

УДК 630\*232.322.4:630\*174.754

*И.И. Степаненко*

Степаненко Ирина Ивановна родилась в 1962 г., окончила в 1984 г. Московский лесотехнический институт, кандидат биологических наук, доцент кафедры лесоводства и подсочки леса Московского государственного университета леса. Имеет более 30 научных работ по вопросам анатомического строения древесины, повышения продуктивности леса, лесной типологии.



### **ПОВЫШЕНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ СОСНОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ В РЕЗУЛЬТАТЕ ВНЕ- СЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ**

Приведены результаты исследования влияния однократного внесения минеральных удобрений на радиальный, текущий приросты и строение древесины сосны. Установлена зависимость продуктивности и строения древесины сосны от типов леса, видов и доз минеральных удобрений.

*Ключевые слова:* виды и дозы удобрений, прирост, структура древесины, типы леса.

В лесной науке трудно найти область знаний, которой не уделит бы внимание выдающийся лесовод, ученый-энциклопедист, академик Иван Степанович Мелехов. Лесу он посвятил 75 лет своей жизни, став в славной плеяде главных лесоводов России в один ряд с Г.Ф. Морозовым, М.Е. Ткаченко, В.Н. Сукачевым. Он знал, любил, понимал и чувствовал лес, видел происходящие в нем глобальные и детальные процессы и явления. Одним из ведущих научных направлений, которым И.С. Мелехов занимался в течение всей своей творческой жизни, было изучение продуктивности леса, способов и методов ее повышения. Итогом многолетней работы стала разработанная им система мероприятий по повышению древесной продуктивности леса, которая получила международное признание и широкое применение. Важным мероприятием в этой системе является использование минеральных удобрений [3, 4].

Многочисленные исследования, проведенные в России и других странах, показали, что внесение удобрений способствует значительному повышению продуктивности леса и вызывает изменения в строении и качестве древесины. Характер этих изменений зависит от биологических, лесоводственных особенностей удобряемых объектов, экологических факторов, технологии внесения удобрений [5, 7–18]. На кафедре лесоводства МГУЛ под руководством И.С. Мелехова проводились исследования влияния минеральных удобрений на продуктивность лесных насаждений и строение древесины с учетом этих факторов.

Опыты проводились в приспевающих и спелых сосняках южной тайги Унженской низменности в трех типах леса: сосняках брусничном, лишайниковом и долгомошном. Сосняк брусничный произрастает в свежих

условиях ( $B_2$ ); лишайниковый – в сухих ( $A_1 - B_1$ ) на дерново-средне- и слабоподзолистых песчаных почвах; долгомошный – в сырых условиях местопроизрастания, на глеевых слабодренированных песчаных почвах.

Во всех изучаемых насаждениях имелась тенденция снижения их радиального прироста. Анализы почвы, хвои и листьев показали низкую обеспеченность сосны азотом (N), фосфором (P) и калием (K) во всех типах леса.

Для улучшения минерального питания сосняков ВНИИХлесхозом в 1982 г. были заложены пробные площади и внесены удобрения в форме карбамида (46 % N), гранулированного суперфосфата (20 %  $P_2O_5$ ) и хлористого калия (54 %  $K_2O$ ). В каждом типе леса с трехкратной повторностью испытывали четыре вида (N, P, K, NPK) по три дозы (100, 150, 200 кг/га действующего вещества) удобрений.

Радиальный и текущий прирост сосны изучали на удобренных и контрольных (неудобренных) пробных площадях. Исследовали формирование прироста за 5 лет до удобрения (1977–1981 гг.) и за 6 лет после удобрения (1982–1987 гг.). Данные удобренных участков сравнивали с контрольными (неудобренными) и с данными за 5 лет до удобрения, достоверность различий проверяли по t-критерию Стьюдента. Различия оказались значимы при вероятности 0,95.

