

## ВЗАИМОСВЯЗИ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МОЛОДНЯКОВ СОСНЫ НА ПОСТАГРОГЕННЫХ ЗЕМЛЯХ\*

С. К. Мамедова, С. Л. Шевелев, А. А. Вайс

Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева  
Российская Федерация, 660037, г. Красноярск, просп. им. газеты «Красноярский рабочий», 31  
E-mail: mamedova\_ceva@mail.ru

**Аннотация.** В работе представлен ряд зависимостей между морфометрическими показателями молодняков сосны, сформировавшихся на землях, выведенных из сельскохозяйственного пользования. В основу работы положены материалы 16 пробных площадей, заложенных в соответствии с требованиями ОСТ 56-69-83 «Площади пробные лесоустраительные. Методы закладки».

Целью работы явилось оценка динамики объектов на основе метода относительного роста, а также роста как функции возраста. Изучены взаимосвязи между диаметрами и высотами деревьев, ход роста деревьев по диаметру и высоте, оценена степень взаимообусловленности средних приростов показателей и их динамика.

Выполнен анализ литературных данных по вопросу постоянства «относительного роста» и аллометрической связи между диаметрами и высотами экземпляров молодняка сосны различного возраста и размера. Установлены особенности хода роста молодняков сосны на землях, выведенных из сельскохозяйственного пользования, по высоте и диаметру на высоте 1,3 м и шейке корня.

Для понимания характера изменения степени взаимообусловленности между отдельными характеристиками молодняков сосны рассчитаны величины средних приростов по диаметрам стволов, высотам и диаметрам крон. Оказалось, что эти показатели находятся в достаточно тесной связи, о чем говорят величины парных коэффициентов корреляции. Теснота связи между средним приростом диаметра ствола и средним приростом по высоте варьирует от 0,66 до 0,92 и в среднем составляют 0,82; между средними приростами диаметра ствола и диаметра кроны – 0,85 (0,64–0,95); средними приростами высоты и диаметра кроны – 0,68 (0,39–0,90). Последний ряд коэффициентов корреляции имеет наибольшую изменчивость – 23,0 %.

Оказалось, что с увеличением возраста степень связи между средними приростами снижается.

**Ключевые слова:** относительный рост, модели роста, аллометрический закон роста, средний прирост.

*Conifers of the boreal area. 2025, Vol. XLIII, No. 5, P. 7–14*

## INTERRELATIONSHIPS OF MORPHOMETRIC INDICES OF YOUNG PINE TREES ON POST-AGRICULTURAL LANDS

S. K. Mamedova, S. L. Shevelev, A. A. Vais

Reshetnev Siberian State University of Science and Technology  
31, Krasnoyarskii rabochii prospekt, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation  
E-mail: mamedova\_ceva@mail.ru

**Annotation.** The paper considers a number of dependencies between morphometric indices of young pine trees formed on the lands, withdrawn from agricultural use. The work is based on materials of 16 sample areas, laid in accordance with the requirements of OST 56-69-83 'Forest inventory sample plots. Methods of laying'.

The aim of the work was to assess the dynamics of the objects on the basis of the method of relative growth, as well as growth as a function of age. Interrelationships between tree diameters and heights, the course of growth of trees

---

\* Исследование проводилось в рамках государственного задания, установленного Министерством науки и высшего образования Российской Федерации, для реализации проекта «Динамика восстановления таежных лесов Центральной Сибири, нарушенных энтомофитофагами» (№ FEFE-2024-0029) коллективом научной лаборатории «Лесных экосистем».

by diameter and height, the degree of interdependence of average increments of indicators and their dynamics has been considered.

Literature data on the issue of constancy of 'relative growth' were analysed. We analysed allometric relationship between diameters and heights of young pine trees of different age and size. The peculiarities of the growth course of young pine trees formed on the lands withdrawn from agricultural use in terms of height and diameter at the height of 1.3 m and the root neck.

To understand the nature of changes in the degree of intercorrelation between individual characteristics of young pine trees, we calculated the values of average growths by trunk diameters, heights and crown diameters. It turned out that these indices are in a fairly close relationship, as evidenced by the values of paired correlation coefficients. The correlation coefficients between the average growth of trunk diameter and average growth in height, vary from 0.66 to 0.92 and the average is 0.82; the average between average growth of trunk diameter and crown diameter is 0.85 (they vary from 0.64 to 0.95); the average growth of height and crown diameter is 0.68 (they vary from 0.39 to 0.90). The last series of correlation coefficients has the highest variability of 23.0 %.

