

УДК 631.8

## ВЛИЯНИЕ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ВНЕСЕНИЯ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ НА КАЧЕСТВО ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В КУЛЬТУРАХ

Соколов А.И., Пеккоев А.Н., Харитонов В.А.

ФГБУН «Институт леса» Карельского научного центра Российской академии наук, Петрозаводск, e-mail: alexander.sokolov@krc.karelia.ru, pek-aleksei@list.ru, haritonov@krc.karelia.ru

Исследовано влияние периодического внесения (через 4–6 лет) азотного и полного удобрений на рост и качество древесины 53-летних культур сосны обыкновенной на паловых вырубках с песчаными почвами. С лесоводственной точки зрения для восстановления деградированных в результате палов сосновых местообитаний более эффективно использование полного удобрения. Спустя три десятилетия после окончания его внесения рост сосны по диаметру на 25, а по высоте на 20% превосходил контроль. Объем среднего дерева при подкормках азотным удобрением не имел существенных различий с контролем, а при применении полного был выше его в 1,8 раза. Последствие при внесении одного азотного удобрения прослеживалось на протяжении 5, а полного – 6 лет. Количество слоев в 1 см древесины составляло 8–10 шт., процент поздних зон – 28–29%, а плотность – 432–446 кг/м<sup>3</sup>. При использовании полного удобрения в период его внесения отмечено достоверное снижение плотности древесины на 6,5%. В дальнейшем данный показатель приблизился к уровню контрольных значений. В целом качество сформированной древесины не уступало древесине сосняков естественного происхождения таежной зоны России.

**Ключевые слова:** лесные пожары, культуры сосны, минеральные удобрения, радиальный прирост, поздняя древесина, базисная плотность

## EFFECT OF REGULARLY REPEATED APPLICATIONS OF NITROUS FERTILIZERS ON TIMBER QUALITY IN SCOTS PINE CROPS

Sokolov A.I., Pekkoev A.N., Kharitonov V.A.

Forest Research Institute of the Karelian Research Centre of the RAS, Petrozavodsk, e-mail: alexander.sokolov@krc.karelia.ru, pek-aleksei@list.ru, haritonov@krc.karelia.ru

The effect of repeated applications (every 4–6 years) of nitrous and complete fertilizers on the growth and timber quality of 53-year-old pine crops in burnt clearcuts with sandy soils was investigated. From a silvicultural point of view, application of a complete fertilizer is more effective for restoration of pine habitats affected by burning. Three decades after the last treatment, pine growth in the plots exceeded that of the control by 25% in terms of diameter and by 20% in terms of height. Average tree volume in treatments with nitrous fertilizer showed no significant difference from the control, whereas in treatments with complete fertilizer it increased 1.8-fold. The after-effect of treatment with nitrous fertilizer alone was observed for 5 years, and for 6 years in the case of complete fertilizer. The number of layers per 1 cm of timber was 8–10, the percentage of latewood was 28–29%, and the density was 432–446 kg/m<sup>3</sup>. During the period of application of complete fertilizer timber density reliably decreased by 6.5%. Later on, this parameter nearly recovered to the control values. Generally speaking, the final timber quality matched that of natural pine stands of the Russian boreal zone.

**Keywords:** forest fires, pine crops, mineral fertilizers, radial increment, latewood, wood density

В связи с участвовавшими в последние десятилетия на территории России лесными пожарами весьма актуальной является проблема восстановления нарушенных после воздействия огня лесных экосистем. Особенно сильно от неоднократных или интенсивных пожаров страдают сосняки, произрастающие на песчаных почвах, из-за сгорания лесной подстилки, резкого ухудшения гидрологического режима и значительного снижения почвенного плодородия вследствие прогорания лесной подстилки [15, 24]. Одним из возможных путей решения проблемы является применение минеральных удобрений. Благодаря дополнительному питанию, улучшается рост растений, повышается сохранность лесных культур, значительно сокращаются сроки восстановления коренного типа леса [26]. Однако есть сведения, что в сосновых дре-

востях удобрения не всегда положительно влияют на качественные показатели формируемой древесины. Это вызвано изменением анатомического строения трахеид сосны [11, 22] и уменьшением процента поздних зон [1, 5, 10], что непосредственно сказывается на плотности древесины и ее физико-механических свойствах [17, 19, 27]. Степень влияния дополнительного минерального питания на качество древесины сосны зависит от возраста насаждений, условий местопроизрастания, длительности использования, видов и доз применяемых удобрений. Влияние удобрений на качество древесины сосны в культурфитоценозах в условиях таежной зоны изучали Г.А. Чибисов, С.А. Москалева [25], В.И. Мелехов, Н.А. Бабич, С.А. Корчагов [16], А.М. Антонов [1], С.А. Корчагов, В.И. Мелехов [12], А.Н. Пеккоев [18] и др. В большинстве

публикаций приводятся данные о влиянии удобрений на радиальный рост сосны и качество древесины в период их внесения и ближайшие годы после окончания подкормок [5, 22, 23, 26 и др.]. В то же время работы по изучению длительного последствия удобрений на качество древесины крайне малочисленны, выполнены в разных лесорастительных условиях, поэтому не всегда сопоставимы.

