

УДК 630\*25:630\*228.12

## ОСОБЕННОСТИ РОСТА И ПРОДУКТИВНОСТИ СОСНОВЫХ МОЛОДНЯКОВ, СФОРМИРОВАННЫХ ИЗ ДЕРЕВЬЕВ РАЗЛИЧНОГО ЦЕНОТИЧЕСКОГО СТАТУСА

Р. С. Собачкин, Д. С. Собачкин, А. Е. Петренко

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

E-mail: romans@ksc.krasn.ru, dens@ksc.krasn.ru, alcorsci@bk.ru

Поступила в редакцию 19.10.2021 г.

Представлены результаты формирования в Красноярской лесостепи насаждений из перегушенных 15-летних сосновых молодняков (первоначальная густота деревьев 35.6 тыс. шт./га) посредством проведения целевой рубки, направленной на снижение их густоты и сохранение в трех ценозах только деревьев определенного ценотического положения (господствующие, согосподствующие и угнетенные), с целью получения информации о возможном выравнивании таксационных показателей в процессе их роста. Установлено, что господствующие деревья сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) после проведения рубки имели густоту 4.3 тыс. шт./га, характеризовались наилучшими показателями роста (средняя высота и средний диаметр) и сохранили эту тенденцию на протяжении всего периода наблюдений. Через 7 лет их средний диаметр увеличился с  $4.8 \pm 0.1$  до  $9.4 \pm 0.2$  см, средняя высота – с  $4.8 \pm 0.1$  до  $8.1 \pm 0.1$  м, стволовой запас древесины – с 28.31 до 141.63 м<sup>3</sup>/га, относительная полнота – с 0.51 до 1.27. Густота согосподствующих деревьев после рубки снизилась до 6.6 тыс. шт./га, средний диаметр увеличился с  $2.3 \pm 0.1$  до  $6.1 \pm 0.1$  см, средняя высота увеличилась с  $3.4 \pm 0.1$  до  $5.7 \pm 0.1$  м, стволовой запас – с 7.92 до 60.06 м<sup>3</sup>/га, относительная полнота насаждения – в 3.7 раза (1.00). Угнетенные деревья после проведения рубки проходили долгий (1–2-летний) период адаптации, имели диспропорциональный рост в высоту и сниженный по диаметру (относительная высота 244). Густота их после рубки уменьшилась до 6.3 тыс. шт./га, средний диаметр через 7 лет после рубки увеличился с  $0.9 \pm 0.1$  до  $4.2 \pm 0.1$  см, средняя высота – с  $2.3 \pm 0.1$  до  $3.8 \pm 0.1$  м, запас древесины – с 1.09 до 17.23 м<sup>3</sup>/га, относительная полнота – с 0.07 до 0.69.

**Ключевые слова:** сосна обыкновенная, молодняки, рубки прореживания, густота, господствующие деревья, прирост древесины.

DOI: 10.15372/SJFS20220304

### ВВЕДЕНИЕ

В процессе роста и развития дерева находятся в разнообразных взаимодействиях друг с другом и окружающей средой. Факторы, влияющие на формирование древостоев, делятся на биотические (преимущественно конкуренция) и абиотические (климатические, эдафические и др.). Конкурентные взаимоотношения наиболее остро проявляются в перегушенных древесных ценозах в борьбе за ресурсы среды (свет, почвенное питание) и направлены на отмирание лишних, отстающих в росте и развитии древесных растений. Конкурентными взаимоотношениями между деревьями обусловлена диффе-

ренциация (расчленение деревьев в древостое по росту и развитию) деревьев в насаждении. Этот процесс может проявляться с первых лет жизни древесных растений и различаться по продолжительности.

В практике лесокультурного дела и лесного хозяйства проводится отбор посадочного материала при посадке или рубках ухода в молодняках (Наставление..., 1994) с оставлением деревьев с лучшими биометрическими показателями, так как уже в раннем возрасте у древесных особей проявляется потенциал к скорости роста и развития, и эта тенденция сохранится в будущем. По данному принципу все древесные особи с худшими показателями роста подлежат

отбраковке при посадке или удалению из насаждения при рубках ухода, хотя, возможно, эти особи могли бы догнать со временем «лучшие» при создании благоприятных условий. В литературе недостаточно информации о росте насаждений, сформированных только из деревьев определенного ценотического положения, в том числе ценозов из угнетенных деревьев, их потенциальной продуктивности, успешном росте и способности сформировать жизнеспособное насаждение или их полной (или частичной) гибели в течение периода адаптации (Amateis et al., 1997; Нуутиäinen et al., 2005; Zhao et al., 2010).

