

УДК 582.475.114(470.13)

**И.Н. Кутявин**

Институт биологии Коми НЦ УрО РАН

Кутявин Иван Николаевич родился в 1987 г., окончил в 2010 г. Сыктывкарский лесной институт, филиал С.-Петербургской лесотехнической академии, аспирант Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Имеет 14 печатных работ в области строения и роста древостоев сосняков.

E-mail: kutjavin-ivan@rabmler.ru



## **ВОЗРАСТНАЯ ДИНАМИКА РОСТА СОСНЫ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО ПРИУРАЛЬЯ\***

Показана динамика роста сосны в условиях средней тайги Северного Приуралья. Установлено, что лучшим ростом характеризуются древостои, развитые в сосняках на автоморфных подзолистых почвах. Выявлены связи между ростом по диаметру и высоте, а также между ростом по диаметру и объему ствола сосны.

*Ключевые слова:* север Урала, сосна, тип леса, рост, высота, диаметр, объем ствола.

Ростовые процессы деревьев в древостоях во многом связаны с биологическими особенностями вида растений, закономерностями формирования фитоценозов и развития лесных экосистем, а также позволяют оценить их устойчивость к неблагоприятным условиям произрастания [1, 2, 4 и др.].

Строение и рост древостоев сосновых лесов на территории Европейского Северо-Востока России рассматривались в работах [5, 9 и др.]. Однако в связи с проведением в лесах интенсивных заготовок древесины коренные насаждения сосняков сохранились в основном на заповедных территориях. Изучение роста древостоев девственных сосновых лесов в условиях изменения климата [14] и антропогенных воздействий [8] представляет большой научный интерес. Ростовые процессы древостоев сосняков в предгорных и горных ландшафтах Урала (в пределах верховьев бассейна р. Печора) практически не изучены.

Цель данной работы – изучение роста деревьев сосны по диаметру, высоте и объему ствола в древостоях сосняков разных типов условий местопроизрастания.

### *Объекты и методы исследований*

Материалом для изучения динамики роста послужили модельные деревья, взятые на 10 постоянных пробных площадях (ППП) (табл. 1), заложенных

\* Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ (№ 10-04-00067-а) под руководством д-ра биол. наук, проф. К.С. Бобковой.

© Кутявин И.Н., 2013

Таблица 1

## Таксационная характеристика древостоев сосняков

Тип леса (номер ППП)	Номер яруса, состав	Средние показатели			Абсолютная полнота, м <sup>2</sup> /га	Запас, м <sup>3</sup> /га	Класс бонитета
		Диаметр, см	Высота, м	Возраст, лет			
Лишайниковый (11)	10С ед.Б	26,0	13,8	180	22,5	163,0	Va
Бруснично- лишайниковый (5)	10С	27,6	16,2	197	24,5	202,6	V
Зеленомошно- лишайниковый каменистый (2)	I 6С2Ос2К II 6Б4Е	27,8 15,9	17,7 10,3	165	12,8 3,1	108,5 19,1	V
Лишайниковый каменистый (3)	I 6С4К	23,8	11,8	127	8,5	65,4	V
Брусничный (12)	II 5Б3Е 2Ос	15,3	7,8		6,2	26,9	
Черничный свежий (4)	9С1Е+К,Б	26,6	18,3	151	24,9	216,2	IV
« « (10)	I 10С	50,0	23,4	215	24,6	294,0	III
	II 5Е3С 2Б	16,5	17,2		8,3	73,3	
	I 10С	25,0	21,6	125	24,7	262,2	IV
Багульниковый (6)	II 7Е3С+Б	12,8	12,6		3,9	23,8	
Морошково- сфагновый (8)	10С+К ед.Б	21,5	14,0	177	18,2	137,5	V
Чернично-сфагно- вый (9)	7С3Е	16,0	10,5	154	16,6	117,4	Va
	ед.Б,К 8С1Е1Б+К	16,0	11,5	124	18,7	109,3	Va

в спелых и перестойных сосновых насаждениях буферной зоны Печоро-Ильчского биосферного заповедника, по обоим берегам р. Печора (61°39 с.ш., 58°12 в.д.) и ее левого притока р. Унья (61°32 с.ш., 58°12 в.д.). ППП закладывались согласно методическим указаниям [7].

По данным Ю.П. Юдина [12], заповедник отнесен к Печоро-Уральской подпровинции, которая делится на два округа: Печорский сосновый и Ильчский елово-пихтовый. Тип леса определяли согласно [13]. Модельные деревья отбирали по среднему диаметру в древостое в количестве 3...7 шт. на ППП. У каждого дерева определяли высоту, высоту до первой сухой и живой ветвей, протяженность кроны. С целью определить объем стволовой древесины измеряли диаметры ствола по двухметровым секциям.