Модельные деревья подбирали с учетом темпов роста и развития деревьев по классификации Крафта из средних ступеней толщины каждого класса. В нашей работе представлены результаты по преобладающему в изучаемых древостоях II классу Крафта, который составлял 37,0 ... 37,9 %. Образцы древесины брали на высоте 1,3 м возрастным буровом «Dios» (Швеция).

Изучали влияние видов, доз минеральных удобрений на прирост сосны и некоторые показатели макроструктуры древесины, характеризующие ее качество: ширину годичного слоя, содержание в нем поздней древесины, число слоев в 1 см. Макроструктуру древесины исследовали на кернях и поперечных срезах образцов с помощью микроскопа МБР-1 и шкалы окуляр-микрометра МОВ-1-15<sup>x</sup>.

Результаты исследований различались по типам леса, видам и дозам удобрений. Наибольший положительный эффект отмечен в сосняке брусничном. В этом типе леса все удобрения (в разной степени в зависимости от вида и дозы) способствовали увеличению радиального прироста и процента поздней древесины в годичных слоях сосны.

Максимальное улучшение макроструктуры древесины наблюдалось в опытах с азотными (N) и полными (NPK) удобрениями (см. таблицу), особенно в дозах 150 и 200 кг/га д.в. За 6 лет радиальный прирост увеличился в среднем на 76,9 ... 117,9 %, содержание поздней древесины на 8,3 ... 30,7 %, число слоев в 1 см снизилось в 1,7 – 2,0 раза, до 9 ... 11 шт./см и сформировались более равномерные по сравнению с контролем годичные слои.

В опытах с калийными и фосфорными удобрениями радиальный прирост увеличивался пропорционально повышению дозы вносимых удоб-

рений. Так, калийные удобрения способствовали возрастанию радиального прироста на 45,2 ... 72,7 %, доли поздней древесины на 10,4 ... 17,9 %. Внесение К 200 вызвало значительное увеличение радиального прироста, но мало повлияло на его структуру (различие в содержании поздней древесины по сравнению с контролем оказалось несущественным). Калийные удобрения во всех дозах привели к уменьшению числа годичных слоев в 1 см в 1,5 – 1,9 раза.

Фосфорные удобрения дали повышение радиального прироста на 35,8 ... 52,4, содержания поздней древесины на 10,7 ... 17,0 % и снижение числа годичных слоев в 1 см в 1,4 – 1,5 раза.

В сосняке брусничном азотные и полные удобрения за 6 лет действия обеспечили получение дополнительно 20 ... 33 м<sup>3</sup>/га древесины сосны, калийные – 8,1 ... 21,2, фосфорные – 8,5 ... 16,9 м<sup>3</sup>/га (см. таблицу).

Для полных, фосфорных и калийных удобрений оптимальной оказалась доза 200, для азотных — 150 кг/га д. в., когда увеличение приростов радиального и дополнительного текущего сопровождалось улучшением структуры древесины – повышением процента поздней древесины в годичных слоях сосны.

В сосняке лишайниковом наиболее эффективны были азотные удобрения, в вариантах со всеми дозами увеличились радиальный прирост на 41,9 ... 59,7, содержание поздней древесины на 13,2 ... 20,8 %, снизилось число слоев в 1 см в 1,4 – 1,5 раза, до 12 шт./см. Полные удобрения не влияли на структуру годичного слоя, но его ширина увеличилась на 14,9 ... 50,9 %, число слоев в 1 см уменьшилось в 1,3 – 1,4 раза, до 12 ... 13 шт./см. Азотные и полные удобрения за 6 лет способствовали получению 5,0 ... 18,5 м<sup>3</sup>/га дополнительного текущего прироста древесины (см. таблицу).

Фосфорные и калийные удобрения в сосняке лишайниковом не влияли на радиальный прирост, только в дозе 200 кг/га д. в. вызвали изменения в строении древесины. Внесение Р 200 дало повышение в годичном слое содержания поздней древесины на 18 %, К 200 – снижение радиального прироста на 18,5, поздней древесины — на 9,8 % по сравнению с контролем и увеличение числа слоев в 1 см в 1,3 раза, до 23 шт./см.

