

DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2020.3.07  
УДК 630.182. 21

## Общие закономерности роста насаждений сосны корейской

**Н.В. Выводцев**

*Тихоокеанский государственный университет,  
заведующий кафедрой, доктор сельскохозяйственных наук,  
Хабаровск, Российская Федерация,  
004193@pnu.edu.ru*

*В статье рассмотрены общие закономерности роста сосны корейской (*Pinus koraiensis* Sieboldet Zucc.) – ценнейшей древесной породы дальневосточных лесов. По данным анализов хода роста, таблицам хода роста разработаны типовые линии роста для четырех таксационных показателей: высоты, диаметра, видового числа и числа стволов. Они представлены в графическом и аналитическом виде. В основу метода построения таблиц хода роста положены индексные кривые.*

**Ключевые слова:** *сосна корейская, анализ ствола, таксационный показатель, индексы роста, общие закономерности роста*

Для ссылок: DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2020.3.07.  
Выводцев, Н.В. **Общие закономерности роста насаждений сосны корейской** / Н.В. Выводцев. – DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2020.3.07. – Текст : электронный // Лесохозяйственная информация : электрон. сетевой журн. – 2020. – № 3. – С. 81–88. URL: <http://lhi.vniilm.ru/>

## Введение

Ареал сосны корейской (*Pinus koraiensis* Sieboldet Zucc.) на Дальнем Востоке достаточно обширный. Только в Хабаровском крае площадь, занимаемая кедровыми насаждениями, по данным государственной инвентаризации лесов (ГИЛ) 2018 г., составила 1 331,8 тыс. га, общий запас – 462,55 млн м<sup>3</sup>, средний запас – 351 м<sup>3</sup>/га. Из общего числа учтенных при инвентаризации деревьев (311 216,7 тыс. шт.) доля деловых стволов достигает 74,3 %, а, согласно товарным таблицам, минимальная доля деловых стволов – 60 % [1].

После введения запрета на рубку кедра [2] для контроля за продуктивностью древостоев потребовался метод, позволяющий строить таблицы хода роста, не прибегая к рубке модельных деревьев. Ближе всего поставленной цели соответствовал метод ВНИИЛМ [3]. Он базируется на системе типовых и стандартизованных шкал роста, отражающей многообразие особенностей роста древостоев определенной древесной породы. Соответствующий тип роста подбирается по 3-м (5-ти) пробным площадям, заложенным в начале, середине и конце возрастного ряда. Недостающие значения таксационных показателей в других возрастах восстанавливают через индексы роста.

Для кедровников, ввиду малочисленности таблиц хода роста и дискретности их возрастного интервала (таблицы начинаются с возраста 110 лет), такой подход оказался мало приемлемым. Поэтому для изучения закономерностей роста древостоев сосны корейской по высоте, диаметру и видовому числу нами были привлечены данные анализов хода роста ствола 87 деревьев [4], а по числу стволов – таблицы хода роста С.Н. Моисеенко [5]. Особенность индексных значений модельных деревьев сосны корейской заключалась в том, что они незначительно варьировали в пределах класса возраста. Невысокая изменчивость наблюдалась и у прироста по диаметру в интервале 10–250 лет. Максимальный коэффициент изменчивости (57 %) наблюдался в 10 лет, минимальный (33 %) – в 170 лет [4, 6]. Полученные результаты свидетельствуют

об однородности условий произрастания насаждений сосны корейской в границах ареала. Это и обусловило выбор методического подхода к изучению общих закономерностей роста на основе анализа четырех таксационных показателей – высоты, диаметра, видового числа, числа стволов – и разработку на этой основе метода построения таблиц хода роста.

**Цель работы** – изучить общие закономерности роста сосны корейской и разработать метод построения таблиц хода роста.

Задачи исследования:

1. Изучить общие закономерности роста кедровых древостоев. Дать обоснование выбранному подходу к составлению таблиц хода роста.
2. Подобрать регрессионные уравнения связи к индексам роста основных таксационных показателей.
3. Разработать вариант таблицы хода роста для отдельного древостоя.

## Результаты и обсуждение

Индексы роста четырех таксационных показателей сосны корейской рассчитаны по данным анализа хода роста 87 модельных деревьев, отобранных в разное время, в неодинаковых условиях произрастания, различными исполнителями, что позволило считать выборку случайной.

Сопоставимость абсолютных значений таксационных показателей была достигнута после их преобразования с помощью соотношения [3]:

$$I = \frac{T_i}{T_6}, \quad (1)$$

где:

$I$  – индексное значение таксационного показателя;

$T_i$  – абсолютное значение показателя в  $i$ -м возрасте;

$T_6$  – абсолютное значение показателя в базовом возрасте (150 лет).

