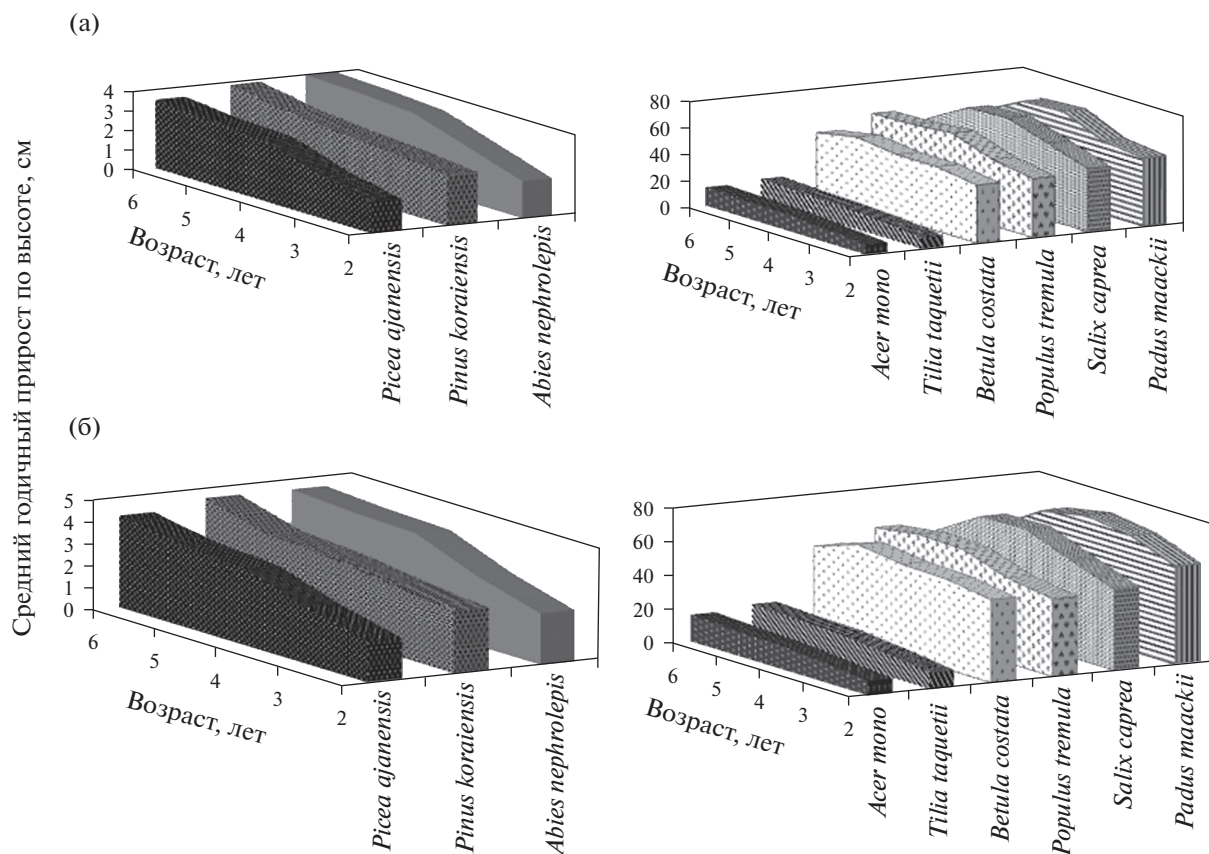


Рис. 1. Изменение среднего годовичного прироста в высоту у молодых древесных растений в первые 6 лет их развития на экспериментальной вырубке (пр. пл. 10-1976; а) и после устойчивого низового пожара (пр. пл. 11-1975; б) кедрово-темнохвойного осоково-папоротникового леса.

кедрового леса не сформировалось ни одного проростка ели аянской и пихты белокорой, но на второй год после пожара началось массовое и обильное их прорастание.

На второй год зарастания гари (пр. пл. 11-1975) численность всходов у быстрорастущих деревьев березы шерстистой составила 130 экземпляров, у березы желтой — 2079, а у березы плосколистной — 2132 на площади 50 м² (Комарова, 1986). Молодые растения быстрорастущих серийных видов к 5–7 гг. после пожара сформировали сравнительно сомкнутые биогруппы, в которых преобладали растения березы желтой. При этом 60% молодых растений этого вида (из общего числа 11.8 тыс. экз. га⁻¹) принадлежали группе замедленного роста, высота которых не превышала 1.5 м, в то время как растения усиленного роста, составлявшие 20%, достигали высоты 3.0–3.5 м. У других серийных видов также преобладали растения с замедленным ростом.

По мере смыкания крон древесного молодня-ка серийных видов усиливалась интенсивность конкуренции между растениями за жизненное пространство — свет, влагу, элементы минераль-

ного питания. Слабые растения, отстававшие в росте, подавлялись более крупными и погибали. Процессы самоизреживания древесных молодня-ков изучали многие исследователи (Гулисашвили, 1974; Мелехов, 1980; и др.), однако большая часть их данных связана с отпадом молодых деревьев, начиная с 20–40-летнего возраста насаждений. Нами проводился учет численности древесных растений за 32-летний период на опытной вырубке кедрово-темнохвойного леса (пр. пл. 10-1976, рис. 2а) и в течение первых 33 лет на послепожарном участке (пр. пл. 11-1975, рис. 2б).

По мере роста серийных видов на гари происходило значительное снижение численности молодых растений, и на 15-й год после пожара сохранили жизнедеятельность только 23.5% молодых растений черемухи Маака, 13.6% растений ивы козьей и 5.0% деревьев березы желтой от количества растений, установленных на второй год после пожара. У остальных серийных видов также значительно снизилась численность растений.

