

УДК 630\*232.324.3(571.51)

## РОСТ И ПРОДУКТИВНОСТЬ РАЗНОГУСТОТНЫХ КУЛЬТУР ЛИСТВЕННИЦЫ В ЮЖНОЙ ТАЙГЕ СРЕДНЕЙ СИБИРИ

Л. С. Пшеничникова

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

E-mail: taiga@ksc.krasn.ru

Поступила в редакцию 07.03.2017 г.

Обобщен 35-летний опыт выращивания культур лиственницы сибирской *Larix sibirica* Ledeb. 18 вариантов густоты в подзоне южной тайги Красноярского края. Реакцию древесных растений на загущение изучали с целью выяснения изменений продуктивности молодых лиственничных ценозов в связи с густотой и установления оптимальной плотности, обеспечивающей максимальную фитоценотическую продуктивность. Представлены результаты периодических наблюдений за возрастной динамикой роста и продуктивности культур с момента их создания. Выяснилось, что, чем гуще были посадки культур, тем раньше и интенсивнее по сравнению с редкими происходил процесс дифференциации деревьев и ускорялось естественное самоизреживание, а количество деревьев на единице площади с возрастом уменьшалось. Средний диаметр насаждений с увеличением густоты уменьшался, а в возрастной динамике воздействие густоты на диаметр сдвигалось к более редким ценозам. Корреляция высоты деревьев с густотой была невысокой. За период наблюдений накопление запаса в самых редких вариантах происходило медленно, в загущенных вариантах отмечалось замедление темпов накопления, а в самых густых – даже снижение запаса. При этом кульминация текущего прироста с увеличением густоты постепенно смещалась на более ранние сроки. Оптимальное количество деревьев на единице площади, при которой продуцируется максимум запаса древесины, с возрастом снижалось. В 25 лет максимальный запас находился на текущую густоту 10 тыс. шт./га, в 30 лет – на густоту 7, в 35 лет – 5–6 тыс. шт./га и составлял 400 м<sup>3</sup>/га. Доказано, что очень густые ценозы с возрастом утратили преимущество по показателям продуктивности. Это дает основание признать нецелесообразным создание очень плотных посадок. Оптимальная густота, рекомендуемая при создании культур лиственницы в условиях южной тайги, должна быть в пределах 6–8 тыс. сеянцев на 1 га.

**Ключевые слова:** *Larix sibirica* Ledeb., густота посадки, возрастная динамика, таксационные показатели, южная тайга.

DOI: 10.15372/SJFS20180103

### ВВЕДЕНИЕ

Фактор густоты в лесоэкологических, лесоводственных и таксационных исследованиях существенно усложняет получение однозначной информации о структуре и продуктивности лесных экосистем. Несмотря на значительное число публикаций, характеризующих естественные и искусственные древостои разной густоты, объективной и надежной информации о них пока недостаточно.

Как следует из обзора А. П. Рябокона (2009), посвященного оптимизации густоты сосновых

древостоев, рекомендации нормы густоты посадки крайне разноречивы и обусловлены различными методическими подходами к ее исследованию. Доминирующую роль при определении оптимальной густоты играют природные факторы, а рекомендации по оптимальной густоте посадки носят региональный характер по природно-климатическим зонам. Большинство ученых рекомендуют в крайне неблагоприятных условиях произрастания (засушливых условиях степной зоны и при избыточном увлажнении бедных песчаных почв лесной и лесостепной зоны) создание культур с густотой

10–13 тыс. сеянцев на 1 га, что объясняется значительным отпадом на стадии приживания. В зоне эколого-географического оптимума европейской части бывшего СССР, как следует из обзора Е. С. Кретова (1975), возможно выращивать биологически устойчивые и продуктивные с высоким качеством древесины насаждения: от 2–3 тыс. шт./га для ускоренного воспроизведения крупномерной стволовой и до 10 тыс. шт./га – тонкослойной древесины. В прошлом веке отечественные лесоводы нередко признавали необходимой большую густоту посадок хвойных культур на первом этапе жизни (Георгиевский, 1957а; Итоги..., 1964; Мартынов, 1974 и др.). Г. Ф. Морозов (1949) придавал большое значение густым посадкам (10–30 тыс. шт./га), как фактору, ведущему к ускоренному смыканию культур. По его мнению, густые культуры имеют преимущество перед редкими с точки зрения сохранности древостоя и отбора «деревьев будущего». Одним из сдерживающих факторов создания редких культур является опасность ухудшения физико-механических свойств древесины. Хвойные деревья, выросшие на просторе, отличаются менее плотной древесиной, чем растущие в сомкнутых насаждениях (Морозов, 1949).

А. И. Бузыкин и др. (2002), обобщая состояние исследований древесных ценозов разной густоты, пришли к выводу, что по хозяйственно-экономическим соображениям во многих случаях оправдано сознательное превышение густоты посадки над емкостью ресурсов среды. Этот излишек особей предполагается использовать в качестве резерва на случай повреждения части посадок под влиянием био- и абиотических факторов. После того как получен временный эффект, густоту посадок необходимо привести в соответствие с условиями произрастания. Для этой цели используют разные режимы и интенсивности рубок ухода.

Литературные сведения, касающиеся выращивания культур лиственницы, менее информативны по сравнению с изученностью других видов лесных культур, например сосны и ели.

Большой вклад в изучение культур лиственницы разной плотности посадок внес В. П. Тимофеев (1959, 1963, 1976, 1977 и др.), доказавший, что со временем, по мере загущения посадок, снижается численность стволов, сокращается интенсивность прироста по высоте и диаметру, а запас и общая продуктивность приобретают вид параболической кривой. В. П. Тимофеев (1977) утверждал, что критерием оптимальной плотности выращивания искусственных насаждений являются почвенно-климатические условия и что в разных географических регионах она должна различаться с учетом лесохозяйственных задач, режима лесовыращивания и породного состава насаждений. При планировании густоты культур важно установить их целевое назначение (Усольцев, Маленко, 2014).

На современном этапе развития лесокультурного производства по-прежнему остается актуальным изучение закономерностей влияния густоты посадок на рост и формирование искусственных насаждений, на особенности изменения таксационных показателей древостоя с возрастом с целью выяснения оптимальных режимов целевого лесовыращивания, которые на лесосырьевых площадях обеспечивали бы наивысший запас к возрасту спелости.

