

УДК 630*181.351

**ЗНАЧЕНИЕ СОМКНУТОСТИ КРОН ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПОДРОСТА
В КУЛЬТУРАХ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ НА ОТВАЛАХ КЕДРОВСКОГО УГОЛЬНОГО РАЗРЕЗА**
В. И. Уфимцев, Е. И. Самаркина, М. А. Огиенко

**IMPACT OF CROWN DENSITY ON SUBGROWTH FORMATION
IN PINE FORESTRY CULTURES ON KEDROVSKY COAL MINE DUMPS**

V. I. Ufimtsev, E. I. Samarkina, M. A. Ogienko

Статья посвящена особенностям самовозобновления сосны обыкновенной в искусственно созданных насаждениях на породных отвалах угольного разреза «Кедровский». Установлена высокая встречаемость подроста в различных градациях сомкнутости крон древостоев II класса возраста. Определено, что наиболее благоприятные условия для подроста складываются при 30 %-й сомкнутости, а оптимальное сочетание экологических взаимосвязей между древостоем и подростом достигается при 50 %-й сомкнутости крон. Выявлено, что заселение сосной прилегающих свободных участков происходит спорадически и не является на данном возрастном этапе процессом лесообразования.

The paper is devoted to the features of self-renewal of the pine forestry in the artificial plantings on Kedrovsky coal minedumps. A high frequency of subgrowth formation in various gradations of crown density of forest stands of the II group of age is established. Optimum conditions for subgrowth develop at 30 % crown density, the optimum combination of ecological interrelations between forest stand and subgrowth is reached at 50 % crown density. Pines' invasion into adjacent free sites happens sporadically and is no process of forest formation at this age stage.

Ключевые слова: отвалы вскрышных пород, сосна обыкновенная, самовозобновление, подрост, сомкнутость крон.

Keywords: overburden dumps, pine forestry, self-renewal, subgrowth, crown density.

Самовоспроизводство лесных экосистем является одним из важнейших качеств, обуславливающих их функционирование. Формирование древесных насаждений, созданных на отвалах вскрышных пород, происходит под влиянием эдафических условий, нехарактерных для естественных ландшафтов. Их устойчивость, дальнейшее развитие во многом определяются их репродуктивными возможностями и благоприятными условиями для формирования подроста – молодого поколения деревьев, выросшего или под пологом леса, или на свободном от леса месте, способного стать главным ярусом древостоя [11].

Основной древесной породой, наиболее приспособленной к произрастанию на отвалах вскрышных пород, является сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.). Несмотря на большое количество работ, посвященных изучению особенностей роста и продуктивности сосны обыкновенной на отвалах, или ее естественного поселения с окружающих лесных массивов [3; 5, с. 241 – 248; 6, с. 67 – 71; 7, с. 104], особенности самовозобновления уже созданных на отвалах насаждений практически нигде не освещаются. Поэтому самовозобновление сосны является одним из наименее изученных вопросов биологии лесных культур на отвалах угольной промышленности.

Действие экологических факторов, определяющее формирование подроста, многогранно и взаимосвязано. Если природные условия – климатические особенности и литологические свойства отвалов – более или менее константны в пределах одного объекта, то агротехнологические особенности насаждений, например, густота древостоя, могут сильно различаться. Густота древостоя в значительной степени определяет сомкнутость крон – долю площади поверхности участка, занятая проекциями крон всех деревьев. Транс-

формируя действие природных факторов, сомкнутость крон может создавать значительную вариабельность условий увлажнения и освещения.

Цель данной работы – оценить особенности формирования подроста в различных условиях сомкнутости крон лесных культур сосны обыкновенной, произрастающих на отвалах угольной промышленности.