В то же время количество растений климаксовых видов, напротив, возрастало, и на 15-й год после пожара численность молодого поколения ли-

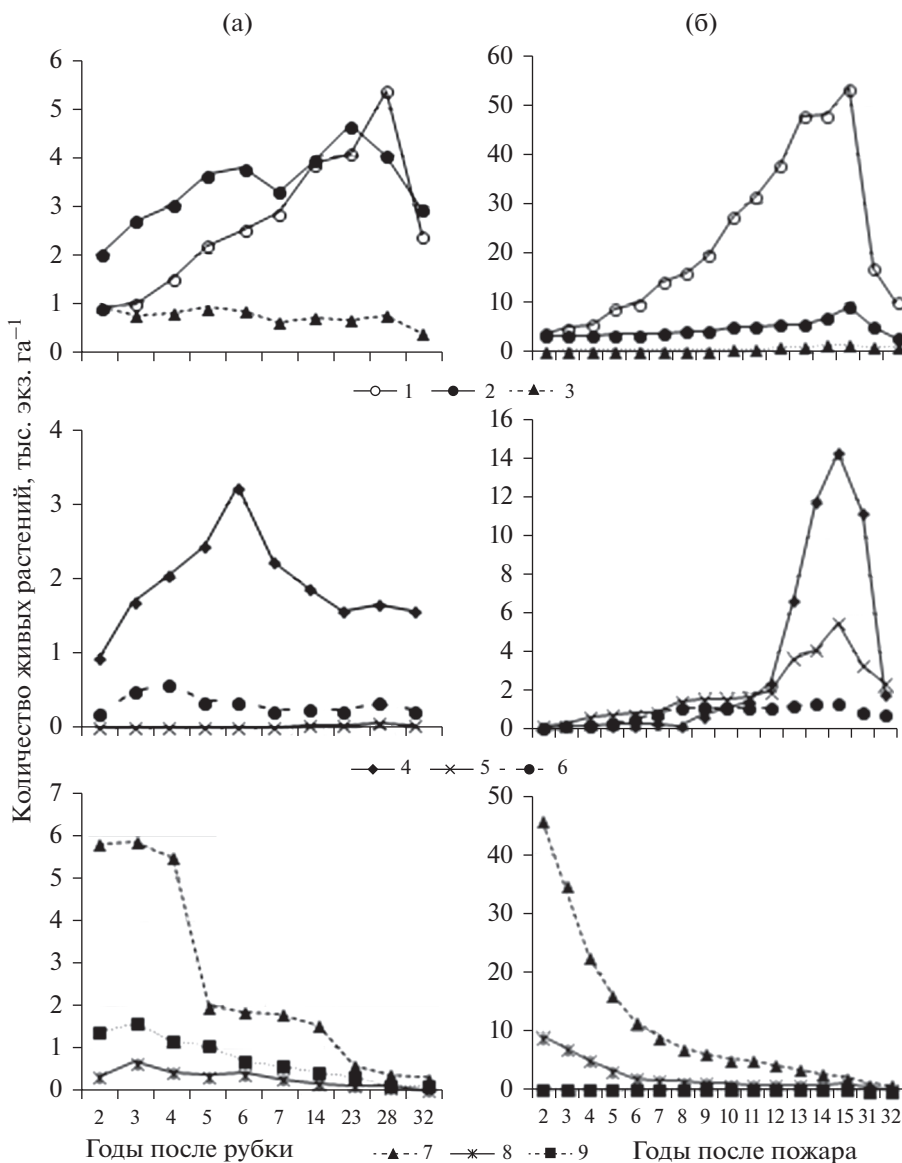


Рис. 2. Изменение численности популяций хвойных климаксовых (1–3), широколиственных климаксовых (4–6) и серийных (7–9) древесных видов за 32-летний период после экспериментальной рубки (пр. пл. 10-1976; а) и после устойчивого низового пожара за 33-летний период (11–1975; б) лесовосстановительного процесса в кедрово-темнохвойных осоково-папоротниковых лесах. 1 – *Picea ajanensis*, 2 – *Abies nephrolepis*, 3 – *Pinus koraiensis*, 4 – *Tilia taquetii*, 5 – *Acer ukurunduense*, 6 – *Acer tegmentosum*, 7 – *Betula costata*, 8 – *Salix caprea*, 9 – *Padus maackii*.

пы. Также семенного и вегетативного происхождения возросла в 54 раза, клена желтого – в 29 раз, сосны корейской – в 26 раз, ели аянской – в 15 раз, а у пихты белокорой увеличилась в 3 раза по сравнению с количеством их на двухлетней гари. Постоянному нарастанию численности хвойных и широколиственных климаксовых видов способствовали сохранившиеся жизнедеятельность после пожара деревья и примыкающие с трех сторон к этой гари ненарушенные участки кедрово-темнохвойного леса.

На экспериментальной вырубке (пр. пл. 10-1976) отмечалась иная динамика численности древес-

ных растений. Сохранившиеся здесь напочвенный покров и подстилка на большей части территории препятствовали активному заселению вырубке инициальными видами травянистых растений и кустарников, а также прорастанию всхожих семян берез из почвенных банков. На второй год после экспериментальной рубки было отмечено всего 7,8 тыс. га⁻¹ молодых растений берез в отличие от 68,7 тыс. га⁻¹ берез на двухлетней гари.

Успешному лесовозобновительному процессу на этой вырубке способствовал сохранившийся тонкомер и подрост хвойных пород предварительной генерации. До рубки здесь преобладал

мелкий и средний подрост пихты белокорой в возрасте от 5 до 40 лет, максимум их приходился на группу возраста 16–20 лет. Мелкого и среднего подроста ели аянской было в три раза меньше, чем пихты, и средний их возраст составлял 15 лет. Еще меньше было подроста сосны корейской со средним возрастом 17 лет.