It turned out that with increasing age the degree of correlation between average growths decreases.

**Keywords:** relative growth, growth models, allometric growth law, average growth.

## ВВЕДЕНИЕ

Лесные биологические системы, включающие древесную, кустарниковую растительность и живой напочвенный покров, формируются в ходе динамики отдельных частей растений, лимитируемой процессами роста и отмирания (отпада).

А. Pommerening, А. Muszta [1] относят процесс роста к универсальным и фундаментальным процессам жизни на Земле, объясняя этим особый интерес к данному вопросу и его значение для производственной биологии и лесного хозяйства, а также возможностями моделирования и анализа особенностей роста природных объектов.

Наиболее распространенным методом моделирования роста является математическое выражение процессов динамики отдельного объекта в зависимости от времени. Однако характер происходящих изменений можно отображать в рамках взаимной опосредованности с другими аналогичными объектами. Такая оценка процессов динамики древостоев, отдельных деревьев и даже их частей получила название «относительного роста».

В. В. Кузьмичев [2] трактует этот термин как изменение размеров одного органа или показателя размеров растения в зависимости от роста другого, более доступного для измерения органа или показателя.

Теория относительного роста получила свое развитие в середине XX века и явилась основой для создания ряда моделей роста деревьев и древостоев. В числе моделей формирования древостоев наибольшее внимание привлекают модели Берталанффи, Ферхюльста и Митчерлиха, связывающие величину прироста с текущим запасом.

Во многом они противоречат друг другу, однако нельзя отрицать, что они играют значительную роль на пути вскрытия базовых закономерностей формирования сложных древесных лесных сообществ.

В работе А. Pommerening, А. Muszta [1] отмечается, что моделирование относительной скорости роста растений, под которой понимается стандартизованный (относительный) показатель роста, позволяющий, насколько это возможно, избежать ошибок вследствие различий в размерах между контрастирующими (разновеликими) организмами, что дает возможность сравнивать темпы их изменения [3], во многом бази-

руется на функциях Чепмена – Ричардса; Корфа; Вейбулла и др., отражающих абсолютную скорость роста растений.

Было установлено, что при изменении размеров двух частей или органов растущего организма отношение скоростей их роста остается постоянным, несмотря на различие в скорости каждого из них. Данная закономерность получила название «постоянство относительного роста» и по инициативе Берталанффи носит название «аллометрического закона роста». Однако рост на протяжении всего периода формирования дерева не постоянен, поэтому различным возрастным периодам соответствуют свои аллометрические зависимости, характеризующиеся своим уровнем опосредованности оцениваемых величин [4].

Таким образом, теория относительного роста отдельных растений и их совокупностей может расцениваться как эффективный метод оценки показателей роста и их прогнозирования, однако использовать ее возможно только опираясь на данные абсолютных измерений в объектах исследования. Этот метод в полной мере применим для оценки особенностей формирования древостоев на землях, выведенных из сельскохозяйственного пользования.

Киотским протоколом 1992 года, агролесоводство отнесено к одному из типов стратегий, преследующих цель смягчения последствий изменения климата и адаптации к ним [5].

К настоящему времени, на заброшенных сельскохозяйственных землях, в различных природных зонах сформировались и формируются древостои, занимающие значительные площади – по относительным источникам от 45 до 97 млн га [6].

По данным Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 г. [7] в структуре сельхозугодий России залежи занимают 7,1 % (10141,1 тыс. га). В Красноярском крае на долю залежей приходится 8,5 % (222,8 тыс. га), в Республике Хакасия – 3,5 % (22,4 тыс. га), в Республике Тыва – 2,9 % (31,6 тыс. га).

Процесс их зарастания, который происходит не только в России, но и в других странах, показал, что на них формируются высокопродуктивные древостои [8–15]. Эти древостои, как правило, разновозрастные с различным составом, определяемым рядом факторов, таких как источник обсеменения, тип почв, климат и т. д.

Древостой, сформировавшиеся и формирующиеся на постагrogenных землях, по своей сути являются совершенно новым объектом лесной таксации, так как это естественные древостой, появившиеся и растущие на площадях, отличающихся повышенным плодородием, возможно удобрявшиеся на протяжении достаточно продолжительного периода.

Полная хозяйственная их оценка – дело будущего. Однако для установления текущих особенностей роста и развития таких биологических систем необходимы данные для сопоставления с показателями роста древостоев, формирующихся вне территории бывших сельхозугодий.