В относительных величинах многообразие типовых линий роста по высоте, диаметру, объему, видовому числу укладывается в узкий

пучок. После их усреднения и незначительного графического выравнивания значения индексов приняты за базовые средние для всей кедровой формации. Индексы числа стволов в интервале 110–350 лет определены по таблицам хода роста С.Н. Моисеенко, а в интервале 10–110 лет – экстраполяцией. В табличном и аналитическом виде индексы представлены в работах [4, 6].

Таким образом, общие закономерности роста сосны корейской в границах ареала независимо от принадлежности к тому или иному типу леса, типу возрастной структуры или условиям произрастания выражаются индексами роста 4-х таксационных показателей: высоты, диаметра, видового числа, числа стволов. Отсюда следует вывод, что разработанная система индексов является универсальной и ее можно использовать для разработки различных лесотаксационных нормативов, включая шкалу бонитетов [2], или разрядов, таблицы хода роста для отдельных насаждений [6]. В последнем случае предлагаемый подход к моделированию роста отдельных деревьев является наиболее оптимальным, поскольку сосна корейская – кормовое дерево: с 1 га, в зависимости от балла урожайности, можно получить более 290 кг чистых семян [6]. Сосна корейская в естественных условиях начинает плодоносить, когда выходит из-под полога лиственных пород в первый ярус, т.е. в возрасте 150–200 лет. По таблицам хода роста С.Н. Моисеенко в этом возрасте в первом ярусе произрастает от 40 до 200 деревьев сосны корейской (в среднем – 120 деревьев). Средняя за 10-летний период биологическая орехопродуктивность горных кедровников, имеющих

относительную полноту 0,5–0,7, равна 25 кг/га [6]. В пересчете на площадь, занимаемую сосной корейской в Хабаровском крае (1 331,8 тыс. га), исключив из нее молодняки и средневозрастные насаждения (305 тыс. га), можно получать ежегодно до 15 тыс. т высококачественной белковой продукции.

Для автоматизации расчетов выравненные графически средние значения индексов таксационных показателей описаны регрессионными уравнениями. Индексы высот ( $I_h$ ), диаметров ( $I_d$ ), числа стволов ( $I_n$ ) аппроксимируются полиномом 5-й степени ( $r = 0,99$ ,  $s = 0,0022-0,0033$ ):

$$I = a + bx + cx^2 + dx^3 + ex^4 + fx^5, \quad (2)$$

где:

- x – возраст, уменьшенный в 100 раз, лет;
- a, b, c, d, e, f – коэффициенты (см. табл. 1).

Индексы видового числа описаны с помощью дробно-рационального уравнения ( $r = 0,99$ ,  $s = 0,0128$ ):

$$I_f = \frac{a \times b + c \times x^d}{b + x^d}, \quad (3)$$

где:

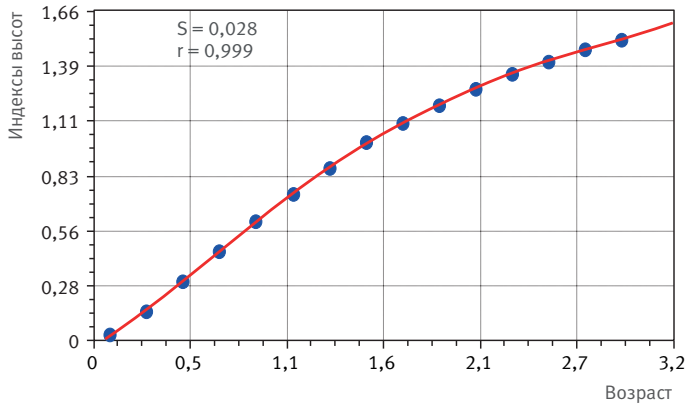
- $I_f$  – индексы видового числа;
- x – возраст, уменьшенный в 100 раз, лет.

Коэффициенты уравнений (2) и (3) приведены в табл. 1.

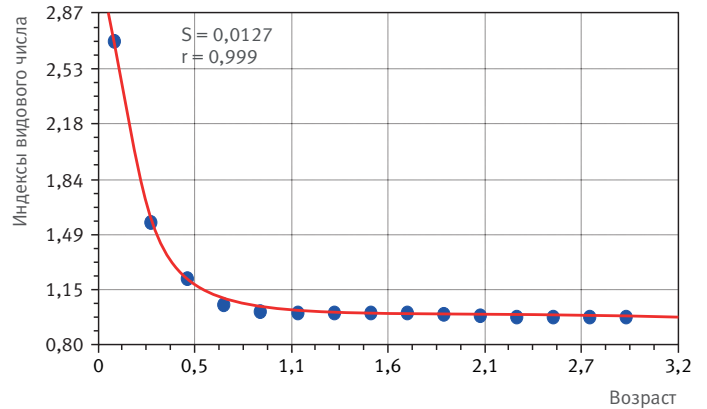
Графики зависимости индексов высоты, видового числа, диаметров и числа стволов сосны корейской от возраста приведены на рис. 1–4.