**Цель данной работы** – исследовать последствия длительного периодического применения азотных удобрений на формирование годичного кольца и качество древесины в посевах сосны на деградированных в результате пожара песчаных почвах.

#### Материалы и методы исследования

Объектом исследования служили культуры сосны, созданные посевом в 1962 г. на вересково-пальной вырубке. К моменту исследования культуры достигли возраста 53 года. Почва на участке – поверхностно-подзолистая песчаная на озерно-ледниковых песчаных отложениях. Она характеризуется низкой влагообеспеченностью, крайне бедна доступными элементами питания, особенно азотом и калием, поэтому внесение удобрений здесь является необходимым мероприятием для ускорения роста сосны [15]. Подкормки сосны минеральными удобрениями проводились 4 раза (в возрасте 9, 14, 18 и 24 года). Общая продолжительность внесения удобрений составила 15 лет. Использовали мочевины (N), суперфосфат гранулированный (P) и хлористый калий (K), которые вносились вручную в весенний период. Схема опыта: контроль (без удобрений), N, NPK. Дозы удобрений: в 1970 – N и K по 60 кг/га, P – 120, в 1975, 1979, 1985 все удобрения по 120 кг/га по д.в. [26].

Исследования культур вели в соответствии с общепринятыми в лесной таксации методами [2, 16, 20]. На каждой пробной площади проводили сплошной перебор деревьев. Затем методом пропорционального представительства отбирали по 20–24 учетных дерева, у которых буравом Пресслера на высоте 1,3 м брали керны для анализа радиального прироста. Измерение ширины ранней и поздней зон годичных слоев по кернам проводили в лабораторных условиях на приборе Э. Шпалте с точностью 0,01 мм, в дальнейшем

осуществляли расчет процента поздней древесины по ГОСТ 16483.18-72 [7]. Базисную плотность определяли способом измерения выталкивающей силы по методике О.И. Полубояринова [19] в соответствии с требованиями ГОСТ 16483.6-84 [6] на тех же образцах, которые использовались для измерения радиального прироста. Плотности древесины исследовали по 10-летним периодам, что позволило проследить изменение данного показателя с возрастом. Достоверность различий оценивалась с вероятностью 95 %.

#### Результаты исследования и их обсуждение

По прошествии трех десятилетий после прекращения внесения одного азотного удобрения средний диаметр и объем среднего дерева отличались от данных показателей на контроле незначительно (табл. 1). Более эффективным оказались подкормки полным удобрением, где к 53-летнему возрасту культуры превосходили контроль по среднему диаметру и высоте соответственно на 25 и 20%, а по объему среднего дерева в 1,8 раза. При этом бонитет древостоя повысился на 0,8 класса. Различия в густоте стояния между вариантами обусловлены изреживанием посевов сосны в первые годы в результате поражения грибными болезнями и вредителями [14].

Дополнительное минеральное питание ускорило рост сосны по диаметру (рис. 1). Наибольшую отзывчивость на удобрения сосна проявила в возрасте 20–22 лет. По данным О.И. Гавриловой, И.Т. Кищенко [4], это связано с тем, что в первые два десятилетия камбий у сосны гораздо дольше и более заметно реагирует на подкормки, чем в более старшем возрасте. К моменту прекращения подкормок различия с контролем по среднему диаметру варианта с полным удобрением составили 46%, с одним азотным – 11%. В период последствия удобрений существенных различий в темпах роста по диаметру между вариантами не наблюдалось.