Целью настоящей работы является установление характера взаимообусловленности некоторых морфометрических показателей молодняков сосны, сформировавшихся на постагrogenных землях, с использованием оценки динамики объектов на основе метода относительного роста, а также возрастного хода роста. Эти данные явятся основой сопоставления особенностей формирования древостоев на землях, выведенных из сельскохозяйственного пользования, и аналогичных древостоев вне их.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В основу исследования положены материалы 16 пробных площадей, в процессе закладки которых соблюдены основные требования ОСТ 56-69-83 «Площади пробные лесоустроительные. Методы закладки» с учетом особенностей объекта изучения.

Характеристика пробных площадей приведена в табл. 1.

Пробные площади представлены молодняками, имеющими средний возраст от 7 до 21 года, с различной густотой. В составе молодняков абсолютное преобладание имеет сосна. Обработка данных велась с использованием пакета анализа электронной таблицы «Excel», пакетов программы «Curve Expert 1.4» и «SPSS». Всего на пробных площадях обмерены 911 деревьев.

**Таблица 1**  
**Характеристика пробных площадей**

№ п/п	Состав	А, лет	D <sub>1.3</sub> , см	Н, см	Б	N, шт./га	ΣG, м <sup>2</sup> /га	M, м <sup>3</sup> /га	Тип леса
1	9С1Б	16	11,9	5,0	2	346	3,61	13	Сосняк кипрейно-разнотравный
2	10Сед.Б	15	11,1	4,5	2	160	1,53	5	Сосняк кипрейно-разнотравный
3	10С	13	6,8	3,9	2	1173	4,01	13	Сосняк злаково-разнотравный
4	10С	13	6,0	4,6	2	4280	12,05	42	Сосняк кипрейно-злаково-разнотравный
5*	10С	8	2,6	0,9	–	6640	–	–	Сосняк разнотравный
6	10Сед.Б	20	12,2	8,3	1	1933	21,22	103	Сосняк злаково-разнотравный
7	10Сед.Б	14	4,4	4,6	2	9091	13,95	47	Сосняк разнотравный
8	10Сед.Б	16	11,8	7,4	2	2000	19,76	91	Сосняк злаково-разнотравный
9	10Сед.Б	12	3,2	2,9	3	15733	10,39	30	Сосняк кипрейно-разнотравный
10*	10С	7	2,4	1,0	–	13967	–	–	Сосняк кипрейно-разнотравный
11	10Сед.Б,Л	16	11,8	5,4	3	685	6,70	25	Сосняк разнотравный
12 (1)	10С	17	8,0	5,7	3	4235	21,46	94	Сосняк разнотравный
12 (2)*	10С	8	3,0	1,1	–	7200	–	–	Сосняк разнотравный
13	10С	19	8,1	8,4	1	7175	31,13	156	Сосняк мелкотравный
14	9С1Бед.Л	21	10,0	9,5	1	5482	37,10	208	Сосняк хвощово-разнотравный
15	9С1Бед.Е	16	6,9	5,1	3	3245	12,02	49	Сосняк кипрейно-разнотравный

Примечание. ПП № 5, 10, 12 (2) – маломерные молодняки, диаметр которых замерен у шейки корня.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для решения поставленных задач взяты легко определяемые прямыми измерениями величины – высоты и диаметры экземпляров молодняка, причем на трех пробных площадях диаметры измерялись у шейки корня, так как часть деревьев на них не достигла высоты 1,3 м.

При установлении особенностей динамики величин коэффициентов корреляции анализировались ряды средних приростов по диаметру, высоте и диаметру кроны.

Об особенностях формирования стволов деревьев, а в конечном итоге о производительности всего древостоя можно получить сведения как в результате прямых измерений, так и на основе анализа взаимообусловленности морфометрических показателей.

Оказалось, что изменчивость высот в маломерных молодняках лежит в пределах 37,9–47,7 %, в крупномерных молодняках – 18,6–42,6 %.

Для каждой пробной площади получены уравнения связи между диаметрами и высотами деревьев.

Эти связи с высокой степенью адекватности отображаются уравнениями полинома второго порядка:

$$y = ax^2 + bx + c, \quad (1)$$

где  $y$  – высота деревьев, м;  $x$  – диаметр ствола, см;  $a$ ,  $b$ ,  $c$  – коэффициенты уравнения.

Коэффициенты уравнений и показатели адекватности приведены в табл. 2.