Объекты и методика

Объекты исследования – 25-летние одновидовые культуры сосны обыкновенной, произрастающие на отвалах вскрышных пород Кедровского угольного разреза. Отвалы железнодорожные, спланированные, без нанесения почвоулучшителей. Литологический состав участков представлен сероцветными песчаниками, с незначительным присутствием конгломератов и частиц угля. Горные породы в верхней части профиля выветрелые, рыхлые, ниже 35 см – монолитные, с наличием пустот между отдельностями, частично заполненных мелкоземом. Общее количество мелкозема (частиц < 1 мм) в субстрате составляет 16 – 24 %. В составе мелкозема содержится 25 – 29 % физической глины (< 0,01 мм). Реакция почвенного раствора нейтральная, рН 6,8 – 7. Сумма поглощенных оснований составляет 9,0 – 24,2 мг-экв/100 г. Обеспеченность основными элементами питания очень низкая: подвижный фосфор – 2,2 г/кг, обменный калий – 0,95 г/кг. Содержание общего азота составляет 0,18 %.

Пробные площади в количестве 5 шт. были заложены в 4-х градациях сомкнутости крон – 90, 70, 50 и 30 %, и одна – на безлесном участке отвала на 25-метровом удалении от края насаждения. Размер пробных площадей выбран в соответствии с принятым для проведения геоботанических описаний в лесных фитоценозах – 20×20 м.

На каждой пробной площади производилась таксация древостоя путем сплошного перечета всех деревьев [2, с. 287]. Определялись основные лесоводственные характеристики: густота древостоя, общее жизненное состояние (ОЖС) по шкале В. А. Алексеева [1, с. 51 – 57], средняя высота (м), средний диаметр (см). Учет подроста проводился путем закладки учетных площадок, которые размещались по ходовым линиям, расположенным перпендикулярно рядам посадок через каждые 5 м [8]. На каждой пробной площади оработано по 50 учетных площадок размеров

1×1 м. Определялось количество подроста, его средняя высота в пределах каждой учетной площадки, возраст. По жизненному состоянию на основании ряда морфологических признаков (окраска, длина хвои, форма кроны, ее протяжение, компактность, целостность коры и др.) подрост подразделялся на 3 категории: I – жизнеспособный, II – сомнительный, III – нежизнеспособный [9, с. 24 – 25].

Оценка успешности возобновления проведена по шкале В. Г. Нестерова [10, с. 101] (таблица 1).

Таблица 1

Шкала возобновления лесных доминантов

| Баллы | Оценка возобновления | Число всходов и подроста (тыс. шт./га) в возрасте, лет | | |
|-------|----------------------|--|--------|---------|
| | | 1 – 5 | 6 – 10 | 11 – 15 |
| 1 | Плохое | < 3 | < 1 | < 0,5 |
| 2 | Слабое | 3 – 5 | 1 – 3 | 0,5 – 1 |
| 3 | Удовлетворительное | 5 – 10 | 3 – 5 | 1 – 3 |
| 4 | Хорошее | 10 | 5 | 3 |

Степень равномерности размещения подроста определена по коэффициенту встречаемости (кв) – соотношению количества учетных площадок с подростом к общему количеству площадок: при $кв \geq 0,8$ возобновление принято считать равномерным, при $кв < 0,8$ – неравномерным.

Изучение подроста лесных культур невозможно производить без учета других характеристик почвенного покрова. Поэтому на каждой пробной площади в пятикратной повторности проводился отбор надземной фитомассы травянистого яруса по стандартной методике [4, с. 29]. Фитомасса сортировалась на фракции «травостой» и «подрост», высушивалась до воздушно-сухого состояния и взвешивалась.

Результаты

Все изученные насаждения относятся к здоровым, имеют высшую категорию общего жизненного со-

стояния (таблица 2). Наблюдается прямая зависимость ($R = 0,99$) между увеличением количества деревьев (шт./га) и сомкнутостью крон. Насаждения становятся высокополнотными при достижении густоты до 1 тыс. шт./га. Снижения среднего диаметра деревьев не происходит, а наоборот, наблюдается их некоторое увеличение на статистически значимую величину. Существенное снижение представительной ступени толщины выявлено при дальнейшем увеличении густоты (А-4), при этом сомкнутость крон возрастает до своих естественных пределов. Средняя высота древостоев, наоборот, статистически однородна в сомкнутых древостоях (А-1, А-2 и А-3) и существенно ниже в низкополнотных (А-4).