Целью исследования является получение информации о возможном нивелировании в процессе роста таксационных показателей сосновых молодняков, сформированных только из деревьев определенного ценотического положения (господствующие, согосподствующие и угнетенные) целевой рубкой в возрасте 15 лет на специально смоделированном эксперименте.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проведены в сосновых молодняках экспериментального хозяйства «Погорельский бор», территориально входящих в Красноярскую островную лесостепь (56°22' с. ш., 92°57' в. д.). Абсолютные высоты колеблются в пределах 250–300 м. Климат резко континентальный, средняя годовая температура воздуха 0.5 °С. Продолжительность вегетационного периода 150 дней. Среднегодовое количество осадков 400 мм (Агроклиматический справочник..., 1961).

Экспериментальный объект представляет собой пройденные рубками сосновые молодняки естественного происхождения, сформированные на землях, вышедших из сельскохозяйственного использования. Рубка в молодняках проводилась в начале вегетационного сезона по принципу сохранения на пробных площадях (пп) деревьев определенного ценотического положения (рис. 1, а–в) и снижения первоначальной густоты ценозов до пропорционального размера площади почвенного питания размерам деревьев, не допуская условий свободного роста: пп 1 – деревья лидеры (господствующие), пп 2 – деревья средних размеров (согосподствующие) и пп 3 – деревья, значительно отставшие в росте (угнетенные). Деревья на каждой пп рубили ручным способом по принципу равно-

мерного размещения оставшихся, с аккуратным удалением срубленных и последующим их измельчением мульчерным агрегатом. Размер пп варьировал в пределах 0.036–0.038 га.

До проведения рубки исходный сосновый молодняк имел следующие таксационные характеристики: формула состава насаждения 10С, средний возраст – 15 лет, средний диаметр –  $2.6 \pm 0.1$  см, средняя высота –  $4.2 \pm 0.1$  м, густота – 35.6 тыс. шт./га, относительная полнота – 1.4. На каждой пп проводился сплошной пересчет всех деревьев по диаметрам на высоте



**Рис. 1.** Молодняки сосны *Pinus* L. после проведения рубки.

Деревья: а – господствующие; б – согосподствующие; в – угнетенные.

1.3 м от поверхности почвы, с замером высот и диаметров у модельных деревьев (не менее 25 шт. на каждую пп). Средний диаметр определялся как средневзвешанная величина через сумму площадей поперечных сечений всех деревьев на пп, средняя высота – по кривым высот через средний диаметр насаждения. Стволовой запас деревьев вычислялся по таблицам объемов для молодняков сосны (Моисеев, 1971). Полученные экспериментальные данные обрабатывались в пакете анализа Microsoft Excel 2013.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Сосновый молодняк до проведения рубки имел высокую начальную плотность деревьев (35.6 тыс. шт./га). Деревья испытывали депрессию в росте и развитии из-за острой конкуренции. При таких условиях роста у них наблюдалась диспропорция в приросте по высоте и диаметру (относительная высота Н/Д = 163). Относительная высота характеризует степень сопряженного роста в высоту и по диаметру, отношение высоты древостоя к его диаметру на высоте груди (Эйтинген, 1918; Высоцкий 1962). Данный показатель фиксирует особенности роста в высоту и по диаметру как результат реакции деревьев на ценоотические условия роста. На увеличенную плотность ценоза деревья реагируют повышенной относительной высотой, максимальные значения относительных высот соответствуют тонким и высоким деревьям, минимальные – крупным и низким.

Высокая относительная высота свидетельствует о функционировании ценоотического механизма регуляции роста и численности деревьев, чем больше плотность ценоза, тем раньше и с большей интенсивностью происходит умень-

шение количества деревьев в процессе естественного изреживания. При высокой плотности конкуренция такова, что у значительного числа деревьев наблюдается диспропорция роста в высоту и по диаметру, вследствие чего происходит отпад этих особей.

В результате проведения рубок в сосновых молодняках на трех пп плотность деревьев была значительно снижена и сформированы сосновые ценозы из деревьев определенного ценоотического положения, равномерно размещенных по площади. Конкуренция между деревьями снизилась, площадь почвенного питания и светового режима улучшились, что создало оптимальные условия для дальнейшего роста и формирования сосновых ценозов.