В молодняках коэффициент корреляции ( $R$ ) между диаметром ствола и его высотой варьирует от 0,87 до 0,96, что говорит о закономерно высокой степени взаимообусловленности между анализирующими признаками.

В маломерных молодняках (ПП-5;10;12(2)) наблюдается очень близкое по форме изменение высоты с изменением диаметра (рис. 1), что объясняется близкой интенсивностью роста молодняков на начальной стадии формирования.

Таблица 2

Коэффициенты и показатели адекватности уравнений связи между высотами и диаметрами деревьев

Пробная площадь	Коэффициенты уравнений			Коэффициент корреляции, $R$	Коэффициент детерминации, $R^2$
	$a$	$b$	$c$		
1	-0,011	0,4665	1,0237	0,88	0,78
2	-0,0192	0,5665	0,5289	0,96	0,92
3	-0,0321	0,8027	-0,1392	0,95	0,91
4	-0,0364	0,8419	0,8964	0,90	0,81
5	-0,0291	0,4445	-0,0446	0,91	0,83
6	-0,0142	0,6336	2,6773	0,88	0,77
7	-0,0678	1,2016	0,584	0,89	0,78
8	-0,0153	0,6582	1,7121	0,82	0,67
9	-0,0925	1,2167	—	0,89	0,80
10	-0,0088	0,3718	0,1884	0,90	0,81
11	-0,0105	0,4887	1,1337	0,94	0,88
12 (1)	-0,0194	0,7883	0,6355	0,87	0,76
12 (2)	0,0029	0,3058	0,1673	0,96	0,93
13	-0,035	0,991	2,6796	0,88	0,77
14	-0,0196	0,8403	3,3482	0,90	0,81
15	-0,0074	0,5261	1,9165	0,87	0,75

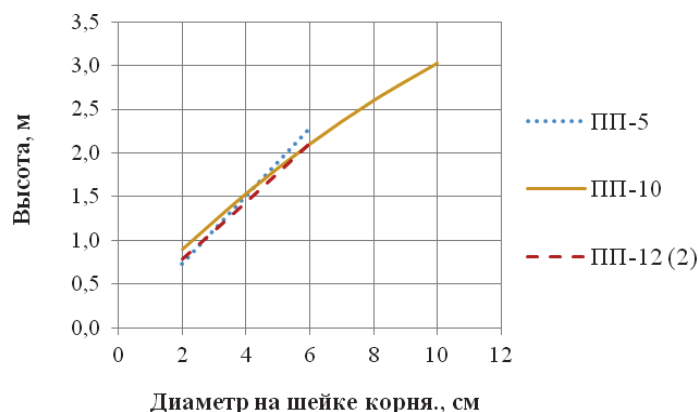


Рис. 1. Связь высот и диаметров в маломерных молодняках

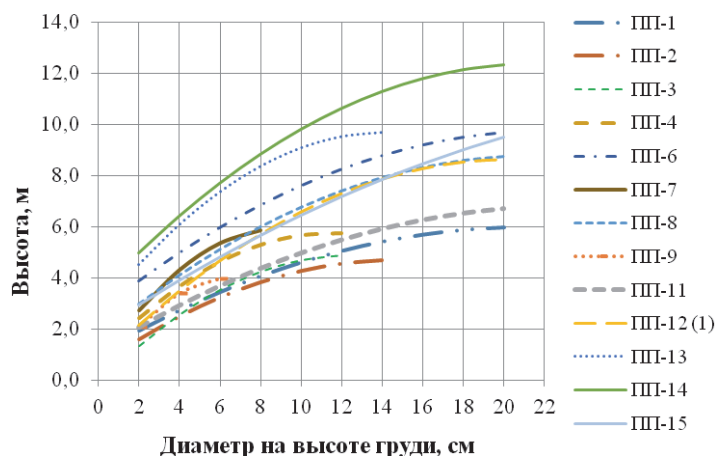


Рис. 2. Связь высот и диаметров в среднемерных молодняках

Гораздо шире амплитуда колебания высот, при одинаковых диаметрах в среднемерных молодняках с возрастом от 2 до 20 лет.

Стабильный и интенсивный рост в высоту зафиксирован на пробной площади 14. Данный участок бывшей пашни расположен на плодородных, умерен-

но увлажненных деградированных черноземах, что, по-видимому, и явилось основной причиной стабильного роста деревьев и формирования лесной биологической формации в целом. Безусловно, свою роль играет и густота – оптимальная для данных условий произрастания.