**Таблица 1.** Коэффициенты уравнений (2) и (3)

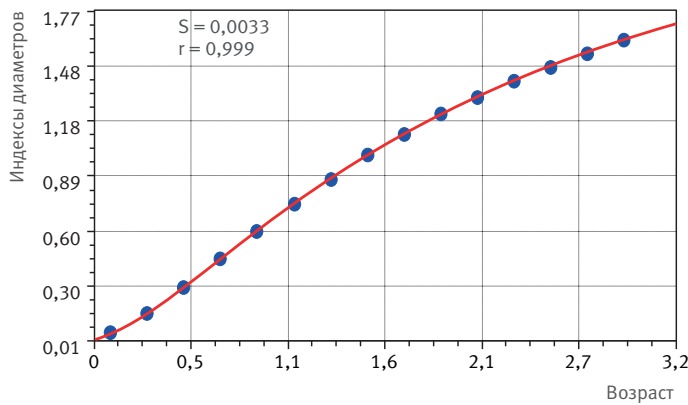
Коэффициент	Значения параметров уравнений			
	высота ( $I_h$ )	диаметр ( $I_d$ )	число стволов ( $I_n$ )	видовое число ( $I_f$ )
a	-1.83339448419E-002	1.27741302932E-002	3.06081755873E+000	9.75282912066E-001
b	4.41705446383E-001	3.20769480789E-001	-3.86942962639E+000	4.52835407006E+001
c	5.90141623252E-001	6.83068733307E-001	4.17301187439E+000	2.97133488146E+000
d	-4.52960441821E-001	-4.58641713108E-001	-2.74013133695E+000	-2.45862233035E+000
e	1.29135550204E-001	1.19753384220E-001	8.70727106677E-001	–
f	-1.36323380603E-002	-1.14809081563E-002	-1.03700905991E-001	–



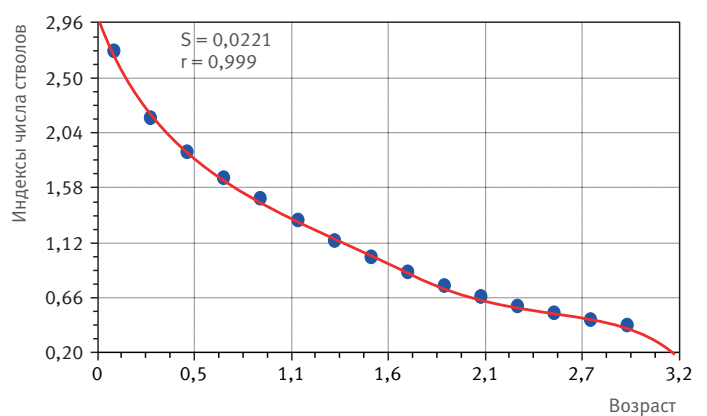
**Рис. 1. Зависимость индексов высот от возраста деревьев**



**Рис. 2. Зависимость индексов видового числа от возраста деревьев**



**Рис. 3. Зависимость индексов диаметров стволов от возраста деревьев**



**Рис. 4. Зависимость индексов числа стволов от возраста насаждения**

Результаты исследования показали, что характер роста в высоту сосны корейской в границах ареала отражается одной типовой линией, а, например, сосны обыкновенной – 15 типовыми линиями [3]. В данном случае универсальность типовых линий роста сосны корейской очевидна. Это свойство можно использовать для любого насаждения с участием или преобладанием сосны корейской. Умножая абсолютные значения показателей анализируемого насаждения на индексы роста, можно с высокой точностью осуществлять ретроспективную и прогнозную оценку продуктивности древостоев.

Рассмотрим построение таблицы хода роста на примере древостоя сосны корейской,

произрастающего в Еврейской автономной области (табл. 2). Состав древостоя – 8С2Е, возраст – 210 лет.