Насаждение на пп 1 было представлено самыми крупными особями, деревьями-лидерами (господствующими). После проведения рубок плотность их уменьшилась в 8.2 раза и составила 4.3 тыс. шт./га. Средний диаметр деревьев увеличился за счет удаления особей из низших ступеней (на 84.6 % по сравнению с дорубочным показателем ( $2.6 \pm 0.1$  см) и составил  $4.8 \pm 0.1$  см) (рис. 2), средняя высота деревьев возросла незначительно – с  $4.2 \pm 0.1$  до  $4.8 \pm 0.1$  м (рис. 2). Относительная полнота древесного яруса уменьшилась в 2.7 раза и установлена 0.51. Н/Д уменьшилась со 163 (до рубки) до 100.

Через 4 года после проведения рубки плотность господствующих деревьев не изменилась, средний диаметр увеличился на 64.6 % и составил  $7.9 \pm 0.1$  см, средняя высота достигла  $6.5 \pm 0.1$  м. Относительная полнота соснового ценоза возросла в 2.1 раза, что составило 1.06. Н/Д насаждения снизилась до 83, что свидетельствует о снижении роста в высоту по отношению к диаметру.

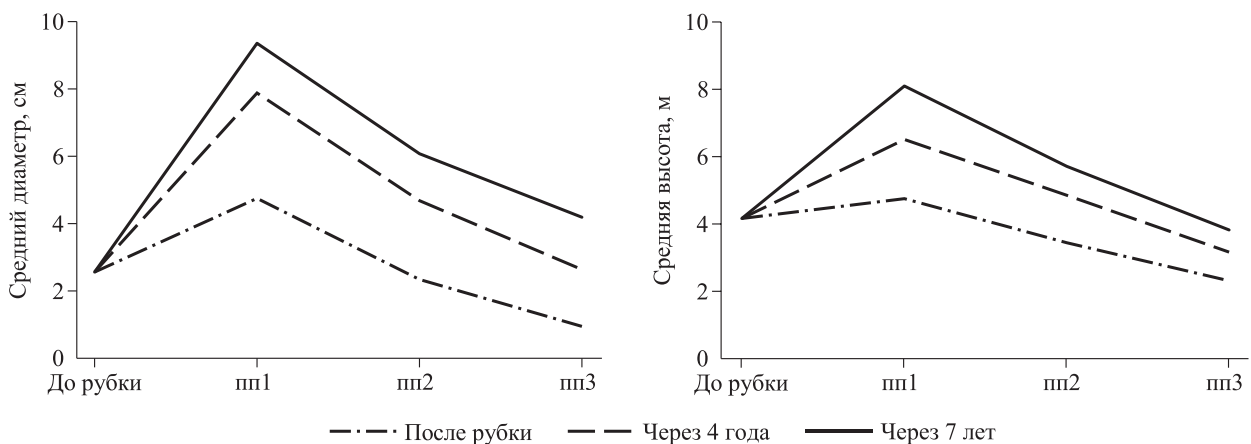


Рис. 2. Таксационные показатели в молодняках сосны до рубки и после нее.

Через 7 лет после рубки средний диаметр господствующих деревьев на пп 1 увеличился в 1.9 раза и составил  $9.4 \pm 0.2$  см, средняя высота – в 1.7 раза ( $8.1 \pm 0.1$  м). Полнота насаждения составила 1.27. Относительная высота соснового ценоза за последние 3 года существенно не изменилась (87), что, вероятно, связано с относительным «стабилизированием» пропорциональности роста деревьев по высоте и диаметру.

Рубкой на пп 2 сформировано насаждение из средних по размеру (согосподствующих) деревьев. После ее проведения густота согосподствующих деревьев уменьшилась в 5.4 раза и составила 6.6 тыс. шт./га. Средний диаметр согосподствующих деревьев ( $2.3 \pm 0.1$  см) в ценозе близок к среднему диаметру насаждения до рубки ( $2.6 \pm 0.1$  см) из-за удаления из древостоя крупных (господствующих) и мелких (угнетенных) деревьев сосны. Средняя высота уменьшилась до  $3.4 \pm 0.1$  м, относительная полнота составила 0.27. Средняя Н/Д согосподствующих деревьев возросла до 147, что показывает сохранение увеличенного роста в высоту деревьев по отношению к их диаметрам.