Таблица 1

Таксационная характеристика 53-летних культур сосны

Показатели	Контроль	N	NPK
Густота стояния, тыс. шт./га	3,16	3,42	2,66
Средний диаметр, см	8,3 ± 0,18	8,7 ± 0,11	10,4 ± 0,14
Средняя высота, м	10,5	10,5	12,6
Полнога: абсолютная, м <sup>2</sup>	19,6	22,9	25,1
относительная	0,87	1,02	1,00
Запас древостоя, м <sup>3</sup> /га	113	133	167
Объем среднего дерева, м <sup>3</sup>	0,036	0,039	0,063
Класс бонитета	IV, 4	IV, 4	III, 6

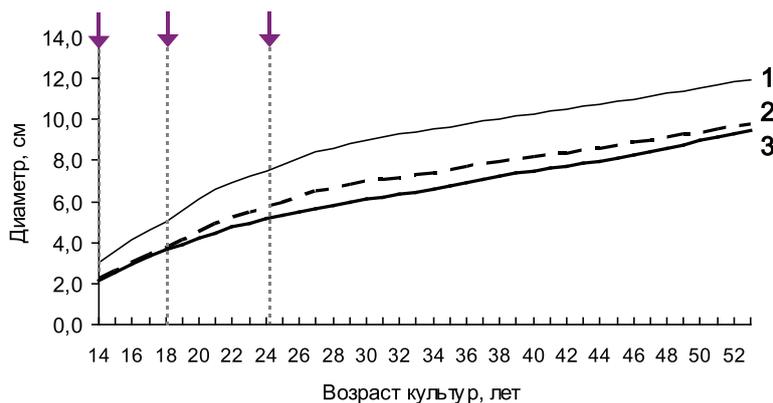


Рис. 1. Ход роста 53-летних культур сосны по диаметру:  
1 – NPK; 2 – N; 3 – контроль

К 53-летнему возрасту средняя ширина годовичного слоя в удобренных вариантах составляла  $1,0 \pm 0,09$  (N) –  $1,2 \pm 0,13$  мм (NPK), и существенно не отличалась от контроля. Однако в период подкормок при использовании полного удобрения наблюдалось увеличение средней ширины годовичного слоя на 49%, а одного азотного – только на 17% (рис. 2). Достоверное увеличение радиального прироста после внесения азотного удобрения сохранялось на протяжении 5 лет, а полного удобрения – 6 лет. За период эффективного действия удобрений, когда радиальный прирост достоверно превышал контрольные значения, средняя ширина годовичного слоя в вариантах с внесением N и NPK была выше на 23 и 54%. В последующем здесь наблюдалось уменьшение радиального прироста ниже контрольных значений на 13–14%. Большинство исследователей считают, что на песчаных почвах продолжительность действия внесенных азотных удобрений составляет 5–7 лет [4, 9], но последствие их за счет биологического круговорота веществ может проявляться значительно дольше [3].

В результате действия минеральных удобрений содержание поздней древесины уменьшилось на 9–13%, однако плотность древесины при применении азотного удобрения была близка к контрольным значениям, а при внесении полного – уменьшилась на 2,5%, но различия с контролем несущественны (табл. 2).

В период подкормок (до 24-летнего возраста) при внесении полного удобрения, вследствие формирования более широких годовичных слоев, плотность древесины сосны снизилась на 6,5% (табл. 3), но затем приблизилась к уровню контроля. Однако за весь период наблюдений плотность древесины здесь находилась в пределах величины, характерной для древостоев естественного происхождения европейской части России, где она составляет от 405 до 436 кг/м<sup>3</sup> [19]. Вариант с азотными удобрениями по этому показателю существенно не отличался от контроля. Древесина культур сосны, выращенных без применения удобрений в брусничном типе леса, регионов, граничащих с Карелией, также имела схожие значения плотности: в Архангельской области – 491 [16], в Вологодской – 445–480 кг/м<sup>3</sup> [8, 13].

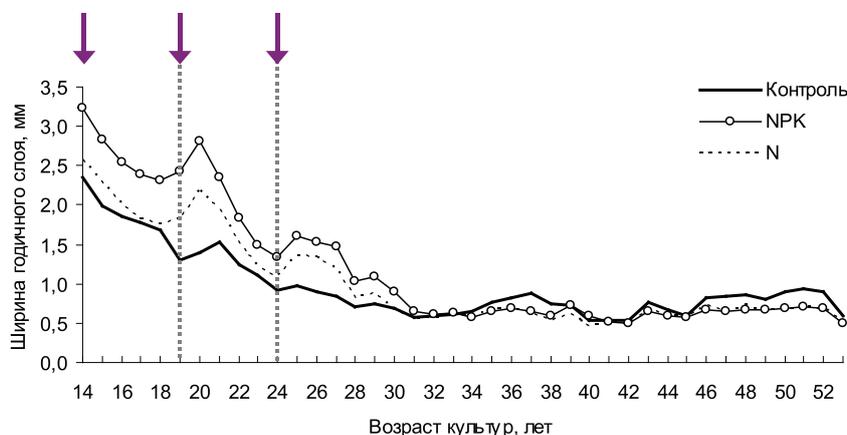


Рис. 2. Динамика ширины годовичного слоя при периодическом внесении азотных удобрений