В данной работе предпринята попытка обобщить 35-летний опыт выращивания культур лиственницы сибирской разной густоты с момента их создания. Цель работы – оценить роль плотности хвойных ценозов в динамике их структуры и продуктивности.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В 1982 г. сотрудниками Института леса СО АН СССР под руководством А. И. Бузыкина в подзоне южной тайги (Большемуртинский лесхоз Красноярского края) на серых лесных почвах в однородных лесорастительных условиях пла-кора созданы опытные разной густоты посадки сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* Ledeb., лиственницы сибирской *Larix sibirica* Ledeb. и ели сибирской *Picea obovata* Ledeb. (табл. 1).

**Таблица 1.** Условия эксперимента с посадками 2-летних сеянцев хвойных по квадратной схеме, представляющей собой восходящий по густоте ряд, состоящий из 18 вариантов густоты

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
N	0.5	0.75	1	1.5	2	3	4	6	8	10	12	16	24	36	48	64	96	128
L	4.5	3.6	3.2	2.6	2.2	1.8	1.6	1.3	1.1	1	0.9	0.8	0.64	0.56	0.46	0.4	0.3	0.28

*Примечание.* № – номер варианта; N – густота посадки, тыс. шт./га; L – расстояние между растениями, м.

На участке каждого варианта густоты высаживали не менее 500 растений, а для вариантов с густотой от 48 до 128 тыс. шт./га число посадочных мест увеличивалось соответственно на 10–40 %. Площадь каждого участка, по конфигурации близкая к квадратной, определялась густотой варианта. Площадь посадок длительное время находилась в сельскохозяйственном обороте, а до освоения территории Приенисейского края первопоселенцами на этой площади произрастали темнохвойные насаждения с участием сосны и лиственницы сибирской.

Многовариантные ряды посадок, характеризующие густоту в широких пределах (от роста деревьев в свободном стоянии до загущенных и очень густых древесных ценозов), дают возможность адекватно оценить роль плотности в процессе формирования древесных ценозов в одинаковых условиях произрастания. Заменить экспериментальное лесовыращивание при разной густоте статистическим набором временных пробных площадей в естественных древостоях в принципе невозможно, поскольку одна и та же текущая густота может отражать разную историю формирования и роста ценозов и соответствовать нескольким уровням продуктивности (Усольцев, 1994).

Сбор полевых материалов включал сплошной перечет деревьев на каждой секции, замер высот и диаметров на учетных деревьях.

Работа выполнена по известным методикам (Георгиевский, 1957б; Моисеев, 1971) и подробно изложена в предыдущих публикациях (Бузыкин и др., 2002). Обработку данных проводили в программе Excel.

В таксационной и статистической обработке использованы данные только прямых (непосред-

ственных) замеров и учетов, затем проанализированы итоговые и средние показатели каждого варианта густоты и дана оценка ее влияния на рост и продуктивность молодых насаждений в каждом возрасте. При обработке исключены краевые ряды посадок, контактирующие с разрывами, для устранения опушечных эффектов.

Материалы обмеров лиственничных культур в разные годы учета с анализом результатов опубликованы в ряде работ (Бузыкин и др., 2002; Бузыкин, Пшеничникова, 2011; Пшеничникова, 2011, 2016; Пшеничникова и др., 2016).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

**Возрастные изменения отпада и густоты древостоя.** Выяснилось, что за 33 года с начала посадки (в биологическом возрасте 35 лет) в ценозах лиственницы за счет элиминации деревьев произошло значительное сокращение количества деревьев по вариантам опыта. Если вначале различие между крайними вариантами опыта (0.5 и 128 тыс. шт./га) составляло 256 раз, то в 35 лет фактическая густота различалась в 33 раза (0.21 и 6.87 тыс. шт./га), а весь диапазон вариантов густотного ряда сузился почти в 8 раз (рис. 1, а).

Спустя 3 года с начала эксперимента отпад в 5-летних культурах имел стохастический (случайный) характер, так как приживаемость и сохранность сеянцев обусловлены не количеством высаженных растений, а качеством посадки и зависели от конкурентных отношений с травяной растительностью и дальнейшего ухода. В фазе приживания наибольший отпад (50–66 %) отмечен при одиночном росте деревьев, а также в редкостойных посадках (рис. 1, б).

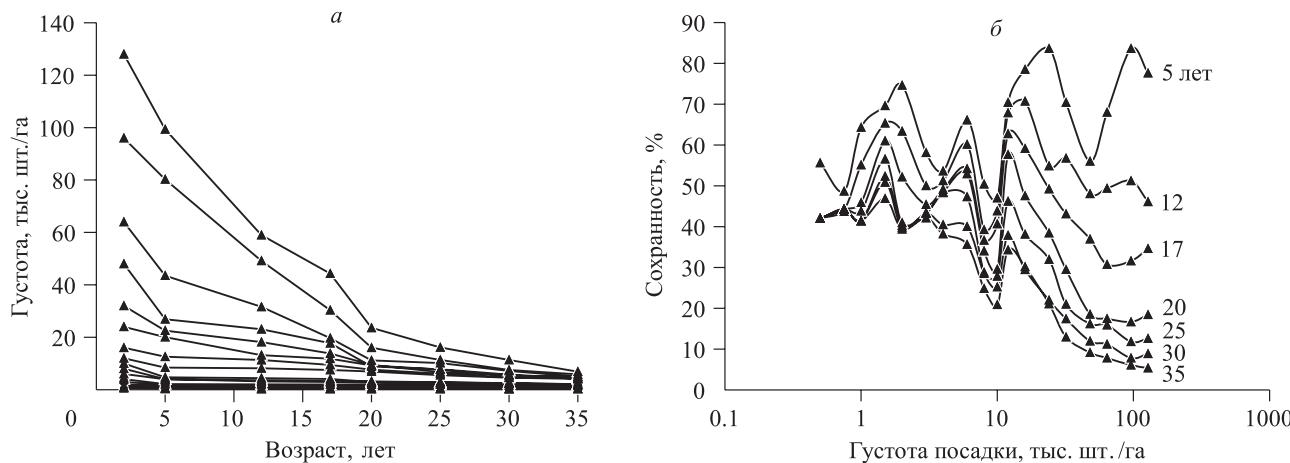


Рис. 1. Динамика амплитуды густотного ряда (а) и послепосадочная сохранность (б) культур лиственницы.