Густота согосподствующих деревьев через 4 года после проведения рубки уменьшилась с 6.6 до 6.1 тыс. шт./га. Это объясняется асимметричным и неравномерным строением крон некоторых согосподствующих деревьев вследствие изначальной чрезмерной загущенности насаждения, что в результате привело к их гибели в зимний период с обильными снегопадами и формированием снеговых «шапок» на кронах деревьев. Их средний диаметр увеличился более чем в 2.0 раза – до  $4.7 \pm 0.1$  см, средняя высота – на 1.5 м и составила  $4.9 \pm 0.1$  м, полнота соснового молодняка – в 2.5 раза и составила 0.67. Средняя относительная высота уменьшилась со 147 до 104, что демонстрирует увеличение роста согосподствующих деревьев по диаметру.

В последующие 3 года густота согосподствующих деревьев существенно не изменилась (6.1 тыс. шт./га), кроме отпада нескольких деревьев на пп. Средний диаметр деревьев на пп 2 через 7 лет после рубки увеличился в 2.7 раза и составил  $6.1 \pm 0.1$  см, средняя высота деревьев возросла в 1.7 раза ( $5.7 \pm 0.1$  м). Полнота ценоза достигла 1.00. Средняя относительная высота насаждения продолжала уменьшаться (94), что показывает продолжающееся увеличение роста деревьев по диаметру.

Насаждение из угнетенных деревьев сосны было сформировано на пп 3. Густота деревьев

после проведения рубки уменьшилась в 5.7 раза и составила 6.3 тыс. шт./га, средний диаметр деревьев – с  $2.6 \pm 0.1$  см (до рубки) до  $0.9 \pm 0.1$  см за счет полного удаления из ценоза крупных, средних по размеру деревьев, а также части тонкомерных деревьев для значительного снижения густоты молодняка, средняя высота древостоя – в 1.8 раза ( $2.3 \pm 0.1$  м). Необходимо отметить, что оставшиеся после рубки угнетенные деревья, изначально произрастая длительное время практически под «пологом» господствующих и согосподствующих деревьев, имели плохо сформированную, асимметричную, состоящую, как правило, из 3–5 ветвей крону. Ассимиляционный аппарат развит по теневому типу. Совокупность этих факторов оказала влияние на процесс долгой адаптации (1–2 года) угнетенных деревьев к новым условиям, главным образом повышенной освещенности. Угнетенные деревья характеризовались диспропорциональным ростом в высоту, который многократно превышал прирост по диаметру (средняя Н/Д = 244), по этой причине у некоторых деревьев появился сильный наклон ствола к поверхности почвы после рубки. Полнота угнетенных деревьев составила 0.07.

Через 4 года после рубки густота угнетенных деревьев уменьшилась до 5.9 тыс. шт./га. Часть их не адаптировалась к новым условиям и перешла в отпад. Средний диаметр увеличился в 2.8 раза и достиг изначального (дорубочного) показателя ( $2.6 \pm 0.1$  см), средняя высота – на 0.9 м по сравнению с предыдущим показателем и составила  $3.2 \pm 0.1$  м, полнота – в 5.0 раза (0.35). Показатель Н/Д уменьшился в 2.0 раза и составил 120, что свидетельствует об изменении стратегии роста угнетенных деревьев после рубки: его увеличение по диаметру по отношению к высоте.

Через 7 лет после рубки на пп 3 густота угнетенных деревьев не изменилась (5.9 тыс. шт./га). Средний их диаметр увеличился до  $4.2 \pm 0.1$  см (в 4.6 раза). За весь период наблюдений средняя высота деревьев не достигла первоначального (дорубочного) показателя ( $4.2 \pm 0.1$  м) и составила  $3.8 \pm 0.1$  м. Полнота установлена 0.69, что превысило предыдущее значение в 2.0 раза. Средняя Н/Д насаждения продолжала снижаться и составила 91. Это сопоставимо со значениями господствующих и согосподствующих деревьев за указанный период, т. е. пропорциональность роста по высоте и диаметру угнетенных деревьев приблизилась к «нормальному» типу несмотря на значительное отставание по высоте и диаметру в абсолютном выражении.

Стволовой запас древесины господствующих деревьев сосны через 7 лет после рубки увеличился с 28.31 до 141.63 м<sup>3</sup>/га, что является наилучшим показателем в абсолютном значении. Согосподствующие деревья увеличили запас древесины в 7.6 раза (60.06 м<sup>3</sup>/га), у угнетенных деревьев за аналогичный период наблюдений он вырос с 1.09 до 17.23 м<sup>3</sup>/га (в 15.8 раза).