Таблица 2

Общая характеристика древостоев

| Шифр пробной площади | Сомкнутость крон, % | Густота, шт./га | ОЖС | Диаметр ($X \pm x$), см | Высота ($X \pm x$), м |
|----------------------|---------------------|-----------------|-----|---------------------------|-------------------------|
| А-1 | 90 | 2345 | I | $11,1 \pm 0,61$ | $9,1 \pm 0,23$ |
| А-2 | 70 | 938 | I | $15,6 \pm 0,41$ | $9,7 \pm 0,15$ |
| А-3 | 50 | 675 | I | $14,2 \pm 0,48$ | $9,5 \pm 0,14$ |
| А-4 | 30 | 328 | I | $13,4 \pm 0,72$ | $8,0 \pm 0,28$ |
| А-0 | 0 | 0 | - | - | - |

Таблица 3

Равномерность размещения подроста сосны обыкновенной и его количество (шт./м²)

| Шифр пробной площади | Кв | $X_{max} - X_{min}$ | $X \pm x$ | V, % |
|----------------------|------|---------------------|----------------|-------|
| А-1 | 0,85 | 10 – 0 | $2,7 \pm 0,31$ | 78,6 |
| А-2 | 0,8 | 21 – 0 | $3,5 \pm 0,61$ | 120,4 |
| А-3 | 1 | 28 – 2 | $9,7 \pm 0,87$ | 57,7 |
| А-4 | 0,9 | 8 – 0 | $2,5 \pm 0,26$ | 72,8 |
| А-0 | 0,2 | 3 – 0 | $0,3 \pm 0,09$ | 225,8 |

Подрост сосны обыкновенной присутствует во всех изучаемых вариантах, как на разносомкнутых участках, так вблизи них не необлесенной территории. Возраст подроста однородный – 6 – 7 лет (II возрастная категория), поэтому градуировка по различиям возраста не проводилась.

Среднее количество подроста при любой сомкнутости крон в несколько раз превышает норму, установленную шкалой Нестерова для успешного возобновления в 5 тыс. шт./га (4 балла) для данного возраста и варьирует в пределах 25,0 – 97,6 тыс. шт./га (табл. 3.). Коэффициенты встречаемости (кв) подроста на всех пробных площадях высокие – 0,8 – 1 – это свидетельствует о равномерном размещении подроста под покровом сосновых насаждений при любой сомкнутости.

На свободном от деревьев участке (А-0) возобновление слабое (3 тыс. шт./га – 2 балла), встречаемость подроста низкая, кв = 0,2. Максимальное количество подроста отмечается при сомкнутости крон 50 % (А-3) – здесь оно в 2,7 – 3,3 раза выше, чем на всех остальных площадях. Далее по количеству подроста следуют пробные площади А-1 и А-2, (27,5 – 35,6 тыс. шт./га соответственно), которые существенных различий между собой не имеют. Минимальное количество подроста выражено в крайних градациях сомкнутости крон (А-1 и А-4), при этом на А-4 имеются существенные различия с характеристикой А-2 и А-3, а на А-2 – только с А-3.

Средняя высота подроста по пробным площадям характеризуются высокой вариабельностью (таблица 4). Диапазон между максимальными и минимальными значениями варьирует в 5 – 10 раз. Наиболее выражен этот диапазон на А-4 и А-0, где высота подроста максимальная и достигает 80 – 100 см. Максимальная средняя высота подроста отмечается на А-4 и в контроле (45,8 и 38,1 см соответственно), которые между собой существенных различий не имеют. Высота подроста между А-2 и А-3 различий не имеет, на обеих площадях подрост в 3,3 – 3,9 раза ниже, чем на А-4. На А-1 подрост имеет среднюю высоту 6,6 см, которая существенно ниже, чем на всех остальных площадях.