На второй год после рубки в мелком и среднем подросте с общей численностью 15.5 тыс. экз. га⁻¹ преобладали растения березы желтой (5.3 тыс. экз. га⁻¹) и пихты белокорой (2.0 тыс. экз. га⁻¹). Средний подрост пихты полностью состоял из растений предварительной генерации. В крупном подросте (1.3 тыс. экз. га⁻¹) преобладали сохранившиеся растения клена желтого (1.0 тыс. экз. га⁻¹), а пихта и ель отсутствовали.

У серийных видов вслед за интенсивным ростом в первые 5–7 лет происходило активное естественное самоизреживание в густых биогруппах. На 7-й год после рубки сформировался одноярусный древесный молодняк 2.5–3 м высотой и 2–4 см диаметром, имеющий состав 8(Бш + Бж + Бп)1Ос1Чм + Ивк.

Хвойные растения последующей генерации развивались медленно, и к 7-му году развития они стали преобладать в мелком подросте. При этом мелкий хвойный подрост предварительной генерации переместился в группу среднего подроста, а из среднего хвойного подроста образовался крупный подрост. К 7-му году у всех растений хвойных и широколиственных климаксовых видов возросла численность: ели — на 31.6%, липы Таке — на 41.4%, пихты — на 61%, клена желтого — на 72%, клена зеленокорого — на 75.4% по сравнению с количеством их на 2-летней вырубке.

На 15 год после экспериментальной рубки сформировавшийся древесный молодняк, в составе которого присутствовали растения 15 видов, имел состав по запасу: 2Бж2Клж2П2Чм1Бш1Лт + К, Еа, Бп, Ивк, Ос ед. Клз, Рп, Тс, Вм — при общей численности живых стволов — 5445 экз. га⁻¹ и средних для преобладающих пород размеров стволов — 7.5 м высотой и 4.6 см диаметром, сумма площадей сечения составляла 8.17 м², а запасы древесины — 35.5 м³.

В то же время древесный молодняк, сформировавшийся на 15 год после условно-сплошной рубки (пр. пл. 5-1988), включающий также 15 древесных видов, имел состав по запасу: 4Бш2Ивк1Бж1Бп1Еа1Чм + П, Тк, Клж ед. Ивп, Клм, К, Лт, Рп, Ос при общей численности живых стволов 4220 экз. га⁻¹ и средних их показателей для преобладающих пород — 8.1 м высотой и 6.0 см диаметром, сумма площадей сечения составляла 4.15 м², а запас — 24.2 м³.

Следовательно, у молодняка, сформировавшегося после условно-сплошной рубки, в отли-

чие от древесного молодняка, образовавшегося на экспериментальной вырубке, были значительно ниже показатели численности стволов, суммы площадей сечения и запасов древесины, что, вероятно, было связано с активным заселением этой вырубки инициальными травянистыми и кустарниковыми видами и дальнейшим их мощным разрастанием. Все это препятствовало активному естественному возобновлению древесных видов. Успевшие сформироваться в первые годы после условно-сплошной рубки немногочисленные растения быстрорастущих серийных видов быстро развивались в более разреженном древостое.

В составе и структуре сравниваемых древесных молодняков на трех различных рубках и послепожарном участке, образовавшихся в течение 32–33 лет на месте кедрово-темнохвойных осоково-папоротниковых лесов, отмечались как общие черты, так и существенные различия.

К общим чертам относится незначительная площадь (менее 1 га) у всех четырех нарушенных рубкой и пожаром участков, окруженных стенами коренных лесов. Это определило во всех сравниваемых древесных молодняках доминирование ели аянской и пихты белокорой во всех категориях подроста и тонкомера (табл. 1). При этом максимальной численностью (7–20 тыс. экз. га⁻¹) отличался мелкий подрост, а наименьшее количество экземпляров (0.4–0.8 тыс. экз. га⁻¹) было представлено в крупном подросте. Для всех насаждений был характерен сравнительно близкий состав всходов, в котором доминировали разные виды берез, произрастающие, как правило, на гниющей древесине валежа и реже пней. Меньшей численностью были представлены всходы широколиственных пород (липы Таке, кленов желтого и зеленокорого), большая часть которых также была приурочена к гниющему валежу. Среди крупных деревьев доминировали березы шерстистая и желтая. Исключение составили пр. пл. 54-1987, где была проведена подневольновыборочная рубка с помощью узкопасечного способа, а также пр. пл. 11-1975, где после пожара среди подроста, тонкомера и даже крупных деревьев (с диаметром ствола более 12 см) по численности преобладали растения ели и пихты (табл. 1).

Анализ состава и структуры древостоя после подневольновыборочной рубки (пр. пл. 54-1987) показал, что за 33-летний период насаждение здесь почти полностью восстановилось без смены пород и без существенных изменений в составе и структуре древостоя. После изъятия крупномерных стволов ели аянской и сосны корейской, имевших возраст 170–190 лет, средний возраст деревьев верхнего полога стал 110–130 лет. Древостой в количестве 8 видов, как и до рубки, состоял

Таблица 1. Количество (тыс. экз. га⁻¹) и состав (по числу стволов) всходов, мелкого, среднего и крупного подроста, а также тонкомерных и крупных деревьев в насаждениях, сформированных в течение 32–33 лет после разных способов рубок и низового пожара