Для установления особенностей возрастной динамики деревьев по высоте в молодняках, формирующихся на площадях, выведенных из сельхозпользования, на основе данных обмеров модельных деревьев получены кривые хода роста для каждой пробной площади (рис. 3), которые создали плотное поле, позволившее получить обобщающую модель. В качестве итогового уравнения использовалась не стандартные функции роста (Гомпертца, Ричардса, Миттчерлиха и т. д.), а модель с максимальным коэффициентом детерминации и минимальной ошибкой.

Обобщенный ряд отражался функцией вида (MMF Model):

$$y = (a * b + c * x ^ d) / (b + x ^ d), \quad (2)$$

где  $y$  – высота деревьев, м;  $x$  – возраст, лет;  $a, b, c, d$  – коэффициенты уравнения.

Коэффициенты уравнения и показатели адекватности приведены в табл. 3.

Ход роста молодняков по диаметру ствола представлен на рис. 4–5.

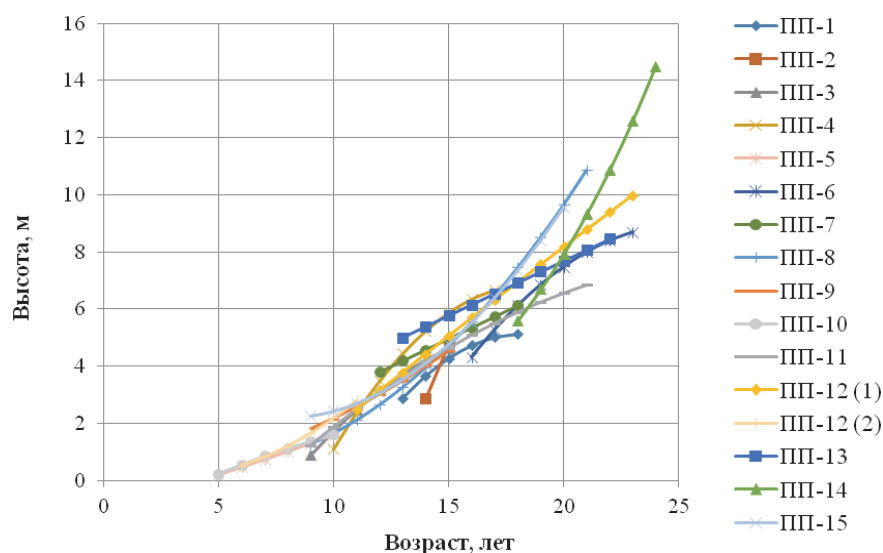


Рис. 3. Ход роста молодняков по высоте

Таблица 3  
Коэффициенты уравнения и показатели адекватности

Коэффициенты и показатели адекватности	Значение
$a$	–0,649
$b$	6349,222
$c$	330,900
$d$	1,718
Коэффициент корреляции ( $R$ )	0,94
Коэффициент детерминации ( $R^2$ )	0,88
Стандартная ошибка ( $S$ )	±1,01

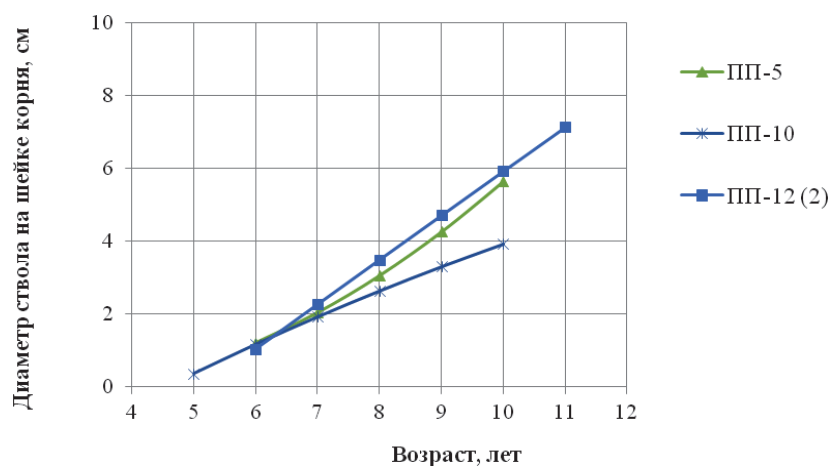


Рис. 4. Ход роста молодняков по диаметру ствола на шейке корня

Формирование молодняков по диаметру отличается гораздо большей изменчивостью, чем по высоте. Молодняки реагируют изменением диаметра ствола на условия роста – богатство почв, структуру сообщества и т. п.