Таблица 2

Качество древесины 53-летних культур сосны

Вариант опыта	Среднее количество слоев в 1 см древесины	Средняя ширина годовичного слоя, мм	$t^*$	Доля поздней древесины, %	$t^*$	Базисная плотность древесины, кг/м <sup>3</sup>	$t^*$
Контроль	10,0	1,0 ± 0,07	–	32 ± 0,9	–	443 ± 4	–
НПК	8,8	1,2 ± 0,13	1,54	29 ± 0,9	2,56	432 ± 4	1,94
N	10,0	1,0 ± 0,09	0,43	28 ± 0,7	4,12	446 ± 4	0,53

Примечание. \*  $t_{st} = 1,99$ .

Таблица 3

Динамика базисной плотности древесины при периодическом внесении удобрений

Вариант опыта	Базисная плотность (кг/м <sup>3</sup> ) в возрасте, лет				
	14–23	24–33	34–43	44–53	за весь период (14–53 года)
Контроль	400 ± 5	428 ± 7	451 ± 6	489 ± 6	443 ± 4
НПК	374 ± 5*	426 ± 6	449 ± 6	465 ± 6*	432 ± 4
N	392 ± 10	437 ± 5	456 ± 6	479 ± 5	446 ± 4

Примечание: \* – различия достоверны с контролем (при  $t_{st} = 2,00$ ).

### Заклучение

После сильных или неоднократных павов резко ухудшается гидротермический режим песчаных почв на гарях, происходят значительные потери органического вещества, а также азота и калия. В результате восстановление сосняков растягивается на длительный период, значительно снижается продуктивность древостоев [21]. В этих условиях применение удобрений позволяет повысить сохранность и рост культур [26], но при этом важно обеспечить получение качественной древесины.

С лесоводственной точки зрения в культурах сосны на гарях более эффективно применение полного удобрения, по сравнению с одним азотом. При 4-кратном внесении полного удобрения средний диаметр сосны увеличился на 25%, запас древостоя на 48%, а объем среднего дерева в 1,8 раза. Под влиянием удобрений отмечалось снижение доли поздней древесины (на 9–13%), однако различия с контролем по базисной плотности были незначительными. В целом она находилась в пределах соответствующих средним значениям сосняков естественного происхождения, произрастающих в Европейской части России.

С учетом хода роста культур сосны для ускорения процессов формирования сосновых молодняков на гарях можно рекомендовать внесение полного удобрения в течение первых 15–20 лет с 5-летним интервалом (3–4 приема). В дальнейшем

формирование древостоев должно вестись с помощью рубок ухода, с обеспечением в их составе участия березы.

*Работа выполнена в рамках государственного задания ИЛ КарНЦ РАН № 0220-2014-0002.*

### Список литературы

1. Антонов А.М. Изменчивость макроструктуры древесины сосны в культурах: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Архангельск: АГТУ, 2007. – 17 с.
2. Анучин Н.П. Лесная таксация. – М.: Лесная промышленность. – 1982. – 552 с.
3. Бузыкин А.И., Дашковская И.С., Пшеничникова Л.С., Суховольский В.Г. Реакция сосны на изменение азотного питания // Экологические проблемы Севера: Межвуз. сб. науч. тр. – Архангельск: АГТУ, 2003. – Вып. 6. – С. 91–97.
4. Гаврилова О.И., Кищенко И.Т. Влияние минеральных удобрений на рост культур сосны обыкновенной на песчаных почвах южной Карелии // Лесн. журн. – 2003. – № 6. – С. 7–15. (Изв. высш. учеб. заведений).
5. Гелес И.С., Шубин В.И., Коржицкая З.А. Влияние удобрений на рост и свойства древесины // Применение минеральных удобрений в лесном хозяйстве: Тез. докл. Всеобщего совещания (12–13 августа 1986 г.) – Архангельск: Правда Севера, 1986. – С. 94–95.
6. ГОСТ 16483.1-84. Древесина. Метод определения плотности. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 4 с.
7. ГОСТ 16483.18-72. Древесина. Метод определения числа годовичных слоев в 1 см и содержания поздней древесины в годовичном слое. – М.: Изд-во стандартов, 1972. – 4 с.
8. Грибов С.Е. Влияние природных и антропогенных факторов на качество древесины хвойных пород в культурах средней и южной тайги (на примере Вологодской области): автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – СПб.: ИЦ ВГМХА, 2007. – 19 с.
9. Казимиров В.Н., Горбунова Т.Н. Лесоводственная эффективность применения азотных удобрений // Структура и производительность сосновых лесов на Европейском Севере. – Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР, 1981. – С. 29–48.