Категории крупности	№ пр. пл	n, тыс. экз. га ⁻¹	Породный состав (по числу стволов)
Всходы	54-1987	4.90	4Б(ж + пл)3Клж1Лт1К1Кз ед. П, Еа, Км, Я
	5-1988	6.00	4Б(ж + ш)3Клж1Лт1К1Кз + Еа, П
	10-1976	3.10	5Б(ж + ш)2Клж1Лт1Кз + Еа, П
	11-1975	6.30	4Б(ж + ш)2Клж1Еа1Клз ед. П, К, Км, Я, Ив(к + тр.), Вм
Мелкий подрост	54-1987	19.60	5П2Б(ж + ш)1Еа1Клж1Клз + К, Лт, Я, Км
	5-1988	6.40	3П3Еа 2Б(ж + ш)1Кз1Клж ед. К, Лт
	10-1976	6.60	3Еа2Кз2Б(ж + ш)2Клж1Лт
	11-1975	11.50	4Еа2П1Б(ж + ш)1Лт1Клж1Клз ед.К, И(к + тр.), Ос, Вм, Рс
Средний подрост	54-1987	2.90	6Еа2П1Лт1Клз ед. К, Клж.Ос
	5-1988	3.40	6Еа2П1Лт1Кз ед. К, Бж, Клж
	10-1976	2.60	3Еа3П2Лт2Клж
	11-1975	6.90	7Еа1П1Лт1К ед. Клз, Клж, Вм
Крупный подрост	54-1987	0.70	4П2Еа2Лт1Клз1Вм + Ос
	5-1988	0.40	3Еа3Лт2П1Кз1Ос
	10-1976	0.40	4Еа3П2Клж1Кз
	11-1975	0.80	9Еа1П ед.К, КлжКлз, К
Тонкомерные деревья	54-1987	0.42	3Еа3П2Кж1Бж1Лт ед. К, Км, Кз
	5-1988	2.40	4Бш2Еа2П1Клж1Бж + К, Ос, Чм, Тк, Рс, Ик, Ит, Я, Ил, Кз
	10-1976	4.87	3П3Клж1Бш1Лт1Еа1Бж ед. К, Ик, Клз, Бпл, Ос, Вм
	11-1975	3.10	5П3Еа1Клж1Лт + К ед. Б(ж + ш), Клз
Крупные деревья	54-1987	0.50	5Еа2К2П1Б(ш + ж)
	5-1988	0.40	4Бш1Бж1Тк1П1Бпл1Ос1Чм + Еа, Кж, Ик, Ит, Чм
	10-1976	0.21	5Бш2Бж1Бпл1Чм1Пед.К
	11-1975	1.16	4Еа4П1Б(ш + ж)1К + Лт

из трех подъярусов, в-которых преобладали тем-
нохвойные породы (табл. 2).

На остальных участках произошла смена гос-
подствующих пород, и среди крупных деревьев по
численности и запасу древесины доминировали
березы шерстистая, желтая и плосколистная. В
древостое, сформировавшемся к 32 г. на экспери-
ментальной вырубке (пр. пл. 10-1976), было отме-
чено 12 видов деревьев и выделялись два подъяруса.
В первом, 14.1–23.0 м высотой, 16–22 см диаметром
и сомкнутостью крон 0.4–0.5, доминировали бере-
зы всех трех видов (табл. 2). При этом береза
плосколистная превышала по высоте (21.0–23.0 м)
березы шерстистую и желтую, средняя высота кото-
рых составляла 16.0–18.0 м. В составе второго
подъяруса, 2.0–14.0 м высотой, 3.0–16.0 см диа-
метром и сомкнутостью крон 0.8–0.9, по числен-
ности преобладали тонкомерные деревья пихты
белокорой (1.23 тыс. экз. га⁻¹). Ее растения опере-
жали в росте ель аянскую благодаря более высо-
ким значениям прироста по высоте (см. рис. 1) и
значительному преобладанию ее в подросте пред-
варительной генерации. В результате этого к 32 г.
после рубки большая часть растений пихты бело-
корой перешла в категорию тонкомера, тогда как
у ели основная часть растений находилась в кате-
гории крупного подроста.

Отдельные деревья пихты, сформировавшиеся
из подроста предварительной генерации и до-
стигшие 12–13 м высоты, перешли в возрастное
состояние молодых генеративных растений и
приступили к семеношению. О важности и необ-
ходимости сохранения предварительного подроста
для успешного лесовозобновительного процесса
отмечали многие исследователи (Ворошилов, 1970;
Солодухин, 1965; и др.). Согласно К.П. Соловьеву и
Е.Д. Солодунину, сохранение предварительного
возобновления ели и пихты на рубках главного
пользования сокращает сроки восстановления
исходных древостоев на 30–40 лет.

К 32 году после экспериментальной рубки об-
разовались полностью сомкнутые био группы
хвойного молодняка с преобладанием растений
пихты. В результате сильного затенения под их
пологом исчезли почти все растения у представи-
телей нижних ярусов, резко сократилось количе-
ство всходов, подроста и в целом произошло рез-
кое снижение численности популяций у всех дре-
весных видов (см. рис. 2). К этому времени
остались жизнеспособными только 11.3% расте-
ний березы шерстистой, 8.8 – черемухи Маака,
5.1 – березы желтой и 4.9% растений ивы козьей
от численности их на второй год после рубки.
Снизилась численность и у хвойных пород: пих-

Таблица 2. Характеристика древостоев в сообществах кедрово-темнохвойного осокново-папоротникового леса, сформированных в течение 32–33 лет после разных способов рубок и низового пожара

№ пр. пл. - год закладки	Подъярус (высотные пределы, м)	Породный состав (по запасу)	Живых стволов, шт. га ⁻¹	Полнота относительная	Площадь сечения, м ² га ⁻¹	Запас древесины, м ³ га ⁻¹	Средние для преобладающей породы	
							высота, м	диаметр, см
54-1987	I (20.1–27.0)	7Еа2К1П + Лт, Бп	128	1.0	17.7	194.1	23.0	40.4
	II (15.1–21.0)	5Еа4П1Лт + Ос, Бп, Клз	216		12.0	112.0	19.2	28.2
	III (5.0–15.0)	5Еа3П1Лт1Клж + К	340		2.8	16.9	10.0	11.2
5-1988	I (14.1–24.0)	3Бш3Тк1П1Ос1Бп1Бж ед. Еа, К	348	0.76	9.9	81.4	17.3	16.9
	II (2.1–14.0)	5Бш2Бж1Еа1П1Чм + Ивк, Итр ед. Кж, К, Ос	2356		7.9	55.5	8.1	5.7
10-1976	I (14.1–23.0)	6Бш3Бж1Бп + Ос	620	1.1	8.09	61.8	16.0	13.2
	II (2.1–13.0)	3П3Клж1Лт1К1Бп1Чм + Еа, Ивк, ед. Клз, Бж	4178		13.1	53.88	6.0	6.1
11-1975	I (14.1–24.0)	3Б(ш + ж)2Бп2Еа2П1Лт + Ивк, Итр, К	426	0.83	14.6	100.0	19.7	19.5
	II (2.1–14.0)	5Б(ш + ж)3П1Еа1(Ивк + Итр) + Клж ед.Бп, Лт, К	2812		8.3	46.5	9.0	7.0

ты — в 1.6 раз, ели и сосны корейской — в 1.7 раз по сравнению с достигавшими их максимумами на 15 год после рубки.