Таблица 4

Характеристики средней высоты подроста (см)

| Шифр пробной площади | $X_{max} - X_{min}$ | $X \pm x$ | V, % |
|----------------------|---------------------|-------------|------|
| А-1 | 25 – 5 | 6,6 ± 0,62 | 59,8 |
| А-2 | 18 – 3 | 11,6 ± 0,71 | 38,3 |
| А-3 | 30 – 5 | 13,6 ± 0,78 | 37,9 |
| А-4 | 100 – 10 | 45,8 ± 2,91 | 42,7 |
| А-0 | 80 – 15 | 38,1 ± 6,46 | 53,6 |

По жизненному состоянию наиболее успешное развитие подроста отмечается на А-4, где преобладает категория жизнеспособного подроста (74,4 %), а нежизнеспособный подрост отсутствует (рис. 1). На прилегающем участке (контроль) доля подроста I категории также велика (54 %), но доля сомнительного подроста почти такая же. Площади с сомкнутостью

крон 50 % и более характеризуются существенно малым количеством жизнеспособного подроста, преобладанием сомнительного подроста (72,5 – 97,6 %), а на А-1 и А-2 наряду с преобладанием сомнительного подроста присутствует нежизнеспособный подрост (19,1 и 27,5 % соответственно).

Общая надземная фитомасса травянистого яруса возрастает по мере снижения сомкнутости крон (рис. 2). Темп увеличения фитомассы подроста и травостоя в насаждениях одинаковый, коэффициент корреляции (R) составляет 0,998. Резкое увеличение массы обеих фракций наблюдается при переходе сомкнутости крон от 50 % до 30 % – в 6,4 и 5,3 раза соответственно. Доля массы подроста по отношению к травостоя также постоянно возрастает по мере снижения сомкнутости, соотношение травостой: подрост изменяется от 0,13 на А-1 и до 0,53 на А-4, однако во всех случаях масса подроста существенно ниже, чем травостоя. Фитомасса подроста достигает максимальных значений при 30 %-й сомкнутости крон (А-4) – 112,6 ± 45,2 г/м², что выше, чем на А-1, А-2 и А-3 соответственно в 61,3, 32,3, и 6,4 раза. На А-1 и А-2 статистически значимых различий фитомасса не имеет.

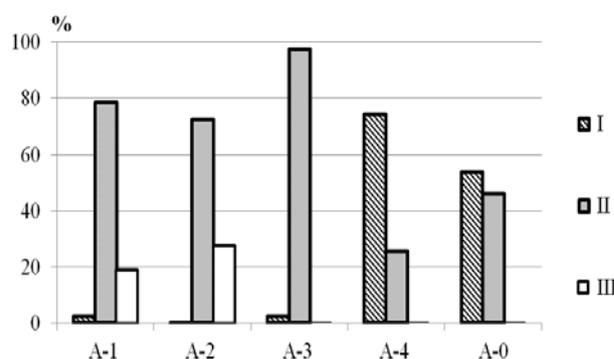


Рис. 1. Распределение подроста по категориям жизненного состояния: I – жизнеспособный, II – сомнительный, III – нежизнеспособный

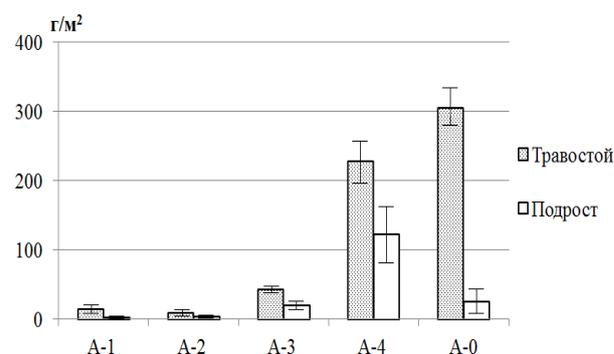


Рис. 2. Надземная фитомасса травостоя и подроста

На свободном от древостоя участке (А-0) доля массы травостоя выше, чем под покровом древостоев, а доля массы подроста незначительна, статистически не различается с таковой на А-1, А-2 и А-3.