Иногда их реакция трудно объяснима. Примером может служить пробная площадь 2, где практически одного возраста экземпляры имели диаметры, изменяющиеся от 5 до 15 см.

Для понимания характера изменения степени взаимообусловленности между отдельными характеристиками молодняков сосны рассчитаны величины средних приростов по диаметрам стволов, высотам и диаметрам крон. Оказалось, что эти показатели находятся в достаточно тесной связи, о чем говорят величины парных коэффициентов корреляции. Коэффициенты корреляции между средним приростом диаметра ствола и средним приростом по высоте варьируют от

0,66 до 0,92 и в среднем составляют 0,82; между средними приростами диаметра ствола и диаметра кроны – 0,85 (0,64–0,95); средними приростами высоты и диаметра кроны – 0,68 (0,39–0,90).

Следует отметить, что последний ряд коэффициентов корреляции имеет наибольшую изменчивость – 23,0 %.

Возникает естественный вопрос: в какой степени взаимообусловленность консервативна и как она изменяется с возрастной динамикой древостоев?

Оказалось, что с увеличением возраста степень связи между средними приростами снижается, причем если величины коэффициентов корреляции между средними приростами диаметров стволов и диаметров крон меняется незначительно (не более чем на 0,1), то величины коэффициентов корреляции между средними приростами высот и средними приростами диаметров крон снижаются с высокой интенсивностью (рис. 6).

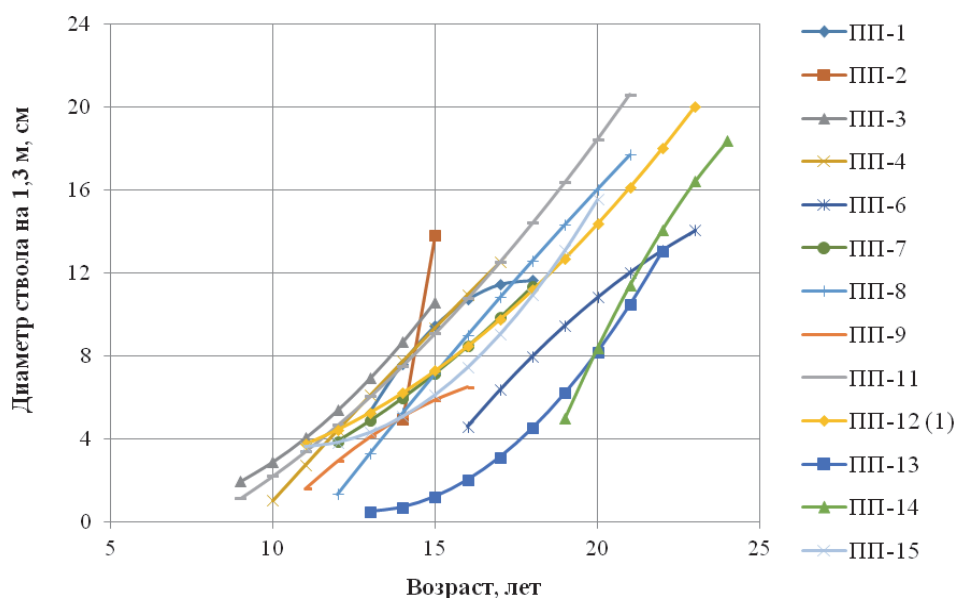


Рис. 5. Ход роста молодняков по диаметру ствола на 1,3 м

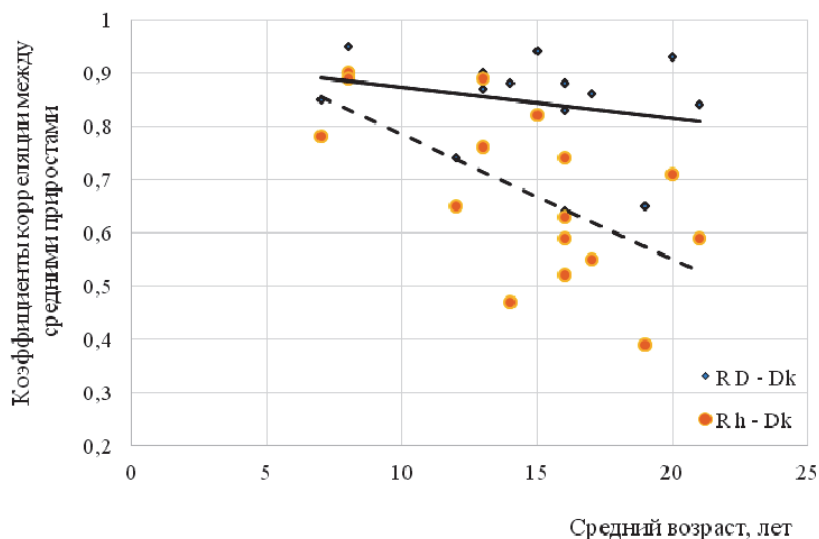


Рис. 6. Динамика коэффициентов корреляции между средними приростами диаметров крон, диаметров стволов и высот