Видовое разнообразие в данном 32-летнем сообществе после экспериментальной рубки насчитывало 37 видов. В составе нижних ярусов к этому времени полностью исчезли растения инициальных видов, характерные для начальных стадий сукцессий. В кустарниковом ярусе, состоящем из 8 видов и имевшем общее проективное покрытие 10–15%, преобладали низкорослые (50–80 см длиной) лианы актинидии коломикта. Редкий осоково-папоротниковый травяной покров, состоящий из 18 видов и имевший общее проективное покрытие около 20%, отличался сильной мозаичностью.

Иной характер в составе и сложении сообществ отмечался в 33-летнем насаждении, сформированном после условно-сплошной рубки (пр. пл. 5-1988).

Как уже отмечалось ранее, сильное разрушение подстилки и трансформация почвенного покрова тяжелой техникой во время условно-сплошной рубки обусловили прорастание многочисленных хранившихся в почве всхожих семян берез и внедрение травянистых и кустарниковых растений инициальных видов. На 33 год после условно-сплошной рубки общий флористический состав производного сообщества включал 75 видов высших растений в отличие от 37 видов, отмеченных на 32 г. после экспериментальной рубки (пр. пл. 10-1976). Значительную примесь к осоково-папоротниковому покрову на пр. пл. 5-1988 составили инициальные виды (кипрей узколистный *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop., недотрога обыкновенная *Impatiens noli-tangere* L. и др.) и мезогигрофитное крупнотравье (чемерица *Veratrum* sp., какалия копьевидная *Cacalia hastata* L., лабазник камчатский *Filipendula camtschatica* (Pall.) Maxim. и др.). В кустарниковом ярусе также активно развивались инициальные виды (бузина красная *Sambucus racemosa* L., аралия высокая *Aralia elata* (Miq.) Seem., шиповник иглистый *Rosa acicularis* Lindl.).

В древостое на этой 33-летней вырубке, состоящем из двух подъярусов и образованном 11 видами деревьев, доминировали разные виды берез. В верхнем подъярусе, сформированном березами с ускоренным ростом, в качестве примеси присутствовали быстрорастущие деревья тополя корейского и осины, а также сохранившиеся во время рубки деревья хвойных пород (табл. 2). Во втором подъярусе доминировали деревья берез с замедленным ростом с примесью пихты белокорой и ели аянской, которые сформировались из тонкомера и крупного подроста, сохранившегося по периферии вырубки. Древостой на этой вырубке был более разреженный, с невысокой относительной полнотой (0.8), в отличие от древостоя на пр. пл. 10-1976, имевшем относительную полноту 1.0.

В то же время невысокая полнота древостоя, а также сохранившиеся семенники хвойных деревьев и примыкающие с двух сторон коренные кедрово-темнохвойные леса способствовали успешному формированию и развитию подроста темнохвойных пород всех высотных категорий к 33-му году после условно-сплошной рубки.

На гари кедрово-темнохвойного леса (пр. пл. 11-1975), как было отмечено ранее, в течение первых 15 лет после пожара происходило постоянное нарастание численности хвойных пород. По мере роста молодых растений ели и пихты происходило смыкание их крон, и к 15 г. после пожара сформировались сомкнутые био группы высотой 1.5–3.0 м, под пологом которых началось интенсивное изреживание подроста древесных растений, в основном за счет отставших в росте экземпляров. Наиболее интенсивное самоизреживание отмечалось у многочисленных растений ели аянской, численность популяции которой снизилась с 53.4 тыс. экз. га⁻¹, отмеченных в 15-летнем послепожарном сообществе, до 9.9 тыс. экз. га⁻¹ экземпляров на 33 год после пожара. У всех других хвойных и лиственных климаксовых видов за этот период также произошло значительное снижение численности их растений (см. рис. 2).

На 33 г. после пожара в сформировавшемся производном сообществе флористический состав почти полностью восстановился и включал 63 вида высших сосудистых растений. Среди инициальных видов присутствовали лишь единичные низкорослые растения (высотой менее 1 м) бузины кистистой и аралии высокой. Кустарниковый и кустарничково-травяной ярусы отличались от коренных сообществ более высокой мозаичностью и меньшим проективным покрытием из-за образования плотно сомкнутых био групп темнохвойных пород.

Древостой был образован 10 видами деревьев, а по запасам древесины в двух сформировавшихся подъярусах доминировали быстрорастущие деревья берез (табл. 2). При этом в первом подъярусе по высоте деревьев четко выделялись два полога: первый полог 19–23 м высотой и 20–25 см диаметром образовали растения березы плосколистной и осины, а также сохранившиеся во время пожара деревья ели, сосны корейской и липы Таке. Второй полог 14–18 м высотой и 12–20 см диаметром сформировали деревья берез желтой и шерстистой с примесью ив козьей и поронайской, черемухи Маака и клена желтого. Второй подъярус (2.1–14 м высотой и 4–12 см диаметром) составили отставшие в росте деревья берез желтой и шерстистой, а также растения с ускоренным ростом пихты и ели. При этом пихта опережала в росте растения ели аянской, и к 33 г. после пожара значительная часть ее растений первой послепожарной генерации перешла в категорию тонкомера, тогда

как у ели большая часть растений такого же возраста находилась в категории крупного подростка.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ лесовосстановительного процесса в течение 32–33 лет после разных способов рубки и устойчивого низового пожара в сообществах кедрово-темнохвойного оосово-папоротникового леса Южного Сихотэ-Алиня показал, что естественный ход возобновления и развития молодого поколения хвойных лесообразователей в целом осуществлялся удовлетворительно во всех сообществах. При этом в разных категориях подростка и в тонкомере преобладали ель аянская и пихта белокорая. Успешность лесовосстановительного процесса на исследуемых участках была связана с незначительной площадью рубок и гари (каждая менее 1 га), сохранностью в той или иной степени подростка предварительной генерации, наличием на площадях семенников хвойных пород и близостью коренных лесов.