Густые культуры, не подвергшиеся агротехническому уходу путем окашивания травы и применения гербицидов, имели высокую сохранность. Такая плотность снижала пресс конкурентных отношений между деревьями и сорняками, способствовала ускорению сокрустости крон, т. е. созданию фитоценотической обстановки. Наиболее высокая сохранность (78–84 %) соответствовала самым плотным вариантам с посадкой 96 и 128 тыс. шт./га. По всему густотному ряду культур отпад составил в среднем 37.3 %, здоровые саженцы – 61.2, недежные – 1.5 %. Изменение начальной густоты культур в результате случайного стохастического отпада внесло существенные корректизы в густоту посадки по сравнению с первоначальной. Фактически все закономерности, связанные с реакцией ценоза на плотность культур в ходе роста и формирования насаждений, выявляли в ценозах прижившихся культур, густота которых отличалась от проектной на величину отпада.

С возрастом по мере создания ценотической среды регулятором плотности насаждений стал процесс самоизреживания, при котором элиминация деревьев зависела от густоты культур. Так, начальная плотность ценозов в вариантах посадки 32–128 тыс. шт./га уменьшилась к 35 годам в 8–19 раз, в вариантах 8–24 тыс. шт./га – в 4–5 раз, в вариантах 0.5–6 тыс. шт./га – в 2–3 раза. В самых редких посадках после случайного отпада дальнейшего изреживания не наблюдалось, и после 12 лет их плотность оставалась постоянной. Изменчивость отпада в вариантах с посадкой 1–10 тыс. шт./га была значительной ( $V = 11\text{--}20\%$ ), в более густых – большой ( $V = 30\text{--}40\%$ ).

В каждом густотном ряду коэффициент вариации отпада во всех вариантах был постоянным, не зависел от возраста и составил в среднем 20 %, кроме 5-летних культур. В этих посадках отпад по вариантам опыта равен 16–53 %, а коэффициент вариации – 34 %, что означает большую изменчивость.

В результате самоизреживания в разногустотных культурах с возрастом увеличивался отпад суммарный, а средний и текущий снижались, при этом отмечено существенное сужение диапазона значений как текущего, так и среднего отпада. С 5 до 35 лет сужение диапазона текущего отпада произошло в 8 раз – от 3.3–10.6 до 0–0.9 %, а среднего отпада – в 6 раз – от 3.3–10.6 до 1.5–2.7 %. Интенсивное снижение числа деревьев и текущего отпада наблюдалось до 20 лет. В последующие годы постепенно про-

исходила стабилизация постоянства числа деревьев на единице площади соразмерно запасу и емкости экологических ресурсов среды.

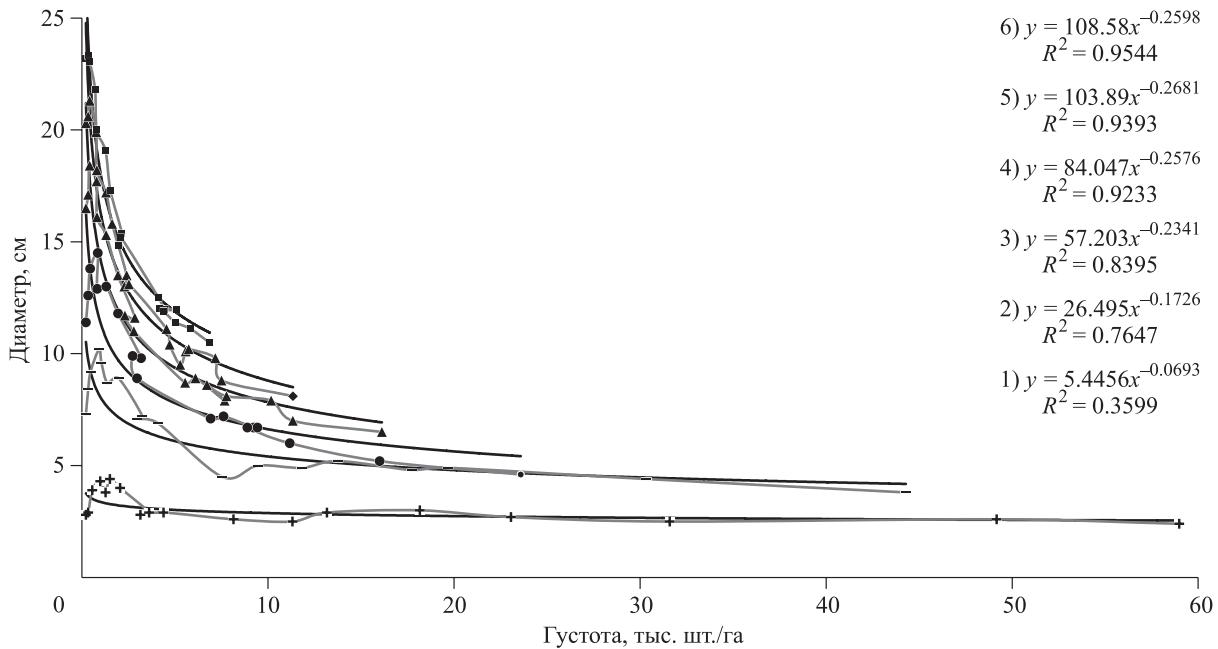
**Возрастные изменения средних диаметров древостоев.** Средний диаметр лиственницы с 12 до 35 лет наиболее интенсивно возрастал у деревьев, растущих в свободном и редком стоянии (в 6–8 раз), в загущенных и густых вариантах увеличение произошло примерно в 4–5 раз.

Зависимость среднего диаметра от густоты лиственничных ценозов с возрастом в процессе формирования молодняков усиливалась. Об этом свидетельствует коэффициент детерминации параболического уравнения, наиболее адекватно описывающего эту зависимость. Так, в 12 лет теснота связи среднего диаметра насаждений с густотой характеризуется  $R^2 = 0.36$ , в 17 лет – 0.76, 20 – 0.91, 25 – 0.92, 30 – 0.94, 35 – 0.95 (рис. 2).