Данный результат вероятнее всего говорит о начале процессов интенсивной дифференциации в структуре молодняков района исследований.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОДЫ

В результате анализа взаимообусловленности основных морфометрических показателей молодняков сосны, сформировавшихся на землях, выведенных из сельскохозяйственного использования, установлено:

– изменчивость высот молодняка зависит от их возраста. Так, в маломерных молодняках (средний возраст от 7 до 8 лет) коэффициент варьирования равен 37,9–47,7 %, в среднемерных молодняках (средний возраст от 12 до 21 года) – 18,6–42,6 %;

– ход роста по высоте у молодняков на различных участках характеризуется достаточно высокой согласованностью, что позволило получить обобщенную модель роста по высоте;

– установлено, что величины коэффициентов корреляции между средними приростами отдельных показателей снижаются с увеличением возраста, что говорит о начале процессов интенсивной дифференциации деревьев по размерам.

Таким образом, можно констатировать, что в первоначальный период роста взаимосвязи между морфометрическими показателями в молодняках сосны высокой густоты достигают максимальных значений, а затем вследствие влияния как эндогенных, так и экзогенных факторов взаимообусловленность признаков снижается до периода естественного изреживания.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Pommerening A., Muszta A. Methods of modeling relative growth rates // *Forest Ecosystems*. 2015. Vol. 2, no. 5.
2. Кузьмичев В. В. Закономерности динамики древостоев: принципы и модели : монография ; СО РАН, Ин-т леса им. В. Н. Сукачева. Новосибирск : Наука, 2013. 207 с.
3. Hunt R. Basic Growth Analysis: Plant Growth Analysis for Beginners. Unwin Hyman. London, 1990.
4. Таксация леса. Ход роста насаждений : учебное пособие / И. С. Сальникова, Т. С. Воробьева, З. Я. Нагимов, С. С. Зубова, О. Н. Орехова, А. В. Суслов. Екатеринбург : Ур. гос. лесотехн. ун-т, 2020. 130 с.
5. Semere M., Cherinet A., Gebreyesus M. Climate resilient traditional agroforestry systems in Silite district, Southern Ethiopia // *Journal Forest Science*. 2022. Vol. 68, no. 4. Pp. 136–144.
6. Ярошенко А. Сколько лесов в России? // *Земля касается каждого*. 2023. URL: <https://earthtouches.me/articles/2023/11/02/skolko-lesov-v-rossii/>.
7. Всероссийская сельскохозяйственная перепись. 2016. Т. 3. URL: <http://www.vshp2016.ru>.
8. Кудеяров В. Н. Современное состояние углеродного баланса и предельная способность почв к поглощению углерода на территории России // *Почвоведение*. 2015. № 9. С. 1049–1060.
9. Малыш Е. В. Ренты карбоновых ферм на землях сельскохозяйственного назначения // *Региональные*

проблемы преобразования экономики. 2021. № 10 (132). С. 58–65.

10. Курбанов Э. А., Воробьева О. Н., Губарев А. В. Использование космических снимков ALOS для выявления площадей бывших сельскохозяйственных угодий, зарастающих лесом // *Геоматика*. 2010. № 4. С. 68–72.

11. Abolina E., Luzadis V. A. Abandoned agricultural land and its potential for short rotation woody crops in Latvia. Land use policy, 2015. Vol. 49. Pp. 435–445.

12. Bucha T., Papčo J., Sačkov I., Pajtk J., Sedliak M., Barka I., & Feranec J. Woody Above-Ground Biomass Estimation on Abandoned Agriculture Land Using Sentinel-1 and Sentinel-2 Data // *Remote Sensing*. 2021. Vol. 13, no. 13 (2488).

13. Sačkov I., Barka I., Bucha T. Mapping Above-ground Woody Biomass on Abandoned Agricultural Land Based on Airborne Laser Scanning Data // *Remote Sensing*, 2020. Vol. 12, no. 24 (4189).