Наиболее быстрый и успешный лесовосстановительный процесс без смены коренных пород осуществлялся после зимней подневольной-выборочной рубки. После удаления крупномерных стволов ели и сосны корейской, имевших возраст 170–190 лет, средний возраст верхнего полога древостоя снизился до 110–130 лет, а состав и структура насаждения почти полностью восстановились к 33 г. после рубки.

После экспериментальной сплошной рубки, а также после условно-сплошной рубки и устойчивого низового пожара в сообществах кедрово-темнохвойного оосово-папоротникового леса восстановление сообществ идет через смену климаксовых хвойных пород на быстрорастущие серийные виды берез, осины, ив козьей и поронайской, черемухи Маака и др.

Наиболее длительный процесс восстановления кедрово-темнохвойных лесов происходит после сплошных рубок с использованием тяжелой агрегатной техники, нарушающих напочвенный покров, подстилку и почти весь подрост хвойных пород.

Сохранение предварительного подростка и тонкомера во время экспериментальной рубки позволяет сокращать сроки восстановления коренных лесов примерно на 30–40 лет, но и в этом случае должно пройти не менее 100 лет.

После устойчивого низового пожара к 33 г. в нижних ярусах кедрово-темнохвойных оосово-папоротниковых лесов исчезают почти все инициальные виды, а в древостое доминируют быстрорастущие серийные виды. Проведенный нами ранее анализ послепожарных лесовосстановительных сукцессий исследуемых лесов показал, что после устойчивых низовых пожаров господствуют

пихта аянская и пихта белокорая наступают к 100–120 гг., а максимальные запасы древесины у сосны корейской отмечаются после 160–180 лет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Ворошилов В.П., Манько Ю.И. Выживаемость хвойного подростка на сплошных вырубках в пихтово-еловых лесах // Использование и воспроизводство лесных ресурсов Дальнего Востока. Хабаровск: ДальНИИЛХ, 1972. С. 91–93.
- Ворошилов В.П. Выживаемость и рост хвойного подростка после рубок в ельниках Среднего Сихотэ-Алиня // Стационарные исследования в пихтово-еловых лесах Сихотэ-Алиня. Владивосток: Изд-во ДВНЦ АН СССР, 1975. С. 123–130.
- Гулисавили В.З. Внутривидовые взаимоотношения и регулирование численности особей в растительных сообществах // Современные вопросы лесоведения и лесной биогеоценологии. М.: Изд-во Наука, 1974. С. 233–245.
- Данилик В.Н. Экологические особенности возобновления ели // Физиология и экология древесных растений. Свердловск, 1965. Вып. 43. С. 209–213.
- Ковалев А.П., Алексеенко А.Ю. Лесные ресурсы Дальнего Востока и перспективы неистощительного пользования // Леса России: политика, промышленность, наука, образование: мат-лы третьей Междунар. науч.-техн. конф. СПб., 2018. С. 150–152.
- Ковалев А.П., Орлов А.М., Лашина Е.В., Грищенкова Ю.А. Состояние и перспективы использования лесных ресурсов Приморского края // Сибирский лесной журн. 2019. № 5. С. 15–21.
- Комарова Т.А. Семенное возобновление растений на свежих гарях (леса Южного Сихотэ-Алиня). Владивосток: Изд-во ДВНЦ АН СССР, 1986. 224 с.
- Комарова Т.А., Ильина Т.М. Изменение всхожести семян ели аянской в зависимости от характера послепожарного субстрата // Динамика и состояние лесных ресурсов Дальнего Востока. Хабаровск: Изд-во ФГУ ДальНИИЛХ, 2002. С. 115–121.
- 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.: ООО “Свое издательство”, 2017. 402 с.
- Корчагин А.А. Строение растительных сообществ // Полевая геоботаника. Л.: Изд-во Наука, 1976. 313 с.
- Лукина Н.В., Исаев А.С., Крышень А.М., Онучин А.А., Сиринов А.А., Гагарин Ю.Н., Барталев С.А. Приоритетные направления развития лесной науки как основы устойчивого управления лесами // Лесоведение. 2015. № 4. С. 243–254.
- Манько Ю.И., Ворошилов В.П. Естественное возобновление на вырубках и гарях в кедрово-широколиственных лесах Приморского края // Итоги изучения лесов Дальнего Востока. Владивосток: Изд-во ДВФ СО АН СССР, 1967. С. 197–200.
- Мелехов И.С. Лесоведение. М.: Изд-во Лесн. пром-сть, 1980. 408 с.
- Правила рубок главного пользования в лесах Дальнего Востока. М.: Изд-во ЦБНТИлесхоз, 1970. 44с.
- Сапожников А.П., Карпачевский Л.О., Ильина Т.М. Послепожарное почвообразование в кедрово-широ-

лиственных лесах // Лесной вестник. 2001. № 1(16). С. 132–164.

Современное состояние лесов российского Дальнего Востока и перспективы их использования / под редакцией А.П. Ковалева. Хабаровск: ДальНИИЛХ, 2009. 470 с.