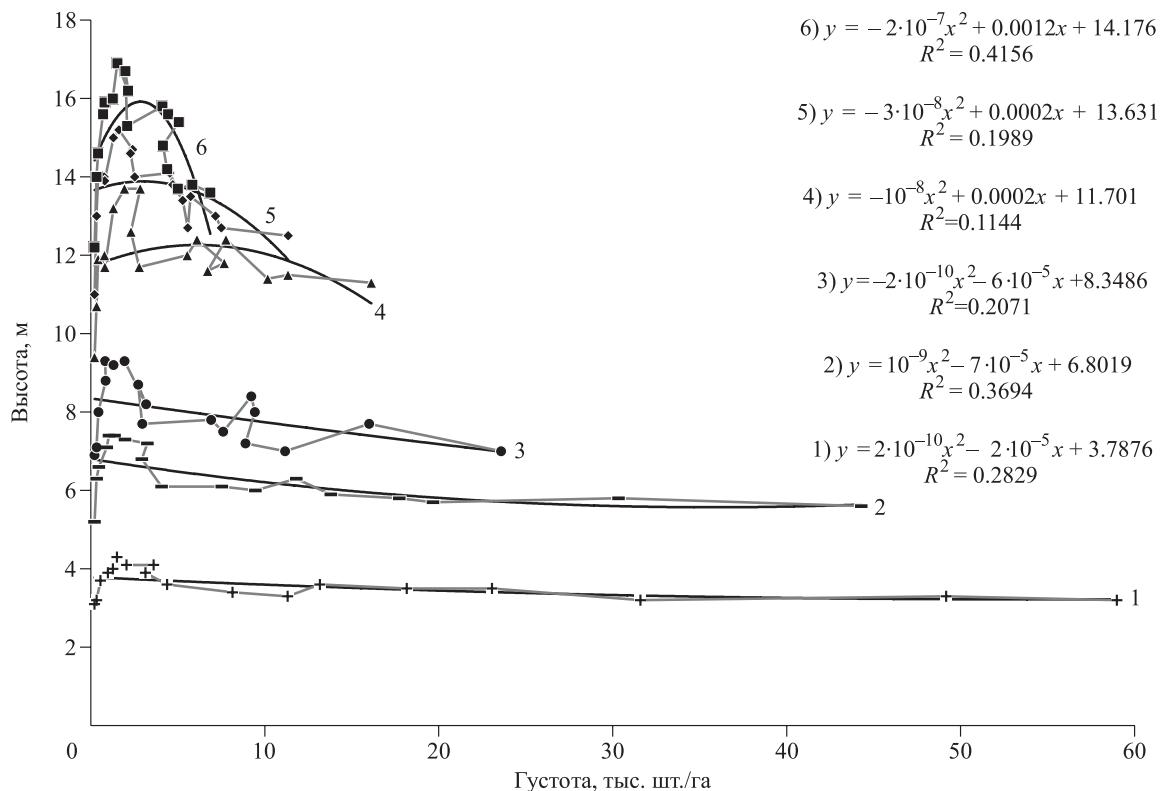
В 12 лет различие между максимальным и минимальным значениями среднего диаметра в густотном ряду лиственничных культур составило 1.8 раза, в 17 лет – 2.6, в 20 лет – 3.1, в 25 лет – 2.8, в 30 лет – 2.6, в 35 лет – 2.2, а в среднем – 2.5 раза. С увеличением возраста диапазон между крайними значениями средних диаметров расширился. Так, в 12 лет амплитуда диаметров лиственницы колебалась в пределах 2 см (2.4–4.4), в 17 лет – 6.8, 20 – 9.9, 25 – 11.9, 30 – 13.2, 35 – 12.8 см. Диапазон диаметров за 33 года увеличился с 2 до 13 см, т. е. почти в 6.5 раза.

В каждом возрасте средний диаметр увеличивался с уменьшением текущей густоты культур. Однако регулирование густоты оказало влияние на распределение деревьев по толщине лишь в определенном интервале текущих ее значений в каждом рассматриваемом возрасте.

Так, в 15–17 лет средний и максимальный диаметры древостоев зависели от текущей густоты только в интервале до 30–31 тыс. шт./га, после чего наблюдались одинаковые значения. В 20 лет средний и максимальный диаметры древостоев зависели от текущей густоты в интервале до 16 тыс. шт./га, в 25 лет – до 11, в 30 лет – примерно до 7–8, в 35 лет – до 6–7 тыс. шт./га, после чего наступала стабилизация значений диаметров. Самые тонкие деревья отмечали границу, за которой начиналось их отмирание. В 12–17 лет диаметр тонких деревьев не превышал 1 см. С возрастом за счет естественного процесса роста тонких деревьев нижняя граница диаметров сдвигалась вверх, и в 35 лет диаметр тонких деревьев составил 6–9 см.



**Рис. 2.** Зависимость среднего диаметра лиственничных ценозов от их текущей густоты в возрасте, лет: 1 – 12; 2 – 17; 3 – 20; 4 – 25; 5 – 30; 6 – 35.



**Рис. 3.** Зависимость средней высоты лиственничных ценозов от их текущей густоты в возрасте, лет: 1 – 12; 2 – 17; 3 – 20; 4 – 25; 5 – 30; 6 – 35.

**Изменение средней высоты древостоя в культурах разной густоты** происходило неоднозначно. В вариантах свободного роста и в редких культурах средняя высота деревьев с увеличением плотности посадок увеличивалась, а в более густых по мере загущения либо снижа-

лась, либо стабилизировалась. С возрастом эти особенности изменения становились более выраженным (рис. 3).

Отчетливой связи средней высоты стволов и густоты ценоза не прослеживалось. Корреляция между высотой деревьев и густотой была невы-

**Таблица 2.** Значения коэффициентов вариации средних диаметров и высот лиственницы в разном возрасте

Возраст, лет	Число опытов	Диаметр			Высота		
		min–max	средний, см	V, %	min–max	средняя, см	V, %
12	18	2.4–4.4	3.1	21.1	3.1–4.3	3.6	10.2
17	18	3.8–5.2	6.7	30.9	5.2–7.4	6.3	10.8
20	18	4.6–14.5	9.4	34.2	6.9–9.3	8.0	10.2
25	18	6.5–18.4	11.8	34.8	9.4–13.7	11.9	8.6
30	18	8.1–21.3	13.9	32.8	11.0–15.2	13.6	7.5
35	18	10.1–23.3	15.9	29.9	12.2–16.9	15.0	7.6

сокой, что естественно, так как высота деревьев меньше реагирует на изменение густоты насаждений, чем диаметр. Дифференциация деревьев в высоту ствола по вариантам опыта умеренная ( $V = 8\text{--}11 \%$ ), по диаметру – большая (21–35 %).