В сосняке долгомошном удобрения в меньшей степени влияли на радиальный прирост и вызвали другой характер изменений в структуре древесины сосны по сравнению с ранее рассмотренными типами леса. Только азотные (N 150, N 200) и полные ((NPK)150) удобрения повлияли на радиальный прирост и его структуру. Их действие было различно в зависимости от вида и дозы удобрений. Если при внесении N 150 повышение радиального прироста составило 18,8 %, а структура древесины не изменилась, то при N 200 прирост увеличился на 24,5 % и содержание поздней древесины снизилось на 10,3 %. (NPK)150 отрицательно повлияло на строение древесины сосны: мало изменился радиальный прирост, но уменьшилось со-

держание поздней части годичного слоя на 17,4% (см. таблицу). Число годичных слоев в 1 см во всех вариантах опыта почти не изменилось.

Вариант опыта	Сосняк брусничный			Сосняк лишайниковый			Сосняк долгомошный		
	Процент поздней древесины	Прирост		Процент поздней древесины	Прирост		Процент поздней древесины	Прирост	
		радиальный, мм	дополнительный текущий, м <sup>3</sup> /га		радиальный, мм	дополнительный текущий, м <sup>3</sup> /га		радиальный, мм	дополнительный текущий, м <sup>3</sup> /га
Контроль	<u>33,6</u> 100,0	<u>0,553</u> 100,0	–	<u>35,6</u> 100,0	<u>0,538</u> 100,0	–	<u>40,8</u> 100,0	<u>1,349</u> 100,0	–
N 100	<u>36,4*</u> 108,3	<u>0,978*</u> 176,8	19,8*	<u>40,3*</u> 113,2	<u>0,827*</u> 141,9	10,3*	<u>39,7</u> 97,3	<u>1,442</u> 106,9	2,7
N 150	<u>42,2*</u> 125,6	<u>1,099*</u> 198,7	28,2*	<u>40,3*</u> 113,2	<u>0,931*</u> 159,7	18,5*	<u>41,7</u> 102,2	<u>1,603*</u> 118,8	10,3*
N 200	<u>40,4*</u> 120,2	<u>1,067*</u> 192,9	24,2*	<u>43,0*</u> 120,8	<u>0,875*</u> 150,1	15,7*	<u>36,6*</u> 89,7	<u>1,679*</u> 124,5	11,9*
(NPK)100	<u>43,7*</u> 130,1	<u>1,152*</u> 208,3	28,7*	<u>35,9</u> 100,8	<u>0,670</u> 114,9	5,3*	–	–	–
(NPK)150	<u>43,9*</u> 130,7	<u>1,080*</u> 195,3	24,3*	<u>32,8</u> 92,1	<u>0,786*</u> 134,8	11,9*	<u>33,7*</u> 82,6	<u>1,487</u> 110,0	4,6
(NPK)200	<u>39,1</u> 116,4	<u>1,205*</u> 217,9	32,6*	<u>39,1</u> 109,8	<u>0,881*</u> 151,1	16,4*	–	–	–
P 100	<u>37,6*</u> 111,9	<u>0,751*</u> 135,8	8,5*	<u>37,3</u> 104,8	<u>0,596</u> 102,2	2,7	–	–	–
P 150	<u>37,2*</u> 110,7	<u>0,753*</u> 136,2	8,3*	<u>37,4</u> 105,1	<u>0,555</u> 95,2	1,2	<u>37,0</u> 90,7	<u>1,291</u> 95,7	–1,4
P 200	<u>39,3*</u> 117,0	<u>0,843*</u> 152,4	16,9*	<u>42,0*</u> 118,0	<u>0,638</u> 109,4	4,6*	–	–	–
K 100	<u>38,5</u> 114,6	<u>0,803*</u> 145,2	8,1	<u>35,6</u> 100,0	<u>0,502</u> 86,1	–1,3	–	–	–
K 150	<u>39,6*</u> 117,9	<u>0,835*</u> 151,0	13,7*	<u>36,7</u> 103,1	<u>0,568</u> 97,4	0	<u>42,5</u> 104,2	<u>1,297</u> 96,1	–1,3
K 200	<u>37,1</u> 110,4	<u>0,955*</u> 172,7	21,2*	<u>32,1*</u> 90,2	<u>0,475*</u> 81,5	–3,3	–	–	–