Соловьев К.П. О динамике древостоев после рубок в Приморье // Сб. тр. ДальНИИЛХ. 1963. Вып. 5. С. 29–39.

Соловьев К.П., Солодухин Е.Д. Возобновление древесных пород в лесах Дальнего Востока // Возобновление леса. М.: Изд-во Колос, 1975. С. 283–303.

Солодухин Е.Д. Лесоводственные основы хозяйства в кедровых лесах Дальнего Востока. Владивосток: Дальневост. кн. изд-во, 1965. 367 с.

Сосудистые растения советского Дальнего Востока. СПб.: Изд-во Наука, 1985–1996. Т. 1–8.

Справочник лесоустроителя Дальнего Востока. Хабаровск: Дальневосточное лесоустроительное предприятие ВО “Леспроект”, 1973. 226 с.

Сукачев В.Н., Зонн С.В. Методические указания к изучению типов леса. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 144 с.

Сысоев Е. Лесовосстановление концентрированных вырубков путем аэросева в условиях Кировской области. Киров: Кн. изд-во, 1959. 78 с.

Трофимова А.Д. Дендроиндикация условий произрастания основных хвойных пород Южного и Среднего Сихотэ-Алиня: дис. ... канд. геогр. наук: 25.00.25. СПб., 2012. 190 с.

Чумин В.Т., Ковалев А.П., Обручников С.Г. Влияние сплошных рубок с применением агрегатных машин на сохранность тонкомера и подроста // Лесное хозяйство. 1981. № 1. С. 12–14.

Шешуков М.А. О классификации лесных пожаров по величине выгоревшей площади // Лесное хозяйство. 1967. Вып. 1. С. 53–57.

Algren T.F., Algren C.E. Ecological effects of forest fires // Bot. Rev. 1960. V. 26. № 4. P. 483–533.

Clements F.E. Plant Succession and Indicators. N.Y.: Wilson, 1928. 452 p.

Kuuluvainen T., Lindberg H., Vanha-Majamaa I., Keto-Tokoi P., Punttila P. Low-level retention forestry, certification, and biodiversity: case Finland // Ecological Processes. 2019. V. 8. № 1. 13 p.

Viro P.J. Effects of forest fire on soil // Fire and Ecosystems. N.Y.: Acad. press, 1974. P. 3–46.

Young Forests Forming after Fellings and Fires in Dark Coniferous Sedge-Fern Forests of the Southern Sikhote-Alin

S. G. Glushko^{1, *}, T. A. Komarova², and N. B. Prokhorenko³

¹Kazan State Agrarian University, K. Marx st., 65, Kazan, 420015, Republic of Tatarstan, Russia

²Federal research center of land biodiversity of Eastern Asia, Far-Eastern branch of the RAS, 100-letiya Vladivostoka ave., 159, Vladivostok, 690022 Russia

³Kazan Federal University, Kremliovskaya st., 18, Kazan, 420008, Republic of Tatarstan, Russia

*E-mail: glushkosg@mail.ru

A comparative analysis of the formation and natural development of the young generation of tree species after different felling methods and regular ground fires in the contact zone of fir-spruce and Siberian pine-deciduous forests of Southern Sikhote-Alin was carried out. The features of natural regeneration, growth, development, self-thinning and abundance dynamics of the young generation of tree species were considered for the period of 33 years in three different clearings and in burnt-out areas of Siberian pine-dark coniferous sedge-fern forests. It has been established that when employing different methods of felling in the pine-dark coniferous sedge-fern forests of the Southern Sikhote-Alin, the fastest and most successful reforestation process without changes in dominant species was taking place after winter selective felling. In case of clear felling and ground fires, reforestation follows by the replacement of conifers with fast-growing deciduous species. The longest process of restoration of pine-dark coniferous forests occurs after clear felling with the use of heavy machinery that disturbs the ground cover and litter, and damages the coniferous undergrowth. The success of the reforestation process in the surveyed areas can be explained by insignificant areas affected by felling and burning (each less than 1 hectare), the preservation to some degree of the pre-grown undergrowth, the presence of coniferous seed plants in the areas, and the proximity of primary forest massifs. The practice of selective felling in the forests of the Southern Sikhote-Alin, provided that the undergrowth of the preliminary generation is preserved, ensures the successful formation of young stands. The materials of our research confirm the successful nature of the formation of young stands in areas affected by selective felling.

Keywords: reforestation process, fellings, forest fires, young trees, undergrowth, forest stand, growth speed.

REFERENCES

Algren T.F., Algren C.E., Ecological effects of forest fires, *Bot. Rev.* 1960, Vol. 26, No. 4, pp. 483–533.

Chumin V.T., Kovalev A.P., Obruchnikov S.G., Vliyanie sploshnykh rubok s primeneniem agregatnykh mashin na

sokhrannost' tonkomera i podrosta (Influence of clearcutting with the use of modular machines on the safety of small size and undergrowth), *Lesnoe khozyaistvo*, 1981, No. 1, pp. 12–14.

Clements F.E., *Plant Succession and Indicators*, N.Y.: Wilson, 1928, 452 p.