Различия крайних значений средней высоты (максимальных и минимальных) в густотном ряду составляли в ценозах 12 лет – 1.38 раза, 17 – 1.42, 20 – 1.35, 25 – 1.45, 30 и 35 лет – 1.38 раза, т. е. с 12 до 35 лет независимо от возраста разница оставалась постоянной (в среднем 1.4 раза), в то время как для диаметра эта разница с возрастом изменялась и в среднем составила 2.5 раза.

Диапазон между крайними значениями средней высоты с увеличением возраста расширялся. Так, в 12 лет амплитуда высот лиственницы колебалась в пределах 1.2 м (3.1–4.3), в 17 – 2.2, в 20 – 2.4, в 25 – 4.3, в 30 – 3.7, в 35 лет – 4.5 м, т. е. диапазон высот за 23 года увеличился с 1.2 до 4.5 м – почти в 4 раза. Диапазон же средних диаметров за этот период расширился в 6.5 раза.

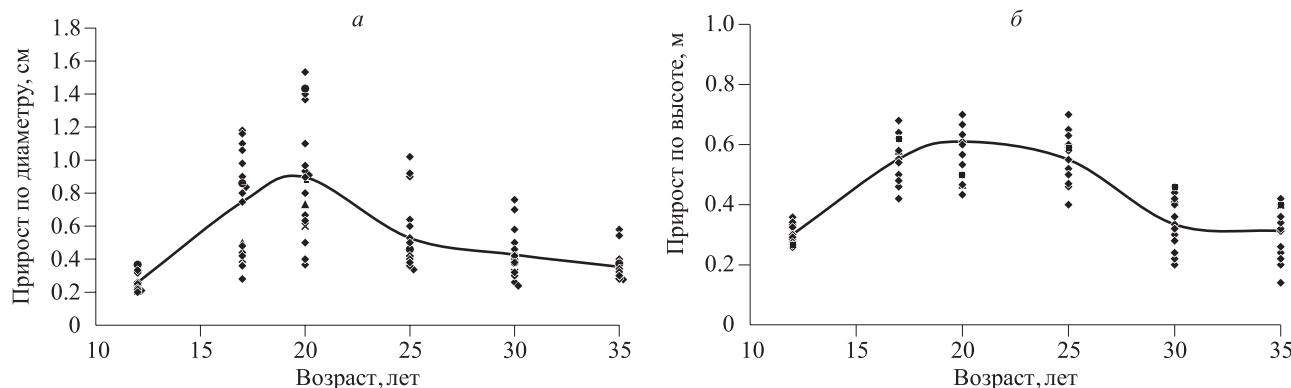
**Сравнение изменчивости средних квадратических значений** диаметра лиственницы и соответствующей ему средней высоты по всем вариантам опыта в разные годы показало, что реакция древесных растений на плотность ценозов более заметно выражалась в их росте в толщину (табл. 2).

Как следует из приведенных данных, изменчивость значений среднего диаметра в 12 лет была выше изменчивости средней высоты в 2 раза, в 20 лет – в 3, а к 30–35 годам это соотношение возросло до 4 раз. Изменчивость среднего диаметра увеличилась за период с 12 до 35 лет в 1.4 раза, тогда как для средней высоты она уменьшилась в 1.3 раза.

**Текущий прирост по диаметру и высоте.** Наиболее интенсивно культуры лиственницы прирастали по диаметру до 20 лет (рис. 4, *a*), после чего текущий прирост снижался. При этом диапазон прироста в густотном ряду культур с 12 до 20 лет расширился от 0.2–0.4 до 0.4–1.5 см и к 35 годам снизился до 0.3–0.6 см. Максимальный прирост по диаметру соответствовал ценозам редкой густоты. В загущенных посадках прирост был наименьший, соответствующий ослабленным и тонкомерным деревьям, и в течение всего периода наблюдений колебался в пределах 0.2–0.4 см.

Подобно приросту по диаметру в лиственничных культурах изменялся и прирост в высоту (рис. 4, *б*). Интенсивность прироста в высоту с возрастом увеличивалась, достигала стабильности, после чего снижалась.

Диапазон прироста высоты в густотном ряду культур в 12 лет колебался в пределах 0.3–0.4 м,

**Рис. 4.** Динамика текущего прироста по диаметру (*а*) и высоте (*б*) в разногустотных ценозах лиственницы.

в 17–25 лет расширился и сохранял постоянство (0.4–0.7 м), а к 35 годам снизился до 0.1–0.4 м.

Если с 17 лет диапазон прироста по диаметру в густотных рядах с возрастом сужался, то по высоте сохранял постоянство.

Соответственно коэффициент вариации прироста по диаметру снизился с 44 до 24 %, а прироста в высоту увеличился с 22 до 36 %.

**Изменение с возрастом запаса и текущего прироста стволовой древесины.** С 12 до 20 лет запас лиственничных ценозов был пропорционален текущей густоте и максимум его приходился на самый густой вариант.