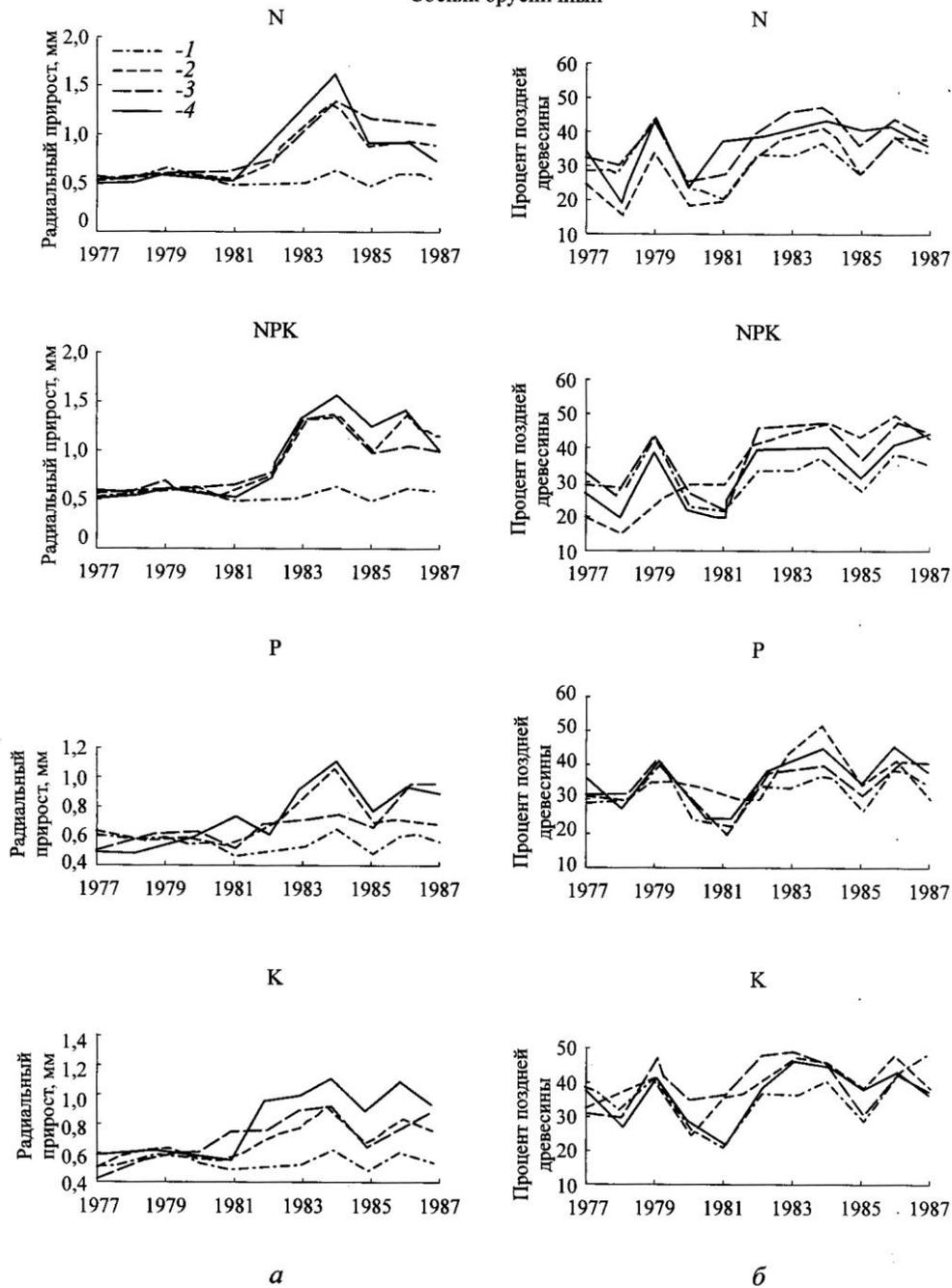
Примечание. В числителе – абсолютные значения признака, в знаменателе – % от контроля. Звездочкой отмечены значения, для которых различие с контролем существенно с вероятностью 0,95 ( $t_{\phi} > t_{\tau}$ );  $t_{\tau} = 2,2$ .