Наибольший средний прирост стволовой древесины за 4-летний период отмечен у господствующих деревьев – 10.6 м<sup>3</sup>/(га · год), наименьший – у угнетенных деревьев – 2.0 м<sup>3</sup>/(га · год). У согосподствующих деревьев он составил 7.9 м<sup>3</sup>/(га · год). Низкий прирост стволовой древесины у угнетенных деревьев объясняется их долгой адаптацией в первые 1–2 года после проведенной рубки, а также общей низкой продуктивностью.

За последующий 3-летний период наблюдений прирост стволовой древесины у господствующих деревьев увеличился на 122.9 % и составил 23.6 м<sup>3</sup>/(га · год), у угнетенных – соответственно на 36.6 % и 2.7 м<sup>3</sup>/(га · год). У согосподствующих деревьев отмечено его снижение на 11.1 % (7.0 м<sup>3</sup>/(га · год)), что, вероятно, связано с отсутствием в ценозе ярко выраженных доминантных и отстающих в росте деревьев и началом проявления конкурентных взаимоотношений вследствие более высокой густоты деревьев среди рассматриваемых молодняков.

Наибольший отпад за начальный 4-летний период отмечен у согосподствующих деревьев – 0.11 м<sup>3</sup>/(га · год), наименьший – у угнетенных – 0.03 м<sup>3</sup>/(га · год). За последующий 3-летний период он установлен только у согосподствующих деревьев – 0.03 м<sup>3</sup>/(га · год). За все время наблюдений отпад деревьев на пп 1 отсутствовал.

Таким образом, господствующие деревья имели наибольший средний прирост за весь период наблюдений (7 лет), с максимальным значением за последние 3 года. Угнетенные деревья, изначально характеризующиеся депрессивным ростом под «пологом молодняка», в последние 3 года адаптировались к изменившимся условиям, что показывает увеличение среднего прироста. Возможно предположить, что темп их прироста в дальнейшем будет приближаться к господствующим и согосподствующим деревьям, что обеспечивается низкой конкуренцией и доступностью почвенного питания. Снижение прироста согосподствующих деревьев за последний 3-летний период свидетельствует о начале проявления конкуренции между деревьями, это косвенно подтверждает наличие отпада.

В таких условиях деревьям, имеющим близкие биометрические параметры и занимающим одинаковое ценотическое положение, трудно перегнать в росте «соседние» особи, что в итоге приводит к стрессовому состоянию всего ценоза и растянутому по времени процессу дифференциации деревьев.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На экспериментальном объекте исследований прослежен процесс адаптации 15-летних сосновых молодняков после проведения целевой рубки, направленной на снижение густоты и формирование ценозов из деревьев определенного ценотического положения (господствующие, согосподствующие и угнетенные).

Установлено, что после проведения рубок господствующие деревья имели самые высокие средние таксационные показатели за 7-летний период наблюдений, темп роста по диаметру за последние 3 года снизился по сравнению с ростом в высоту. Наибольший средний прирост древесины господствующих деревьев установлен за последний 3-летний период.

Согосподствующие деревья сосны характеризовались стабильным ростом в высоту и по диаметру, с незначительным снижением этих показателей за последний 3-летний период. Густота деревьев через 4 года после рубки снизилась в результате отпада деревьев на 6.4 %, за последующие 3 года уменьшилась еще на 0.5 % вследствие более раннего проявления конкуренции. Это предположение также подтверждается снижением среднего прироста согосподствующих деревьев за последние 3 года.

Угнетенные деревья, изначально произрастающие в стрессовых условиях на грани отмирания, вызванных высокой густотой и острой конкуренцией, в первые 2 года после рубки смогли адаптироваться к новым условиям. Их рост по диаметру увеличился, изменилась стратегия роста деревьев (относительная высота уменьшилась в 2.7 раза, приблизившись к показателям других исследуемых ценозов). За 4-летний период после рубки густота деревьев уменьшилась на 5.8 % и в дальнейшем не изменялась. Средний прирост древесины за последние 3 года показал положительную тенденцию, в сравнение с предыдущим показателем за первые 4 года. Все это свидетельствует об увеличении роста угнетенных деревьев после снижения их густоты. Необходимо отметить, что предположение о возможности нивелирования таксационных по-

казателей в процессе роста угнетенных деревьев и формирования жизнеспособного, устойчивого насаждения требует проведение дополнительных исследований, не исключая вероятности проявления генетического фактора.