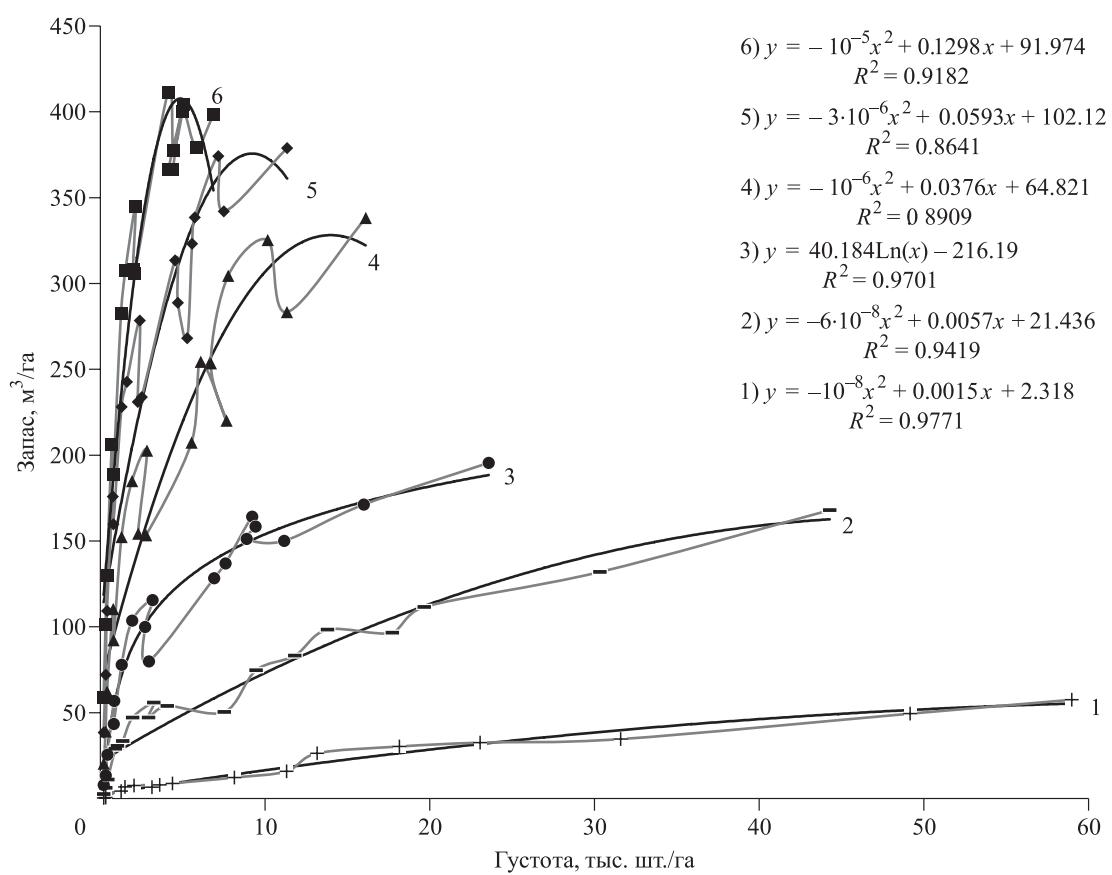
Начиная с 25 лет запас возрастал с увеличением густоты до определенной ее величины и в дальнейшем оставался на одном уровне или даже снижался. При этом преимущество по этому показателю с возрастом переходило к более редким насаждениям. В 25 лет максимальный запас приходился на текущую густоту 10 тыс. шт./га, в 30 – на 7, в 35 – на 5–6 тыс. шт./га и составлял 400 м<sup>3</sup>/га (рис. 5).

В загущенных культурах текущий прирост достигал максимума в 25–30 лет, затем снижался. В очень густых культурах текущий прирост

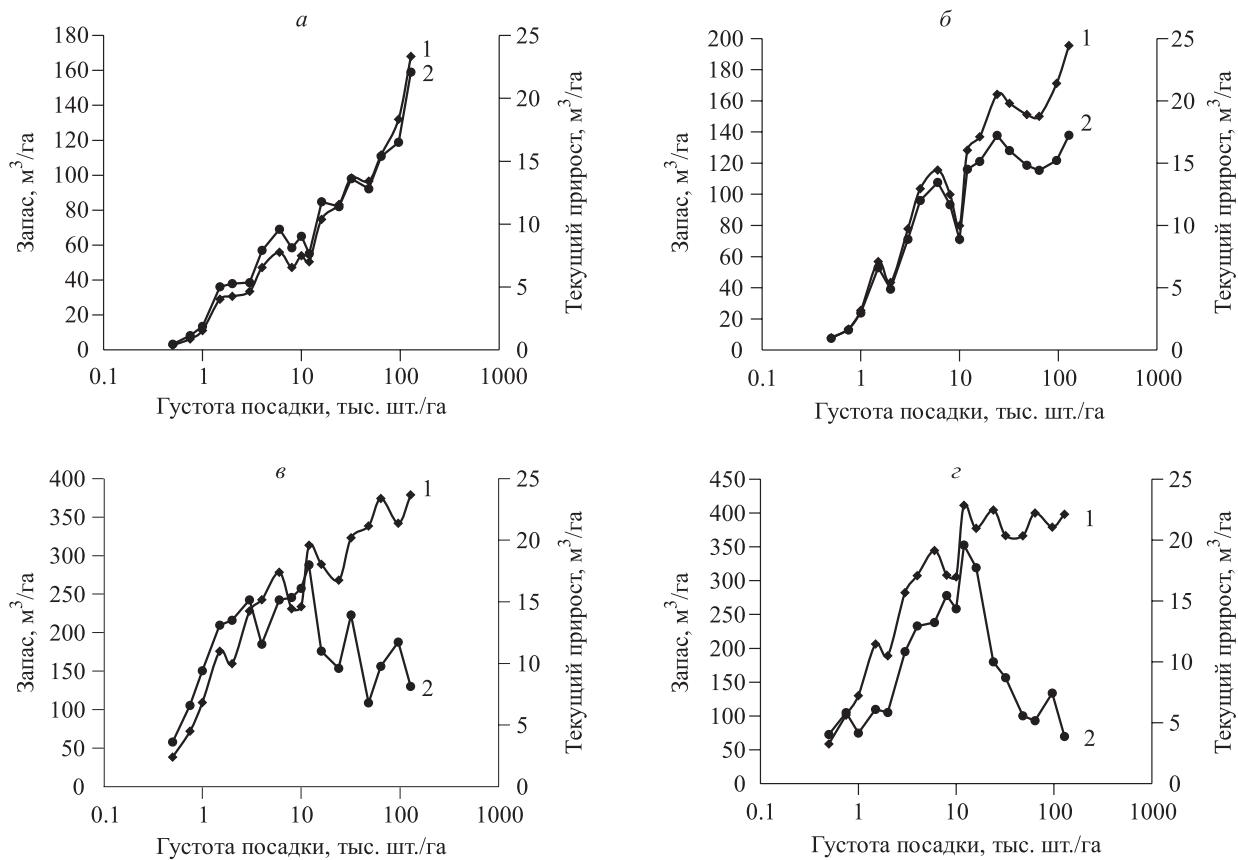
достигал максимума в 20 лет (15–20 м<sup>3</sup>/га), после чего происходило резкое падение (5–10 м<sup>3</sup>/га). Средний прирост интенсивно увеличивался до 25 лет, затем снижался и к 35 годам варьировал в интервале 10–12 м<sup>3</sup>/га.