Ширину годичных колец измеряли по методике [16] на полуавтоматическом приборе LINTAB V с использованием программы Tsap-Win<sup>TM</sup> Professional 0.55 [17]. Измерения снимали по 2–4 радиусам (сторонам света) в каждой секции ствола. Для описания динамики роста деревьев были использованы S-образные кривые с параболой третьего и четвертого порядков:

$$y = ax^3 + bx^2 + cx, \quad y = ax^4 + bx^3 + cx^2 + dx.$$

Такие кривые позволяют описать этапы начального, замедленного, а затем усиливающегося и затухающего (стационарного) роста деревьев. Кривые выбирали методом наименьших квадратов с использованием уравнений пря-

мой, параболы, логарифмической кривой, показательной и степенной функций, при которых линии регрессии характеризуют зависимости одного признака от другого и имеют наименьшую из возможных сумм квадратов всех опытных точек [3]. В целях получения стандартных обобщенных кривых при анализе динамики роста сосны кривые хода роста были усреднены с объединением деревьев, отобранных по рекомендациям [11] на десяти ППП в пяти типах леса: лишайниковый, брусничный, черничный, сфагновый, лишайниковый каменистый. Для выяснения связи между ростом по диаметру и высоте, по диаметру и объему ствола использовали регрессионные уравнения. На основе экспериментальных данных подбирали перечисленные выше уравнения по способу наименьших квадратов. Регрессионный анализ показал, что для характеристики этих взаимосвязей больше пригодны уравнения параболы третьего порядка:

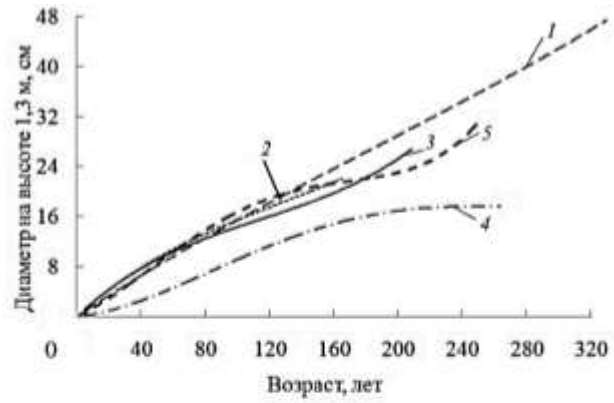
$$y = ax^3 + bx^2 + cx.$$

#### *Результаты и обсуждение*

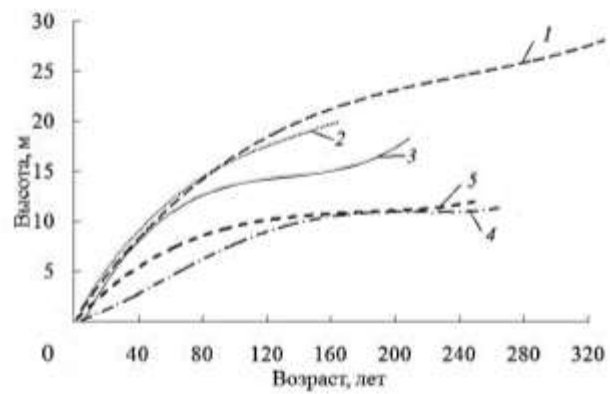
Согласно [15], в условиях северной тайги (Мурманская область) лучшим ростом характеризуются сосновые насаждения черничного типа леса, далее, в порядке убывания его интенсивности, следуют: вороничный, брусничный, кустарничково-лишайниковый на скалах, лишайниковый и долгомошный. Незначительный рост сосны отмечен автором в сфагновом и травяно-болотном типе сосняков. Установлено, что для начала роста сосны и прохождения других фаз в условиях Севера требуется меньше тепла, чем в южных районах лесной зоны [14].

*Рост по диаметру.* Согласно данным рисунка *a*, в сосняках черничном, брусничном, лишайниковом кривые роста деревьев сосны по диаметру характеризуются фазой интенсивного роста. В лишайниковом каменистом типе у сосны в возрасте 120 лет отмечается переход из стадии интенсивного в стадию стационарного роста, которая длится до 200 лет, после чего у них наблюдается усиление роста. Это свидетельствует о том, что точки (возраст), характеризующие затухание роста и переход в стационарное состояние, находятся за пределами отмеченного нами возраста. Лишь в сосняке сфагновом прослеживаются все стадии роста по диаметру. Так, этап интенсивного роста происходит в возрасте от 40 до 180 лет, затем идет плавный переход в стадию стационарного состояния. При анализе модельных деревьев сосны выявлено, что более интенсивное накопление древесины на высоте 1,3 м в сосняках черничном и брусничном начинается с 5...20, лишайниковом – 15...20, каменистом и сфагновом – 25...40 лет.