Изменение общего проективного покрытия (ОПП) травостоя и подроста происходит более равномерно, чем фитомассы (рис. 3). Темп возрастания ОПП травостоя по мере снижения сомкнутости крон значительно опережает таковой у подроста. Соотношение ОПП подрост : травостой максимальное на А-1 (0,16), минимальное – на А-3 (0,10), т. е. по мере снижения сомкнутости крон увеличение доли ОПП подроста к ОПП травостоя, в отличие от доли фитомассы, не происходит. Максимального значения ОПП подроста достигается на А-4 – $9,6 \pm 5,3$ %, которое выше чем на А-1, А-2 и А-3 соответственно в 12,0, 9,6 и 2,5 раза. На А-1 и А-2 достоверных различий ОПП травостоя и подроста нет. На А-0 доля ОПП травостоя достигает $89,0 \pm 5,1$ %, доля ОПП подроста не существенна.

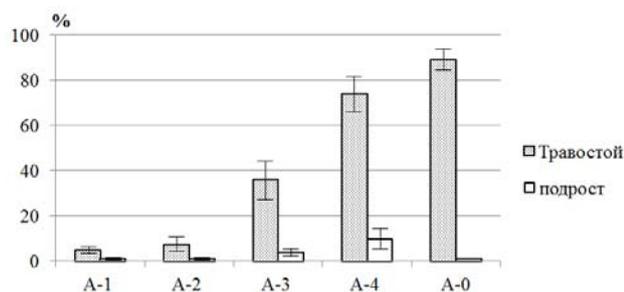


Рис. 3. Общее проективное покрытие травостоя и подроста

Обсуждение

Таким образом, самовозобновление сосновых насаждений на отвалах протекает в соответствии с естественным ходом автогенной сукцессии, при которой подрост выступает неотъемлемым условием устойчивости лесных фитоценозов. Размещение подроста под покровом древостоев равномерное, в количестве, свидетельствующем о нормальном самовозобновлении.

Существенное влияние на формирование подроста оказывает сомкнутость крон, варьирующая в широких пределах в зависимости от густоты и морфометрических показателей древостоев. При максимальной сомкнутости крон, обусловленной завышенной густотой насаждений (более 2 тыс. деревьев на 1 га), создаются наименее благоприятные условия для формирования подроста, о чем свидетельствует их угнетенное состояние, большая доля нежизнеспособного подроста, значительное отставание в росте. При снижении густоты древостоя до 1 тыс. шт./га и менее сомкнутость крон остается высокой (около 70 %), очевидно, вследствие увеличения габитуса деревьев и заполнения ими свободного жизненного пространства. В этом случае самовозобновление протекает под действием тех же неблагоприятных факторов, которые проявляются при завышенной густоте, и характеристики состояния подроста остаются неизменными.

Существенное улучшение экологических условий для развития подроста происходит в среднеполнотных насаждениях с сомкнутостью крон 50 %. Это выражается, в первую очередь, в резком увеличении количества подроста (в 2 – 3 раза), отсутствии погибших и усыхающих экземпляров, существенном увеличении фитомассы и общего проективного покрытия.

Влияние древостоя при данной сомкнутости крон еще существенное, подрост испытывает регулятивное влияние древостоя, но уже представляет собой «буфер» устойчивости насаждения. В случае сохранности древостоев подрост, вероятно, так и останется компонентом нижнего яруса, но при механическом выпадении части взрослых деревьев освободившееся пространство будет быстро занято молодыми растениями. Таким образом, ценотическая структура «древостой – подрост – травостой» при 50 %-й сомкнутости оказывается в равновесном состоянии.

Наиболее благоприятные условия для развития подроста складываются в насаждениях с 30 %-й сомкнутостью крон, о чем свидетельствует преобладание жизнеспособного подроста, его быстрый рост в высоту, значительно большие фитомасса и ОПП по сравнению с другими группами. Регулятивное действие древостоя сильно ослабевает, но существенно возрастает фитомасса и ОПП травянистых видов, в результате чего происходит снижение общего количества подроста до уровня высокополнотных насаждений. Но высокая продуктивность подроста позволяет предположить, что при данной сомкнутости он в большом количестве способен успешно освоить свободное от взрослых деревьев пространство и, по достижении II класса возраста (через 15 – 20 лет), естественным образом сформировать совместно с материнскими деревьями сомкнутые высокополнотные насаждения, самовозобновление которых будет происходить под влиянием соответствующих высокой сомкнутости экологических факторов.