10. Кищенко И.Т. Формирование годичного слоя стволовой древесины сосны в Южной Карелии в связи с удобрением // Биологические проблемы Севера: Тез. докл. VII симпозиума. – Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР, 1976. – С. 72–74.
11. Козлов В.А., Кистерная М.В., Аксененкова Я.А. Влияние лесохозяйственных мероприятий на качество древесины сосны обыкновенной: долговременные прогнозы // Лесоводственно-экологические аспекты лесохозяйственных мероприятий в условиях Карелии. – Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2005. – С. 86–100.
12. Корчагов С.А., Мелехов В.И. Влияние удобрений и комплексных уходов на формирование древесины сосны в лесных культурах // Известия ТСХА. – 2009. – Вып. 2. – С. 64–67.
13. Корчагов С.А., Грибов С.Е., Щекалев Р.В. Влияние условий местопроизрастания на качество древесины сосны в культурах // Актуальные проблемы лесного комплекса: сб. науч. тр. по итогам междунар. науч.-техн. конф. Вып. 15. – Брянск: БГИТА, 2006. – С. 93–95.
14. Крутов В.И., Волкова И.П., Кивиниemi С.Н., Тимофеев А.Ф. Влияние удобрений на сохранность культур сосны и распространение грибных болезней и энтомофагов // Повышение эффективности лесовосстановительных мероприятий на Севере: сб. науч. тр. – Петрозаводск: Карельский филиал АН, 1977. – С. 93–113.
15. Куликова В.К. Изменение агрохимических свойств почв при внесении минеральных удобрений // Повышение эффективности лесовосстановительных мероприятий на Севере: сб. науч. тр. – Петрозаводск: Карельский филиал АН, 1977. – С. 24–41.
16. Мелехов В.И., Бабич Н.А., Корчагов С.А. Качество древесины сосны в культурах. – Архангельск: Изд-во АГТУ, 2003. – 110 с.
17. Мухамедшин К.Д., Солдатченков В.И., Алексеев В.А. Влияние минеральных удобрений на распределение элементов надземной фитомассы сосны // Применение минеральных удобрений в лесном хозяйстве: Тез. докл. Всесоюзного совещания (12–13 августа 1986 г.) – Архангельск: Правда Севера, 1986. – С. 16–17.
18. Пеккоев А.Н. Ускоренное выращивание культур сосны обыкновенной в среднетаежной подзоне Карелии: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – СПб., 2010. – 20 с.
19. Полубояринов О.И. Плотность древесины. – М.: Лесная промышленность, 1976. – 160 с.
20. Поляков А.Н. Практикум по лесной таксации и лесоустройству: учебное пособие для средних специальных учебных заведений. – М.: ВНИИЦлесресурс, 1998. – 240 с.
21. Ронконен Н.И. Введение почвоулучшающих растений в культуры сосны на вырубках // Повышение эффективности лесовосстановительных мероприятий на Севере: сб. науч. тр. – Петрозаводск: Карельский филиал АН, 1977. – С. 78–87.
22. Степаненко И.И. Влияние удобрений на анатомическое строение древесины сосны в разных типах леса // Лесн. журн. – 2000. – № 4. – С. 126–134. (Изв. высш. учеб. заведений).
23. Степаненко И.И. Влияние удобрений сосняков брусничных на динамику радиального прироста сосны // Лесохоз. информ. – 2008. – № 5. – С. 3–10.
24. Фуряев В.В., Злобина Л.П. Глобальные изменения экологических функций бореальных лесов Евразии вследствие нарушения их пожарами // Сибирский экологический журнал. – 2001. – № 6. – С. 661–665.
25. Чибисов Г.А., Москалева С.А. Влияние комплексных уходов на анатомические свойства древесины сосны // Лесоводственно-экономические вопросы воспроизводства лесных ресурсов Европейского Севера: сб. науч. тр. – Архангельск: СевНИИЛХ, 2000. – С. 74–82.
26. Шубин В.И., Гелес И.С., Крутов В.И., Морозова Р.М., Соколов А.И. Повышение производительности культур сосны и ели на вырубках. – Петрозаводск: Карельский НЦ СССР, 1991. – 176 с.
27. Mäkinen H., Hynynen J. Wood density and tracheid properties of Scots pine: responses to repeated fertilization and timing of the first commercial thinning // Forestry. – 2014. – Vol. 87(3). – P. 437–447.