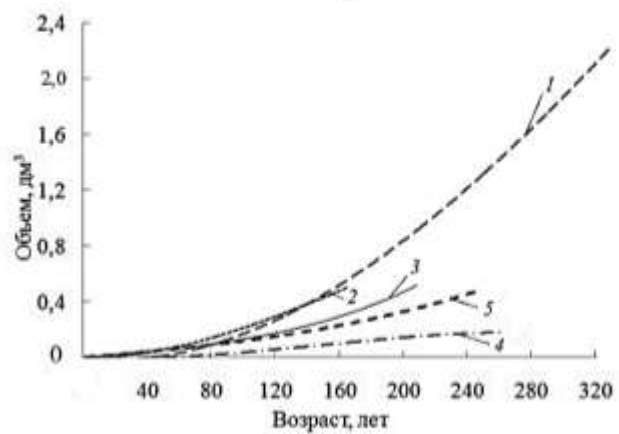
Приведенный выше анализ показывает, что в большинстве типов сосняков, развитых на автоморфных песчаных и супесчаных почвах идет относительно интенсивное накопление стволовой древесины по диаметру до 250 лет и более. В сосняке черничном рост деревьев в толщину отмечается и в возрасте 330 лет. Наблюдается относительно слабый темп роста деревьев в сфаг-



*a*



*б*



*в*

Возрастная динамика роста деревьев сосны по диаметру (*a*), высоте (*б*) и объему (*в*): 1 – сосняк черничный, 2 – брусничный, 3 – лишайниковый, 4 – сфагновый, 5 – лишайниковый каменистый

новом типе сосняков, развитых на полугидроморфных и гидроморфных почвах. В условиях Европейского Севера в старовозрастных сосняках таежной зоны рост сосны по диаметру продолжается в возрасте 200 лет и более [5]. Во всех рассматриваемых нами типах сосняков (табл. 2) отмечается высокая связь роста сосны по диаметру с ее возрастом (коэффициент корреляции  $r = 0,85 \dots 0,90$ ), наиболее высокая связь – в сосняке черничном ( $r = 0,95$ ).

Изучение связей между различными ростовыми процессами имеет теоретическое значение для выявления причинно-следственных взаимодействий, происходящих в деревьях [13]. Анализ связи между ростом по толщине и ростом по высоте, а также между ростом по диаметру и ростом по объему сосны по типам условий местопроизрастания показал следующие результаты. В большинстве случаев теснота связи между этими показателями характеризуется как тесная или очень тесная (табл. 3). Связь между ростом по диаметру с ростом по высоте у деревьев сосны близка к линейной. В сосняках черничном, брусничном и сфагновом эта связь составляет  $0,95 \dots 0,97$ ,

Таблица 2

**Характеристика уравнений зависимости хода роста деревьев сосны с возрастом в сосняках средней тайги Северного Приуралья**

Тип леса	Коэффициенты уравнения				Коэффициент корреляции $r$
	$a$	$b$	$c$	$d$	
По диаметру на высоте 1,3 м					
Черничный	0,00000040	-0,000200	0,17030	–	0,95
Брусничный	0,00000300	-0,00100	0,23120	–	0,85
Лишайниковый	0,00000400	-0,001400	0,23890	–	0,88
Сфагновый	0,00000009	-0,000006	0,00120	0,0234	0,86
Лишайниковый каменистый	0,00000004	-0,000020	0,00180	0,1153	0,90
По высоте					
Черничный	0,00000100	-0,000800	0,23650	–	0,98
Брусничный	0,00000300	-0,001500	0,28110	–	0,96
Лишайниковый	0,00000400	-0,001600	0,25760	–	0,90
Сфагновый	0,00000001	-0,000006	0,00080	0,0463	0,92
Лишайниковый каменистый	0,00000200	-0,000900	0,16840	–	0,88
По объему					
Черничный	-0,00000002	0,0000300	-0,00120	–	0,98
Брусничный	-0,00000005	0,0000500	-0,00008	–	0,88
Лишайниковый	0,00000004	-0,000002	0,00110	–	0,86
Сфагновый	-0,00000002	0,0000100	-0,00040	–	0,78
Лишайниковый каменистый	0,00000001	0,0000008	0,0010	–	0,89