Расчеты абсолютных значений высоты, диаметра, видового числа, числа стволов в других возрастах выполнены путем обратных преобразований индексов, принимая в качестве базы абсолютные значения показателей в 210 лет. Следует отметить, что число стволов сосны корейской в 30 лет, рассчитанное с помощью индексов, близко данным Р. Кобаяси [7]. Суммы площадей поперечных сечений, наличный запас древесины, среднее и текущее изменение запаса определены по известным в таксации формулам. Таблица построена лишь для растущей части древостоя и только для сосны корейской.

**ТАБЛИЦА 2. Ход роста древостоя сосны корейской**

ВОЗРАСТ, ЛЕТ	ВЫСОТА, М	ДИАМЕТР, СМ	Число стволов, шт. га <sup>-1</sup> , РАССЧИТАННОЕ		ВИДОВОЕ число (0,001)	СУММА ПЛОЩАДЕЙ ПОПЕРЕЧНЫХ СЕЧЕНИЙ, М <sup>2</sup> ГА <sup>-1</sup>	ЗАПАС ДРЕВЕСИ- НЫ, М <sup>3</sup> ГА <sup>-1</sup>	ИЗМЕНЕНИЕ ЗАПАСА, М <sup>3</sup> ГА <sup>-1</sup>	
			С ПОМОЩЬЮ ИНДЕКСОВ РОСТА	ПО ФОРМУЛЕ В.Е. УДОДА [8]				СРЕДНЕЕ	ТЕКУЩЕЕ
30	3,4	5,2	721	5 167	698	11,0	26	0,86	-
50	6,7	10,1	601	1 899	558	15,2	57	1,14	1,45
70	10,0	15,2	517	1 028	471	18,6	88	1,26	1,55
90	13,4	20,3	448	666	449	21,5	129	1,43	2,05
110	16,5	25,2	392	483	448	24,1	178	1,62	2,45
130	19,4	29,9	344	372	447	26,1	226	1,74	2,40
150	22,2	34,4	303	302	446	28,1	278	1,85	2,60
170	24,2	39,5	268	245	444	30,0	322	1,89	2,20
190	26,4	42,0	238	224	443	31,0	363	1,91	2,05
210	28,2	44,9	212	203	437	32,1	396	1,88	1,65
230	29,8	47,8	189	184	436	33,0	429	1,86	1,65
250	31,3	50,4	169	170	435	33,9	462	1,85	1,65
270	32,5	52,9	152	158	435	34,7	490	1,82	1,40
290	33,7	55,3	137	148	434	35,5	519	1,79	1,45

Для сравнения динамику численности стволов анализируемого древостоя рассчитали двумя способами – с помощью индексов роста и по формуле В.Е. Удода [8]:

$$N_{\text{опт}} = \frac{10\,000}{0,164d\sqrt{d}} = \frac{60\,975}{d\sqrt{d}}, \quad (4)$$

где:

d – средний диаметр древостоя, см;

$N_{\text{опт}}$  – оптимальное число стволов, шт./га.

В формуле В.Е. Удода [8] произведение среднего диаметра на корень квадратный из среднего диаметра характеризует скорость перехода насаждения из одной ступени толщины в другую, или текущий прирост таксационного показателя. Числитель формулы – это некоторая константа, которая зависит от лесобразующей породы, но не зависит от класса бонитета.

Формулу (4) можно представить как произведение числа стволов в насаждении на средний диаметр в степени (x):

$$C = N(d)^x, \quad (5)$$

где:

C – постоянная величина;

N – оптимальное количество стволов в насаждении, шт.

Расчеты с использованием таблиц хода роста нормальных насаждений показали, что  $x = 1,5$ , и формула (5) принимает вид:

$$C = Nd\sqrt{d}. \quad (6)$$

Количество стволов, определенное по формуле В.Е. Удода [8] и через индексы, в возрасте 30–110 лет существенно различается: отклонения достигают +200 %. После 110 лет число стволов совпадает. Средняя величина отклонения за последующие 160 лет равна -0,2%. Максимум среднего изменения запасов наблюдается в 190 лет. В этом возрасте насаждения сосны корейской будут достигать количественной спелости. Кульминация текущего изменения запаса наступает в 150 лет.

## Выводы

Проведенное исследование позволяет сделать несколько важных выводов:

а) общие закономерности роста сосны корейской отражаются с помощью индексов четырех таксационных показателей: высоты, диаметра, видового числа и числа стволов. Минимизация типовых линий роста, с одной стороны, указывает на однородность условий произрастания кедрово-широколиственных лесов, с другой – позволяет моделировать ход роста любого интересующего нас древостоя независимо от его возраста, условий произрастания, типа леса без рубки модельных деревьев;

б) согласно таблицам хода роста количественная спелость будет всегда наступать в 190 лет, но значение среднего изменения запаса в каждой таблице будет разным. Максимум текущего изменения запаса наблюдается в 150 лет;

в) в нормальных насаждениях соотношение средних диаметров и численности стволов составляет 3:2. Это соотношение имеет всеобщий характер и его можно использовать для оптимизации роста древостоев сосны корейской;

г) для кедровой формации разработанный метод актуален и прогрессивен. С его помощью можно «паспортизировать» насаждения, представляющие научный и производственный интерес. Разработанный на его основе эскиз таблиц хода роста можно рекомендовать производству как эталон.