На безлесных участках отвалов, расположенных вблизи насаждений, возобновление сосны обыкновенной характеризуется низкой встречаемостью и наличием большой доли (до половины) угнетенного подроста, что свидетельствует о спорадическом характере заселения сосной прилегающих к насаждениям территорий отвалов и его существенном подавлении травостоем с высокими показателями фитомассы и ОПП.

Выводы

1. Самовозобновление лесных культур сосны обыкновенной на отвалах вскрышных пород Кедровского угольного разреза протекает успешно.
2. Высокая густота древостоя (1 тыс. деревьев на 1 га и более) и сомкнутость крон (≥ 70 %) препятствуют нормальному ходу процесса лесовозобновления.
3. Наиболее благоприятные условия для формирования подроста складываются в низкополнотных насаждениях с сомкнутостью крон 30 %.
4. Оптимальное сочетание условий самовозобновления и устойчивости лесных насаждений II класса возраста как целостных ценотических структур достигается при 50 %-й сомкнутости крон и густоте насаждений 0,5 – 0,8 тыс. деревьев на 1 га.
5. Поселение сосны обыкновенной на свободных участках отвалов носит спорадический характер и не может на данном временном этапе рассматриваться как лесообразовательный процесс.

Литература

1. Алексеев, В. А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев / В. А. Алексеев // Лесоведение. – 1989. – № 4.
2. Анучин, Н. П. Лесная таксация / Н. П. Анучин. – М.: Лесная промышленность, 1977. – 512 с.
3. Баранник, Л. П. Биоэкологические принципы лесной рекультивации / Л. П. Баранник. – Новосибирск: Наука, 1988. – 89 с.
4. Гришина, Л. А. Учет биомассы и химический анализ растений: учебное пособие / Л. А. Гришина, Е. М. Самойлова. – М.: Изд-во Московского университета, 1971. – 99 с.
5. Лукьянец, А. И. Закономерности естественного облесения промышленных отвалов Свердловской области / А. И. Лукьянец // Проблемы рекультивации земель в СССР. – Новосибирск: Наука, 1974.
6. Климова, О. А. Освоение отвалов высшими растениями / О. А. Климова, Т. О. Стрельникова // Вестник АлтГАУ, 2013. – № 7.
7. Куприянов, А. Н. Восстановление экосистем на отвалах горнодобывающей промышленности Кузбасса / А. Н. Куприянов, Ю. А. Манаков, Л. П. Баранник. – Новосибирск: Гео, 2010. – 124 с.
8. Побединский, А. В. Изучение лесовосстановительных процессов / А. В. Побединский. – М., 1966. – 59 с.
9. Парамонов, Е. Г. Разделение подроста сосны по жизнеспособности / Е. Г. Парамонов // Лесное хозяйство. – 1972. – № 5.
10. Шиманюк, А. П. Естественное возобновление на концентрированных вырубках / А. П. Шиманюк. – М.: Изд-во АН СССР, 1955. – 356 с.
11. Энциклопедия лесного хозяйства. – Т. 2. – М.: ВНИИЛМ, 2006. – 416 с.

Информация об авторах:

Уфимцев Владимир Иванович – кандидат биологических наук, научный сотрудник Института экологии человека СО РАН, 8-905-965-05-67, uwu2079@gmail.com.

Vladimir I. Ufimtsev – Candidate of Biology, Researcher at the Institute of Human Ecology of the Siberian Branch of the RAS.

Самаркина Евгения Ивановна – магистрант 2 курса биологического факультета КемГУ, 8-908-958-05-31, evgeniya.samarkina@yandex.ru.

Evgenia I. Samarkina – Master's Degree student at the Biological Faculty, Kemerovo State University.

Огиенко Марина Александровна – магистрант 2 курса биологического факультета КемГУ, 8-904-571-19-87, marinaogienko.1@gmail.com.

Marina A. Ogienko – Master's Degree student at the Biological Faculty, Kemerovo State University.

Статья поступила в редколлегию 10.01.2014 г.