Таблица 3

## Теснота связи роста сосны по диаметру с ростом по высоте и объему ствола в сосняках средней тайги Северного Приуралья

Тип леса	Число парных корреляций	Пределы колебаний (средние значения)			
		коэффициентов корреляции		корреляционного отношения	
		по диаметру и высоте	по диаметру и объему	по диаметру и высоте	по диаметру и объему
Черничный	8	0,92...0,99 (0,97)	0,84...0,92 (0,88)	0,97...1,00 (0,99)	1,00
Брусничный	3	0,91...0,99 (0,96)	0,85...0,87 (0,86)	1,00	1,00
Лишайниковый	8	0,75...0,99 (0,91)	0,85...0,91 (0,87)	0,99...1,00 (0,99)	1,00
Лишайниковый каменистый	3	0,81...0,98 (0,88)	0,88...0,92 (0,86)	0,99...1,00 (0,99)	1,00
Сфагновый	11	0,89...0,98 (0,95)	0,87...0,94 (0,90)	0,98...1,00 (0,99)	1,00

в сосняках каменистом лишайниковом и лишайниковом она несколько слабее ( $r = 0,88...0,91$ ). Коэффициент корреляции между ростом по диаметру и ростом по объему стволов сосны изменяется от 0,86 до 0,90. Корреляционное отношение между ростом по диаметру и ростом по объему более высокое, чем между ростом по диаметру и ростом по высоте. Таким образом, теснота связи у сосны между ростом по диаметру и ростом по высоте характеризуется как очень тесная и составляет 0,98...1,00 (в среднем 0,99), между ростом по диаметру и объемом ствола – 1,00.

*Рост по высоте.* Как видно из данных рисунка б, в сосняках черничных и брусничных IV класса бонитета кривые хода роста деревьев по высоте имеют довольно близкие темпы нарастания. В данных типах леса также, как в росте по диаметру, не наблюдается снижения темпов роста по высоте, т. е. перехода их к стадии стационарного состояния. В сосняках V–Va классов бонитета более интенсивный рост сосны по высоте отмечается в лишайниковом типе до 80 лет, после чего наблюдается снижение роста, которое длится до 160 лет, затем он начинает увеличиваться. Данное явление можно объяснить частыми низовыми пожарами (от 3 до 4) на каждой ППП, которые, видимо, подавляли рост в высоту. Согласно [6], древостои лишайниковых сосняков отличаются более быстрым ростом на стадии молодняка и в средневозрастных фитоценозах в отличие от древостоев переувлажненных сосняков. В каменистом типе стадия интенсивного роста в высоту у сосны наблюдается до 90 лет, в сфагновом – до 120 лет, затем в данных типах отмечается плавный переход к стадии замедления и перехода сосны в состояние стационарного роста.

По данным В.Г. Русскова [10], наиболее активный рост отдельных деревьев по высоте у господствующих сосен отмечается в возрасте 15...20 лет, у отставших в росте деревьев этот период наступает с 20-летнего возраста и продолжается до 60 лет у всех деревьев.

В условиях крайне северной тайги наиболее активный рост сосны по высоте наблюдается до 80–100-летнего возраста [11]. Отмечено, что время наступления спада прироста определяется типом леса и структурой фитоценоза. Авторы также отмечают, что со снижением роста в высоту происходит увеличение прироста по диаметру. Из корреляционного анализа (см. табл. 2) видно, что связь динамики роста сосны по высоте с ее возрастом тесная или очень тесная ( $r = 0,88...0,98$ ).

*Рост по объему.* Рост стволовой древесины является одним из важных таксационных показателей, слагающихся из роста деревьев по диаметру, высоте и полндревесности ствола [1]. В сосновых фитоценозах Приуралья более высоким приростом по объему обладает сосна черничного и брусничного типов леса (см. рисунок в). Начало интенсивного роста в разных типах условий произрастания различно. Так, в черничном, брусничном, лишайниковом и лишайниковом каменистом типах сосняков фаза интенсивного роста сосны по объему наступает в возрасте 20...60 лет. Замедленный рост наблюдается в сфагновом типе сосняков, здесь фаза интенсивного роста по объему уже начинается в 80-летнем возрасте.