Важным показателем качества древесины является равномерность ее строения. Изменения в радиальном приросте и его структуре зависят от типа леса, вида, дозы удобрений и климатических факторов.

В результате анализа строения древесины сосны за 6 лет действия удобрений в разных типах леса установлено, что в большинстве опытов с удобрениями формировалась древесина, менее равномерная по строению, чем в контроле, что связано со значительными перепадами в ширине годичных слоев и проценте поздней древесины. В динамике радиального прироста удобренных деревьев и его структуры наблюдались две тенденции: 1 – значительное увеличение ширины годичных слоев в первые 3 года после внесения удобрений (1982–1984 гг.), максимальное на третий год их действия; 2 – уменьшение ширины годичных слоев и содержания поздней древесины на 4 – 6-й годы после внесения удобрений. Но к концу 6-го года в

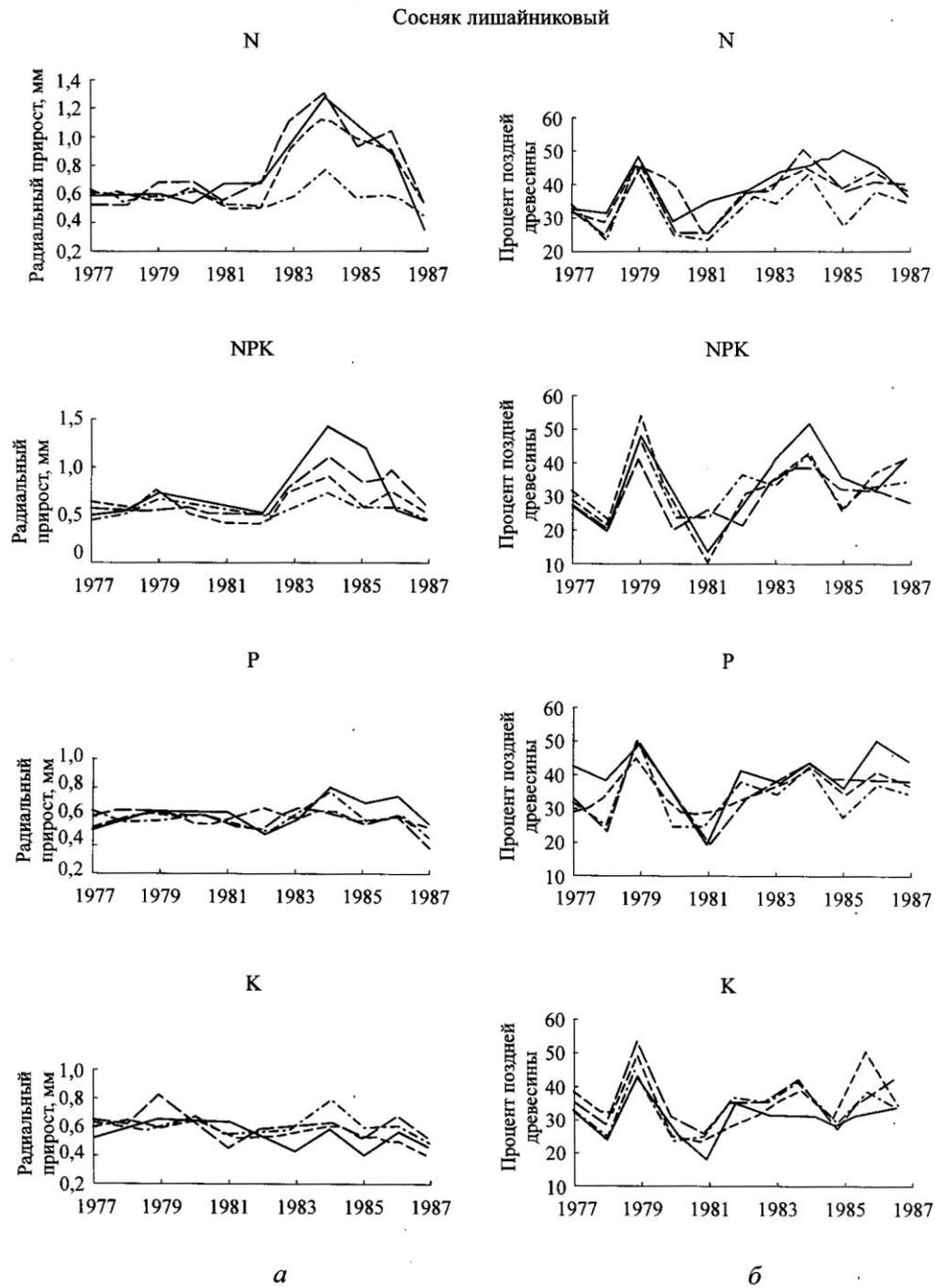
большинстве опытов ширина годичного слоя была больше, чем в контроле (см. рисунок).