- Daniluk V.N., *Ekologicheskie osobennosti vozobnovleniya eli* (Ecological features of spruce renewal), In: *Fiziologiya i ekologiya drevnykh rastenii* (Physiology and ecology of woody plants), Sverdlovsk: 1965, Vol. 43, pp. 209–213.
- Gulisashvili V.Z., *Vnutrividovye vzaimootnosheniya i regulirovanie chislennosti osobei v rastitel'nykh soobshchestvakh* (Intraspecific relationships and regulation of the number of individuals in plant communities), In: *Sovremennye voprosy lesovedeniya i lesnoi biogeotsenologii* (Modern issues of forestry and forest biogeocenology), Moscow: Izd-vo Nauka, 1974, pp. 233–245.
- Komarova T.A., Il'ina T.M., *Izmenenie vskhozhesti semyan eli ayanskoi v zavisimosti ot kharaktera posledpozharного substrata* (Changes in seed germination of Ayan spruce depending on the nature of the post-fire substrate), In: *Dinamika i sostoyanie lesnykh resursov Dal'nego Vostoka* (Dynamics and state of forest resources of the Far East), Khabarovsk: Izd-vo FGU Dal'NIILKh, 2002, pp. 115–121.
- Komarova T.A., Prokhorenko N.B., Glushko S.G., Terekhina N.V., *Poslepozharные suktessii 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., *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, 224 p.
- 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), *Les Rossii: politika, 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 kraya* (The prospects of using forest resources in Primorsky Krai), *Sibirskii lesnoi zhurnal*, 2019, No. 5, pp. 15–21.
- Kuuluvainen T., Lindberg H., Vanha-Majamaa I., Keto-Tokoi P., Punttila P., *Low-level retention forestry, certification, and biodiversity: case Finland*, *Ecological Processes*, 2019, Vol. 8, No. 1, 13 p.
- Lukina N.V., Isaev A.S., Kryshen' A.M., Onuchin A.A., Sirin A.A., Gagarin Y.N., Bartalev S.A., *Prioritetnye napravleniya razvitiya lesnoi nauki kak osnovy ustoichivogo upravleniya lesami* (Research priorities in forest science – the basis of sustainable forest management), *Lesovedenie*, 2015, No. 4, pp. 243–254.
- Man'ko Y.I., Voroshilov V.P., *Estestvennoe vozobnovlenie na vyrubkakh i garyakh v kedrovo-shirokolistvennykh lesakh Primorskogo kraya* (Natural renewal in clearings and burned-out areas in cedar-deciduous forests of Primorsky Territory), In: *Itogi izucheniya lesov Dal'nego Vostoka* (Results of the study of forests of the Far East), Vladivostok: Izd-vo DVF SO AN SSSR, 1967, pp. 197–200.
- Melekhov I.S., *Lesovedenie* (Forest science), Moscow: Lesnaya promyshlennost', 1980, 408 p.
- Pravila rubok glavnogo pol'zovaniya v lesakh Dal'nego Vostoka*, (Rules for final felling in the forests of the Far East), Moscow: Izd-vo TsBNTIleskhoz, 1970, 44 p.
- Sapozhnikov A.P., Karpachevskii L.O., Il'ina L.S., *Poslepozharное pochvoobrazovanie v kedrovo-shirokolistvennykh lesakh* (Post-fire pedogenesis in siberian pine broad-leaved forests), *Lesnoi vestnik*, 2001, No. 1(16), pp. 132–165.
- 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.
- Solodukhin E.D., *Lesovodstvennye osnovy khozyaistva v kedrovyykh lesakh Dal'nego Vostoka* (Silvicultural fundamentals of the economy in the cedar forests of the Far East), Vladivostok: Dal'nevost. kn. izd-vo, 1965, 367 p.
- Solov'ev K.P., *O dinamike drevostoev posle rubok v Primor'e* (About the forest dynamics after cuttings in Primorsky Krai), In: *Sbornik trudov Dal'nevostochnogo nauchno-issledovatel'skogo instituta lesnogo khozyaistva* (Proceedings of the Far East Forestry Research Institute), Khabarovsk: Knizhnoe izd-vo, 1963, Vol. 5, pp. 29–39.
- Solov'ev K.P., Solodukhin E.D., *Vozobnovlenie drevnykh 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 isol'zovaniya*, (The current state of the forests of the Russian Far East and the prospects for their use), Khabarovsk: Dal'NIILKh, 2009, 470 p.
- Spravochnik lesoustroitel'ya Dal'nego Vostoka*, (Far East Forest Inventor's Guide), Khabarovsk: Dal'nevostochnoe lesoustroitel'noe predpriyatie VO "Lesproekt", 1973, 226 p.
- Sukachev V.N., Zonn S.V., *Metodicheskie ukazaniya k izucheniyu tipov lesa* (Recommended practices of the study of forest types), Moscow: Izd-vo AN SSSR, 1961, 144 p.
- Sysoev E., *Lesovosstanovlenie kontsentriruyemykh vyrubok putem aéroseva v usloviyakh Kirovskoi oblasti* (Reforestation of concentrated felling by aéro seeding in the Kirov region), Kirov: Kn. izd-vo, 1959, 78 p.
- Trofimova A.D., *Dendroindikatsiya uslovii proizrastaniya osnovnykh khvoinykh porod Yuzhnogo i Srednego Sikhote-Alinya*, *Diss. kand. geogr. nauk* (Dendroindication of the growing conditions of the main conifers of the Southern and Middle Sikhote-Alin, Candidate's geogr. sci. thesis), Saint Petersburg: 2012, 190 p.
- Viro P.J., *Effects of forest fire on soil*, *Fire and Ecosystems*, N.Y.: Acad. press, 1974, pp. 3–46.
- Voroshilov V.P., Man'ko Y.I., *Vyzhivaemost' khvoynogo podrosta na sploshnykh vyrubkakh v pikhtovo-elovykh lesakh* (Survival ability of coniferous undergrowth in clear-cut areas in fir-spruce forests), In: *Ispol'zovanie i vosproizvodstvo lesnykh resursov Dal'nego Vostoka* (Use and reproduction of forest resources of the Far East), Khabarovsk: Dal'NIILKh, 1972, pp. 91–93.
- Voroshilov V.P., *Vyzhivaemost' i rost khvoynogo podrosta posle rubok v el'nikakh Srednego Sikhote-Alinya* (Survival ability and growth of coniferous undergrowth after felling in spruce forests of the Middle Sikhote-Alin), In: *Statsionarnye issledovaniya v pikhtovo-elovykh lesakh Sikhote-Alinya* (Stationary studies in fir-spruce forests of Sikhote-Alin), Vladivostok: Izd-vo DVNTs AN SSSR, 1975, pp. 123–130.