Большинство рассматриваемых нами фитоценозов приурочены к автоморфным типам условий произрастания. Подверженные пирогенному воздействию сосняки лишайниковые характеризуются средними показателями прироста по объему древесного ствола (см. рисунок в). Интенсивный их рост отмечается в древостоях сосняков черничного и брусничного, а замедленный рост присущ сосняку сфагновому, развитому без пирогенного воздействия. Связь динамики роста сосны по объему с возрастом дерева (табл. 2) характеризуется как тесная ( $r = 0,78...0,98$ ).

#### *Выводы*

1. Рост сосны в условиях средней тайги Северного Приуралья определяется главным образом условиями местопроизрастания. Лучшим ростом характеризуются древостои черничного и брусничного типов, развитые на автоморфных подзолистых почвах, далее следуют лишайниковый и лишайниковый каменистый сосняки. Небольшие темпы роста характерны в сфагновом типе сосняка.

2. Связь динамики роста сосны по диаметру, высоте и объему ствола в большинстве случаев характеризуется тесными и очень тесными корреляционными зависимостями ( $r = 0,78...0,98$ ). Установлено, что между приростами по диаметру и высоте, а также между диаметром и объемом ствола существуют довольно тесные корреляционные связи.

3. Рост деревьев сосны отмечен в течение всего учтенного нами возраста (250 лет и более).

4. Дальнейшие исследования и накопление фактического материала послужит основой для характеристики развития сосняков в фоновых условиях средней тайги.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антанайтис В.В., Загреев В.В. Прирост леса М.: Лесн. пром-сть, 1969. 240 с.
2. Воропанов П.В. Определение текущего древесного прироста. М.; Л.: Гослесбумиздат, 1961. 136 с.
3. Гусев И.И. Моделирование экосистем: учеб. пособие. Архангельск: Изд-во АГТУ, 2002. 112 с.
4. Дворецкий М.Л. Текущий прирост древесины ствола и древостоя. М.: Лесн. пром-сть, 1964. 128 с.
5. Левин В.И. Сосняки Европейского Севера (строение, рост, и таксация древостоев). М.: Лесн. пром-сть, 1966. 152 с.
6. Листов А.А. Боры беломошники. М.: Агропромиздат, 1986. 181 с.
7. ОСТ 56-69-83. Пробные площади лесоустойчивые. Метод закладки М.: ЦБНТИ Гослесхоза СССР, 1983. 60 с.
8. Пахучий В.В. Динамика радиального прироста сосновых древостоев осушенного болота // Лесн. журн. 1978. № 1. С. 15–39. (Изв. высш. учеб. заведений).
9. Притундровые леса европейской части России (природа и ведение хозяйства)/Б.А. Семенов, В.Ф. Цветков, Г.А. Чибисов, Ф.П. Елизаров. Архангельск: ООО «Пресс А», 1998. 334 с.
10. Руссков В.Г. Особенности роста в высоту сосны обыкновенной в Восточной Сибири // Лесн. журн. 2008. № 3. С. 34–39. (Изв. высш. учеб. заведений).
11. Рысин Л.П., Савельева Л.И. Сосновые леса России. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. 289 с.
12. Темнохвойные леса // Производительные силы Коми АССР / Ю.П. Юдин [и др.]. М.: Изд-во АН СССР, 1954. Т. 3, ч. 1. С. 42–125.
13. Сукачев В.Н., Зонн С.В. Методические указания к изучению типов леса. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 144 с.
14. Феклистов П.А., Евдокимов В.Н., Барзут В.М. Биологические и экологические особенности роста сосны в северной подзоне европейской тайги. Архангельск, 1997. 140 с.
15. Цветков В.Ф. Сосняки Кольской лесорастительной области и ведение хозяйства в них. Архангельск, 2002. 380 с.
16. Шиятов С.Г., Ваганов Е.А., Кирдянов А.В. Методы дендрохронологии. Ч. I. Основы дендрохронологии. Сбор и получение древесно-кольцевой информации. Красноярск: КрасГУ, 2000. 80 с.
17. Rinn F. Tsap version 3.5. Reference Manual. Computer Program for Tree-ring Analysis and Presentation. Helenberg, Germany, Frank Rinn, 1996. 264 p.

Поступила 30.04.13



*I.N. Kutyavin*

Institute of Biology, Komi Science Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences

**Age Dynamics of *Pinus sylvestris* Growth in the Northern Cis-Urals**

The paper focuses on the growth dynamics of pine trees under middle taiga conditions of the Northern Cis-Urals. The most intensive growth is observed in pine stands located on auto-morphic soils. Relationships between the growth in diameter and height as well as between the growth in diameter and volume of the pine trunk are revealed.

*Keywords:* north of the Urals, *Pinus sylvestris*, forest type, growth, height, diameter, stem volume.

---