Сосняк брусничный

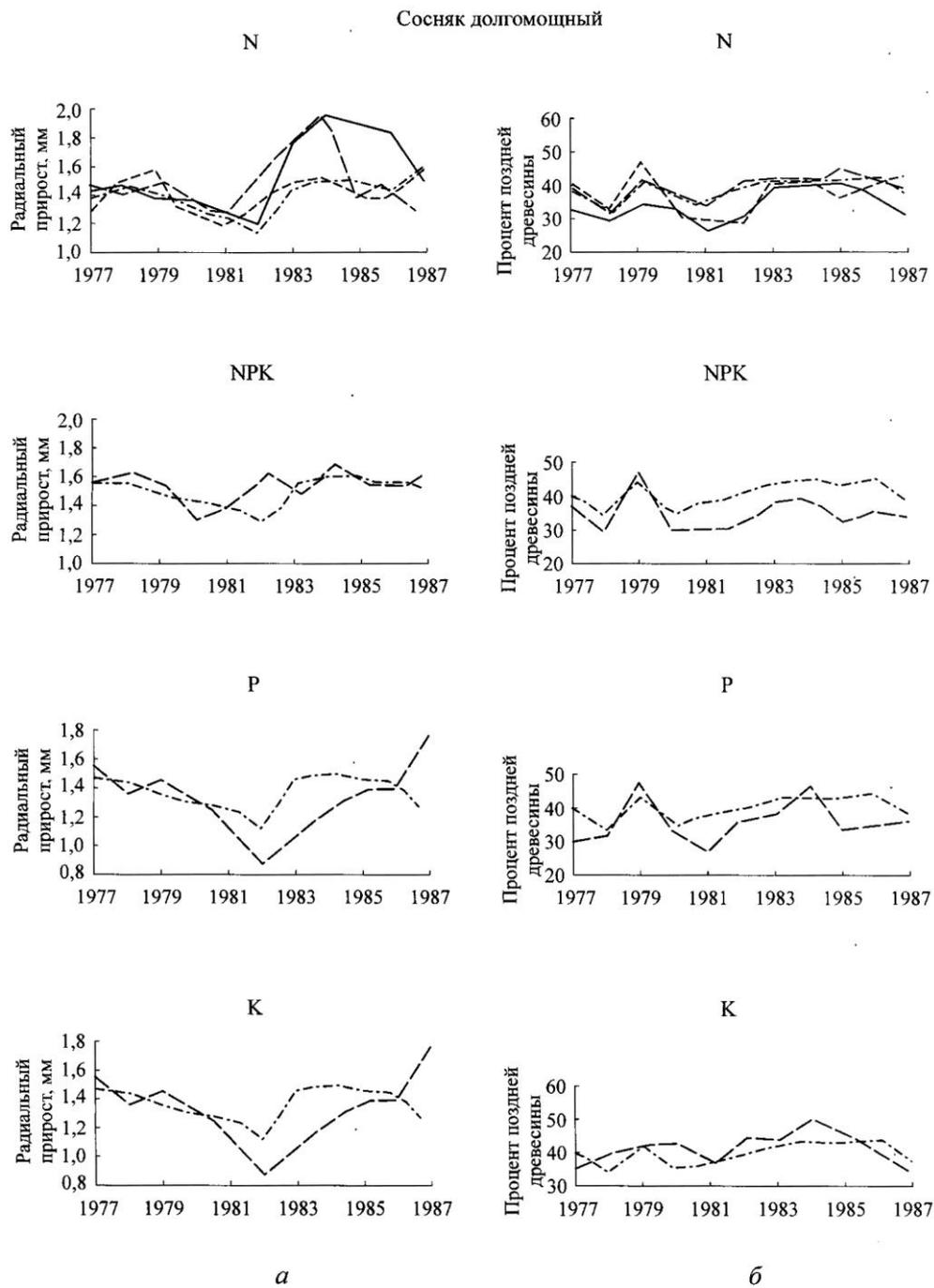


Зависимость радиального прироста (а) и процента поздней древесины (б) от видов и доз минеральных удобрений: 1 – контроль; 2 – 100; 3 – 150; 4 – 200 кг/га д.в.

5



Продолжение рисунка



Окончание рисунка

5\*

Увеличение перепадов в ширине годичных слоев и содержании поздней древесины, а следовательно, ухудшение качества древесины отмечено при внесении удобрений: в сосняке брусничном – (NPK) 100, P 200, K 100, K 150, K 200; лишайниковом – (NPK) 100, K 150; долгомошном – N 100, N 150, (NPK) 150, K 150.

Положительные изменения в динамике радиального прироста вызвали: в сосняке брусничном – N 200, лишайниковом – N 100 и N 200, способствуя в течение 6 лет формированию древесины оптимальных структуры и числа годичных слоев в 1 см. Спелость древесины сосны считается наилучшей при содержании годичных слоев в 1 см от 3 до 25 [6], ширина годичного слоя – не более 1,0 ... 1,5 мм [5, 19], а содержание поздней древесины – 30 % и выше [1, 2].