Сравнение динамики показателей продуктивности с начальной густотой посадки наглядно свидетельствует об эффективности лесовыращивания лиственничных культур в условиях разной плотности насаждений (рис. 6). В раннем возрасте густота посадки оказала пропорциональное влияние как на запас стволов, так и на текущий прирост насаждений. Чем больше было высажено растений на единице площади, тем выше оказались значения этих показателей.

В 20 лет эта пропорциональность в интенсивности продуцирования древесины нарушилась. В 30 лет наступило прекращение влияния плотности на запас в очень густых вариантах посадки (64–128 тыс. шт./га). В 35 лет стабильность запасов наступила уже начиная с варианта посадки 12 тыс. шт./га, а в обобщенном интервале начальной плотности 12–128 тыс. шт./га запас древостоев к концу наблюдений изменился незначительно и колебался в пределах



**Рис. 5.** Зависимость запаса стволов лиственничных ценозов от их текущей густоты в возрасте, лет: 1 – 12; 2 – 17; 3 – 20; 4 – 25; 5 – 30; 6 – 35.



**Рис. 6.** Изменение запаса (1) и текущего прироста (2) в зависимости от густоты посадки в ценозах лиственницы с возрастом, лет: *а* – 17; *б* – 20; *в* – 30; *г* – 35.

370–400 м<sup>3</sup>/га. В 30–35 лет пик текущего прироста приходился на вариант с густотой посадки 12 тыс. шт./га, что соответствовало фактической густоте 4.7 и 4.4 тыс. шт./га. Зависимость от густоты имела вид колоколообразной кривой, когда текущий прирост с увеличением густоты сначала увеличивался до определенного предела, а затем резко снижался.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ многолетних результатов изучения экспериментальных культур лиственницы сибирской убедительно показал, что густота, морфоструктура и продуктивность древесных ценозов регулируются в соответствии с объемом и запасом жизненно необходимых ресурсов среды через изменение численности и размеров особей и зависят от начальной густоты. Густота ценоза (культур) изначально задает индивидуальную историю взаимодействия деревьев, формирования структуры и роста ценозов. Чем гуще была посадка, тем раньше наступали смыкание крон деревьев и образование полога, дифференция их

в росте и естественное изреживание. При чрезмерной начальной плотности формирование ценозов сопровождалось замедлением роста всех деревьев, накоплением тонкомера и депрессией всего насаждения, выражавшейся в задержке роста и развития, в то время как культуры с меньшей начальной густотой испытывали слабую напряженность роста, обусловленную слабой конкуренцией, и деревья здесь достигали максимальных размеров к 35 годам.

Из 18 вариантов посадки к концу периода наблюдений оптимальным по продуктивности оказался вариант с густотой 12 тыс. шт./га. Именно на такую густоту посадки приходились пик текущего прироста и стабилизация запаса. Этот вариант имел сохранность культур 70 %, в результате чего начальная густота снизилась до 8 тыс. шт./га. К 35 годам суммарный отпад составил 70 %, а фактическая густота – 4.4 тыс. шт./га.

Учитывая небольшой возраст насаждений, можно утверждать, что процесс смещения максимальных таксационных и продуктивностных показателей к более редким вариантам культур будет продолжаться до конца периода формиро-

вания молодняков и оптимальная густота окажется более низкой. Можно предполагать, что потенциально наиболее оптимальной окажется густота посадки примерно 8 тыс. шт./га. Сейчас исследуемые культуры находятся в завершающейся стадии жердняка, которой свойственны интенсивная дифференциация деревьев по росту и развитию и элиминация ослабленных деревьев. Установленный факт, что очень густые культуры постепенно утрачивают преимущество по показателям продуктивности, дает основание признать нецелесообразным создание очень плотных и загущенных посадок лиственницы.

Рекомендуемая «Руководством...» (1997) первоначальная густота посадки хвойных культур для южно-таежных районов Восточной Сибири не менее 4 тыс. экз./га зачастую оказывается нерентабельной. Из-за неудовлетворительного состояния и гибели впоследствии почти половина посадок к моменту перевода в лесопокрытую площадь списывается. К примеру, в Большемуртинском лесхозе Красноярского края лесные культуры неудовлетворительного состояния и погибшие составляют при сплошной посадке 37–40 %, при посадке под пологом леса – 49–85 % от общей площади культур. В фазе приживания основными причинами неудовлетворительного состояния и гибели культур являются некачественный посадочный материал, низкое качество посадки, вымокание и выжимание сеянцев. В фазе индивидуального роста и развития больше всего культур погибает из-за недостаточности агротехнических уходов, из-за зарастания культур лиственными породами и от пожаров. Низкая эффективность искусственного лесовосстановления является следствием больших объемов посадок лесных культур, а также недостаточности технических средств и апробированных технологий производства лесных культур (Региональные проблемы..., 2007). Слабость гомеостатических механизмов в лесных культурах требует постоянного проведения агротехнических и лесоводственных уходов. На практике уход за культурами, как правило, завершается сразу после перевода их в покрытые лесом площади, а часто и сразу после посадки (Павлов, Барабанова, 2006). Сложность лесокультурных работ состоит в том, что нужно учитывать не только назначение лесных культур, но и необходимость их биологической устойчивости. При соблюдении этого принципа лесоразведения искусственные насаждения будут наиболее полно отвечать своему назначению.

Исходя из нашего опыта и документальной отчетности лесничеств по лесовосстановительным работам, можно предлагаемую в «Руководстве...» (1997) густоту посадки по хозяйственно-экономическим соображениям увеличить на величину ожидаемого отпада (не менее 40 %) и рекомендовать создание культур лиственницы с густотой посадки 6–8 тыс. сеянцев на 1 га в сходных региональных условиях таежной зоны. При таком количестве сохранившихся растений нет необходимости дополнять культуры. В сравнении с редкой плотностью посадки такие культуры имеют преимущество, так как в них осуществляется естественная саморегуляция древостоя, повышается биологическая устойчивость. Такие культуры по росту и развитию приближаются к естественным лесным насаждениям, и их формирование происходит по законам развития естественных лесов. Для ускоренного роста и развития деревьев, если позволяет излишек густоты, возможны рубки ухода.