14. Kolečka N. Height of Successional Vegetation Indicates Moment of Agricultural Land Abandonment // *Remote Sensing*, 2018. Vol. 10, no. 10 (1568).

15. A Review of the Application of Remote Sensing Data for Abandoned Agricultural Land Identification with Focus on Central and Eastern Europe / T. Goga, J. Feranec, T. Bucha, M. Rusnák, I. Sačkov, I. Barka, M. Kolečká, J. Papčo, J. O'hahe, D. Szatmári et al. // *Remote Sensing*, 2019. Vol. 11, no. 23 (2759).

### REFERENCES

1. Pommerening A., Muszta A. Methods of modeling relative growth rates. *Forest Ecosystems*, 2015, vol. 2, no. 5.
2. Kuz'michev V. V. Zakonomernosti dinamiki drevostoev: principy i modeli : monografiya ; SO RAN, In-t lesa im. V. N. Sukacheva. Novosibirsk : Nauka, 2013. 207 s.
3. Hunt R. Basic Growth Analysis: Plant Growth Analysis for Beginners. *Unwin Hyman*, London, 1990.
4. Taksacija lesa. Hod rosta nasazhdenij: uchebnoe posobie / I. S. Sal'nikova, T. S. Vorob'eva, Z. Ja. Nagimov, S. S. Zubova, O. N. Orehova, A. V. Suslov. Ekaterinburg : Ur. gos. lesotehn. un-t, 2020. 130 s.
5. Semere M., Cherinet A., Gebreyesus M. Climate resilient traditional agroforestry systems in Silite district, Southern Ethiopia. *Journal Forest Science*, 2022, vol. 68, no. 4, pp. 136–144.
6. Jaroshenko A. Skol'ko lesov v Rossii? // *Zemlja kasaetsja kazhdogo*. 2023. URL: <https://earthtouches.me/articles/2023/11/02/skolko-lesov-v-rossii/>.
7. Vserossijskaja sel'skohozjajstvennaja perepis' 2016. T. 3. Jelektronnaja versija <http://www.vshp2016.ru>.
8. Kudejarov V. N. Sovremennoe sostojanie ugle-rodnogo balansa i predel'naja sposobnost' pochv k pogloshheniju ugleroda na territorii Rossii // *Pochvovedenie*. 2015. № 9. S. 1049–1060.
9. Malyshev E. V. Renty karbonovykh ferm na zemljah sel'skohozjajstvennogo naznacheniya // *Regional'nye problemy preobrazovaniya jekonomiki*. 2021. № 10 (132). S. 58–65.

10. Kurbanov Je. A., Vorob'eva O. N., Gubarev A. V. Ispol'zovanie kosmicheskikh snimkov ALOS dlja vyjavlenija ploshhadej byvshih sel'skhozjajstvennyh ugodij, zarastajushhih lesom // Geomatika. 2010. № 4. S. 68–72.

11. Abolina E., Luzadis V. A. Abandoned agricultural land and its potential for short rotation woody crops in Latvia. *Land use policy*, 2015, vol. 49, pp. 435–445.

12. Bucha T., Papčo J., Sačkov I., Pajčík J., Sedliak M., Barka I., & Feranec J. Woody Above-Ground Biomass Estimation on Abandoned Agriculture Land Using Sentinel-1 and Sentinel-2 Data. *Remote Sensing*, 2021, vol. 13, no. 13 (2488).

13. Sačkov I., Barka I., Bucha T. Mapping Aboveground Woody Biomass on Abandoned Agricul-

tural Land Based on Airborne Laser Scanning Data. *Remote Sensing*, 2020, vol. 12, no. 24 (4189).

14. Kolečka N. Height of Successional Vegetation Indicates Moment of Agricultural Land Abandonment. *Remote Sensing*, 2018, vol. 10, no. 10 (1568).

15. Goga T., Feranec J., Bucha T., Rusnák M., Sačkov I., Barka I., Kopecká M., Papčo J., Oťahe J., Szatmári D., et al. A Review of the Application of Remote Sensing Data for Abandoned Agricultural Land Identification with Focus on Central and Eastern Europe. *Remote Sensing*, 2019, vol. 11, no. 23 (2759).

© Мамедова С. К., Шевелев С. Л.,  
Вайс А. А., 2025

---

Поступила в редакцию 22.05.2025  
Принята к печати 20.10.2025