Таким образом, с помощью минеральных удобрений с учетом их видов, дозы и типов леса можно значительно повысить продуктивность лесных насаждений и выращивать древесину высокого качества. В сосняке брусничном наибольший дополнительный текущий прирост древесины (24 ... 33 м<sup>3</sup>/га) оптимального строения дают азотные и полные удобрения в дозах 150 и 200 кг/га, в сосняке лишайниковом (16 ... 19 м<sup>3</sup>/га) – азотные удобрения в дозе 200 кг/га д. в. В сосняке долгомошном применение минеральных удобрений малоэффективно. Видимо, перед их внесением необходимо проведение осушительной лесомелиорации.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вихров В.Е. Исследования строения и технических свойств древесины в связи с типами леса / В.Е. Вихров // Вопросы лесоведения и лесоводства. – М.: Лесн. пром-сть, 1954. – С. 317–334.
2. Мелехов И.С. О качестве северной сосны / И.С. Мелехов. – Архангельск: Севгиз, 1932. – 20 с.
3. Мелехов И.С. Проблемы современного лесоводства / И.С. Мелехов. – М.: Лесн. пром-сть, 1969. – 46 с.
4. Мелехов И.С. Лесоводство / И.С. Мелехов. – М.: Госагропромиздат, 1989. – 302 с.
5. Паавилайнен Э. Применение минеральных удобрений в лесу / Э. Паавилайнен; пер. с фин. Л.В. Блюдника; под ред. В.С. Победова. – М.: Лесн. пром-сть, 1983. – 96 с.
6. Перелыгин Л.Н. Строение древесины / Л.Н. Перелыгин. – М.: Изд-во АН СССР, 1954. – 199 с.
7. Победов В.С. Отечественный опыт удобрения лесов: обзор / В.С. Победов. – М.: ЦБНТИлесхоз, 1984. – Вып. 2. – 25 с.
8. Сляднев А.П. Комплексный способ выращивания сосновых насаждений / А.П. Сляднев. – М.: Лесн. пром-сть, 1971. – 105 с.
9. Справочник по удобрению в лесном хозяйстве / [В.С. Победов, И.М. Булавик, Е.А. Лебедев и др.]; отв. ред. В.С. Победов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1986. – 172 с.

10. *Степаненко И.И.* Влияние минеральных удобрений на строение и формирование древесины сосны в связи с типами леса: автореф. дис. ... канд. биол. наук / И.И. Степаненко. – М., 1993. – 24 с.

11. *Степаненко И.И.* Динамика формирования древесины сосны в удобренных насаждениях разных типов леса / И.И. Степаненко // Строение, свойства и качество древесины – 2000: материалы III Междунар. симпозиума. 11-14 сент. 2000. – Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2000. — С. 95–98.

12. *Штукин С.С.* Эффективность плантационного выращивания крупномерной древесины сосны и ели / С.С. Штукин // Лесоведение и лесное хозяйство. – Минск, 1988. – № 23. – С. 51–55.

13. *Шутов И.В.* Лесные плантации (ускоренное выращивание ели и сосны) / И.В. Шутов, Е.Л. Маслаков, И.А. Маркова [и др.]. – М.: Лесн. пром-сть, 1984. – 248 с.

14. *Bergland R.T.* Practices and problems in forest fertilization / R.T. Bergland // St. Joseph, Mich. – 1971. – 17 p.

15. *Bonneau M.* Effect a 12 et 14 ans de la fertilisation sur deux plantations d'epicea Commun de l'Ouest du Massif Central / M. Bonneau // Revue forestiere francaise. – 1983. – N 2. – P. 98–106.

16. *Klem G.S.* Quality of wood from fertilized forests / G.S. Klem // Tappi. – 1968. – N 51. – P. 99–102.

17. *Laakkonen O.* Toistwvan lannoituksen kannattavuus etelasuomen Ruivahkon Ranaan mannikoissa / O. Laakkonen // Folia Forest. – 1989. – N 741. – S. 1–26.

18. *Ondro W.J.* Financial return from fertilizing 70-year old Lodgepole Pine near Hinton, Alberta / W.J. Ondro, L.F. Constantino // Forest. Chron. – 1990. – 66, N 3. – P. 287–292.

19. *Paschke M.* Soil nitrogen mineralization in plantation of *Juglans nigra* interplanted with ectinorhizal *Elaeagnus umbellata* or *Alnus glutinosa* / M. Paschke, J. Dawson, M. David // Plantland soil. – 1989. – 118, N 1-2. – P. 33–42.

Московский государственный  
университет леса

Поступила 18.04.05

*I.I. Stepanenko*

### **Increasing Productivity of Pine Stands by Mineral Fertilizers Application**

The study results for the influence of the single mineral fertilizers application on the radial and basic wood increment and pine wood structure are provided. The dependence of the pine productivity and wood structure on the forest types, fertilizers' types and dose is set.