Автор выражает признательность научным сотрудникам Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН Д. С. Собачкину и Р. С. Собачкину за участие в сборе полевых материалов в 2015 г.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бузыкин А. И., Пшеничникова Л. С., Суховольский В. Г. Густота и продуктивность древесных ценозов. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 2002. 152 с.
- Бузыкин А. И., Пшеничникова Л. С. Изреживание и продуктивность разногустотных молодняков лиственницы сибирской // ИВУЗ. Лесн. журн. 2011. № 3. С. 33–38.
- Георгиевский Н. П. Некоторые соображения о выращивании лесных культур // Лесн. хоз-во. 1957а. № 6. С. 40–43.
- Георгиевский Н. П. Рубки ухода за лесом. М.: Гослесбумиздат, 1957б. 141 с.
- Итоги экспериментальных работ в лесной опытной даче ТСХА за 1862–1962 годы. М.: Московск. с.-х. акад. им. К. А. Тимирязева, 1964. 519 с.
- Кретов Е. С. Эколо-географические ареалы сосновы в культуре с оптимальной начальной густотой посадки на европейской части СССР // Лесная геоботаника и биология древесных растений. Брянск: Брянск. технол. ин-т, 1975. Вып. 3. С. 86–97.
- Мартынов А. Н. Густота культур хвойных пород и ее значение. М.: ЦБНТИ Гослесхоза СССР, 1974. 60 с.

- Моисеев В. С.* Таксация молодняков. Л.: ЛЛТА, 1971. 343 с.
- Морозов Г. Ф.* Учение о лесе. М.; Л.: Госиздат, 1949. 456 с.
- Павлов И. Н., Барабанова О. А.* О формировании устойчивых лесных культур // Лесн. хоз-во. 2006. № 3. С. 31–33.
- Пиленчикова Л. С.* Влияние густоты экспериментальных посадок на радиальный прирост лиственницы сибирской // Актуальные проблемы лесного комплекса. Сб. науч. тр. по итогам междунар. науч.-техн. конф. Брянск: БГИТА, 2011. Вып. 28. С. 61–65.
- Пиленчикова Л. С.* Влияние густоты посадки культур на формирование плотности насаждений в экспериментальных посадках лиственницы // Актуальные проблемы лесного комплекса. Сб. науч. тр. Брянск: БГИТУ, 2016. Вып. 46. С. 88–91.
- Пиленчикова Л. С., Собачкин Д. С., Собачкин Р. С.* Лесоводственная оценка 35-летних культур сосны и лиственницы разной густоты в южной тайге Средней Сибири // Единый Всерос. науч. вестн. 2016. № 8. С. 3–6.
- Региональные проблемы экосистемного лесоводства / Под ред. А. А. Онучина. Красноярск: Ин-т леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, 2007. 330 с.
- Руководство по проведению лесовосстановительных работ в лесах Восточной Сибири. М.: Федеральная служба лесн. хоз-ва России, 1997. 95 с.
- Рябоконь А. П.* Воспроизведение спелых сосновых древостоев. Харьков: Новое слово, 2009. 172 с.
- Тимофеев В. П.* Опыт выращивания лиственницы при различной густоте посадки // Изв. ТСХА. 1959. Вып. 2. С. 123–128.
- Тимофеев В. П.* Экспериментальное изучение естественного изреживания и продуктивности древостоев в зависимости от густоты посадки и ярусности лесных насаждений // Мат-лы по изучению лесов Сибири и Дальнего Востока. Красноярск, 1963. С. 101–130.
- Тимофеев В. П.* Основы лесовыращивания лиственницы // Опыт выращивания лесных культур лиственницы в РСФСР. М.: Лесн. пром-сть, 1976. С. 6–60.
- Тимофеев В. П.* Лесные культуры лиственницы. М.: Лесн. пром-сть, 1977. 216 с.
- Усольцев В. А.* Расчленение эдафической и ценотической составляющих продуктивности древостоев по данным густотного эксперимента // Леса Урала и хозяйство в них. Екатеринбург, 1994. С. 77–85.
- Усольцев В. А., Маленко А. А.* Лесные культуры разной начальной густоты. Сообщение 2. Анализ опытных посадок сосны обыкновенной // Эко-потенциал. 2014. № 3(7). С. 34–47.

## GROWTH AND PRODUCTIVITY OF LARCH CROPS OF DIFFERENT DENSITY IN SOUTHERN TAIGA OF CENTRAL SIBERIA

L. S. Pshenichnikova

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

---

E-mail: taiga@ksc.krasn.ru

This paper analyzes a 35-year experiment of growing Siberian larch *Larix sibirica* Ledeb. crops, planted at 18 variants of density in the southern taiga subzone of the Krasnoyarsk Krai. We discuss the results of regular observations of the tree growth and productivity in relationship with age carried out since the larch crops were planted. The differentiation of the trees started sooner and grew more intensive and self-thinning increased with increasing initial planting density, and the number of trees per unit area decreased with age. Mean tree diameter decreased with increasing planting density, whereas the influence of the density on tree diameter shifted toward initially sparser crops. The tree height showed a weak correlation with planting density. Over the period of observation, the standing volume has increased slowly for the lowest planting densities, slowed down in dense crops and decreased in the initially densest crops. The current tree increment culminated sooner with increasing planting density. The number of trees per unit area yielding the highest standing volume decreased with age. At the ages of 25, 30, and 35, maximum standing volume ( $400 \text{ m}^3/\text{ha}$ ) was observed for current crop densities of 10 000 trees/ha, 7000 trees/ha, and 5000–6000 trees/ha, respectively. The crops, which were initially very dense, fell behind other crops in productivity with age. Therefore, very dense tree planting is unreasonable. The density, at which we would recommend to plant larch in southern taiga is 6000–8000 seedlings per hectare.

**Keywords:** *Larix sibirica* Ledeb., planting density, age dynamics, forest inventory parameters, southern taiga, Krasnoyarsk Krai.

**How to cite:** Pshenichnikova L. S. Growth and productivity of larch crops of different density in southern taiga of Central Siberia // *Sibirskij Lesnoj Zurnal* (Sib. J. For. Sci.). 2018. N. 1: 26–36 (in Russian with English abstract).