*Исследование выполнено в рамках проекта «Развитие научно-образовательного Центра мониторинга климатически активных веществ (Углерод в экосистемах: мониторинг) в рамках Федеральной научно-технической программы в области экологического развития Российской Федерации и климатических изменений на 2021–2030 годы».*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

*Агроклиматический справочник по Красноярскому краю и Тувинской АО. Л.: Гидрометеоздат, 1961. 268 с.*

- Высоцкий К. К.* Закономерности строения смешанных древостоев. М.: Лесн. пром-ть, 1962. 177 с.
- Наставление по рубкам ухода в лесах Восточной Сибири.* Приказ Федеральной службы лесного хозяйства России от 30.03.1994 № 70. М.: Фед. служба лесн. хоз-ва России, 1994.
- Моисеев В. С.* Таксация молодняков. Л.: ЛЛТА, 1971. 344 с.
- Эйтинген Г. Р.* Влияние густоты древостоя (посадки) на рост насаждения // Лесн. хоз-во. 1918. Вып. 6–8. С. 1–38.
- Amateis R. L., Burkhardt H. E., Liu J.* Modeling survival in juvenile and mature loblolly pine plantations // For. Ecol. Manag. 1997. V. 90. Iss. 1. P. 51–58.
- Hyytiäinen K., Tahvonen O., Valsta L.* Optimum juvenile density, harvesting, and stand structure in even-aged scots pine stands // For. Sci. 2005. V. 51. N. 2. P. 120–133.
- Zhao D., Kane M., Borders B. E.* Development and applications of the relative spacing model for loblolly pine plantations // For. Ecol. Manag. 2010. V. 259. Iss. 10. P. 1922–1929.

## THE SPECIFICS OF GROWTH AND PRODUCTIVITY OF YOUNG PINE STANDS, FORMED OF THE TREES OF THE DIFFERENT CENOTIC POSITION

**R. S. Sobachkin, D. S. Sobachkin, A. E. Petrenko**

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

E-mail: romans@ksc.krasn.ru, dens@ksc.krasn.ru, alcorsci@bk.ru

The results of the formation of overstocked 15-year pine stands (with initial density of trees 35.6 thousand per ha) in the Krasnoyarsk forest-steppe the thinning aimed at reducing their density with keeping only the trees of a certain cenotic position (dominant, co-dominant and suppressed) in order to obtain information about the possible equalization of their forest inventory indicators in the process of their growth are presented. It was found that after thinning the dominant trees stand had density of 4.3 thousand per ha, had the best growth characteristics (mean height and mean diameter) and upheld that tendency through the whole observation period. After 7 years mean diameter of dominant trees increased from  $4.8 \pm 0.1$  to  $9.4 \pm 0.2$  cm, mean height increased from  $4.8 \pm 0.1$  to  $8.1 \pm 0.1$  m. Stem timber volume increased 5.0 times to the value of  $141.63 \text{ m}^3$  per ha, relative density – from 0.51 to 1.27. Stand density for co-dominant trees decreased to 6.6 thousand per ha after the thinning. The mean diameter of co-dominant trees increased 2.6 times and amounted  $6.1 \pm 0.1$  cm, the mean height increased from  $3.4 \pm 0.1$  to  $5.7 \pm 0.1$  m. Stem timber volume increased from 7.92 to  $60.06 \text{ m}^3/\text{ha}$ , relative density increased 3.7 times (1.00). After the thinning the suppressed trees underwent a long (1–2 years) adaptation period, had disproportional growth in height and decreased growth in diameter (relative height 244). Stand density for suppressed trees pine *Pinus sylvestris* L. decreased to 6.3 thousand per ha after the thinning. The mean diameter of the suppressed trees after 7 years after the thinning changed from  $0.9 \pm 0.1$  to  $4.2 \pm 0.1$  cm, the mean height – from  $2.3 \pm 0.1$  to  $3.8 \pm 0.1$  m. Timber volume increased from 1.09 to  $17.23 \text{ m}^3$  per ha, relative density increased from 0.07 to 0.69.

**Keywords:** Scots pine, young stands, thinning, density, dominant trees, wood increment

**How to cite:** Sobachkin R. S., Sobachkin D. S., Petrenko A. E. The specifics of growth and productivity of young pine stands, formed of the trees of the different cenotic position // *Sibirskij Lesnoj Zhurnal* (Sib. J. For. Sci.). 2022. N. 3. P. 34–39 (in Russian with English abstract).