## Список использованных источников

1. Справочник для таксации лесов Дальнего Востока. – Хабаровск : ДальНИИЛХ, 1990. – 526 с.
2. Руководство по организации и ведению хозяйства в кедрово-широколиственных лесах Дальнего Востока (кедр корейский). Приказ Государственного комитета СССР по лесу от 14.11. 1990 № 178.
3. Загреев, В.В. Географические закономерности роста / В.В. Загреев. – М. : Лесн. пром-сть, 1978. – 240 с.
4. Биоэкологические и морфологические характеристики кедровых лесов Хабаровского края / Н.В. Выводцев, Е.В. Сомов, С.А. Тютрин, Р. Кобаяси // Лесная таксация и лесоустройство. – 2012. – 2(48). – С. 27–34.
5. Моисеенко, С.Н. Таблицы хода роста кедрово-широколиственных лесов Дальнего Востока / С.Н. Моисеенко. – Хабаровск : ДальНИИЛХ, 1966. – 91 с.
6. Выводцев, Н.В. Сосна кедровая корейская в Хабаровском крае и перспективы ее восстановления / Н.В. Выводцев, А.Н. Выводцева, Р. Кобаяси. – Хабаровск : изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2016. – 206 с.
7. Кобаяси, Р. Особенности естественного и искусственного лесовосстановления сосны кедровой корейской в условиях Хабаровского края : автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук / Рёсукэ Кобаяси. – Красноярск : СибГТУ, 2016. – 20 с.
8. Удод, В.Е. Определение оптимальной интенсивности рубок ухода в дубовых насаждениях / В.Е. Удод // Лесн. хоз-во. – 1972. – № 7. – С. 15–17.

## References

1. Spravochnik dlya taksatsii lesov Dal'nego Vostoka. – Habarovsk : Dal'NIILH, 1990. – 526 s.
2. Rukovodstvo po organizatsii i vedeniyu hozyajstva v kedrovo-shirokolistvennyh lesah Dal'nego Vostoka (kedr korejskij). Prikaz Gosudarstvennogo komiteta SSSR po lesu ot 14.11. 1990 № 178.
3. Zagreev, V.V. Geograficheskie zakonomernosti rosta / V.V. Zagreev. – M. : Lesn. prom-st', 1978. – 240 s.
4. Bioekologicheskie i morfologicheskie harakteristiki kedrovyyh lesov Habarovskogo kraya / N.V. Vyvodcev, E.V. Somov, S.A. Tyutrin, R. Kobayasi // Lesnaya taksatsiya i lesoustrojstvo. – 2012. – 2(48). – S. 27–34.
5. Moiseenko, S.N. Tablicy hoda rosta kedrovo-shirokolistvennyh lesov Dal'nego Vostoka / S.N. Moiseenko. – Habarovsk : Dal'NIILH, 1966. – 91 s.
6. Vyvodcev, N.V. Sosna kedrovaya korejskaya v Habarovskom krae i perspektivy ee vosstanovleniya / N.V. Vyvodcev, A.N. Vyvodceva, R. Kobayasi. – Habarovsk : izd-vo Tihookean. gos. un-ta, 2016. – 206 s.
7. Kobayasi, R. Osobennosti estestvennogo i iskusstvennogo lesovosstanovleniya sosny kedrovoj korejskoj v usloviyah Habarovskogo kraya : avtoref. diss. ... kand. s.-h. nauk / Ryosuke Kobayasi. – Krasnoyarsk : SibGTU, 2016. – 20 s.
8. Udod, V.E. Opredelenie optimal'noj intensivnosti rubok uhoda v dubovyh nasazhdeniyah / V.E. Udod // Lesn. hoz-vo. – 1972. – № 7. – S. 15–17.

# General Growth Patterns of Korean Pine Plantations

**N. Vivodtsev**

*Pacific state University, Head of the Department,  
Doctor of Agricultural Sciences, Khabarovsk, Russian Federation,  
004193@pnu.edu.ru*

**Keywords:** *korean pine, the analysis of the trunk, taxonomic index, growth indices, the General pattern of growth*

*Korean cedar pine in the Khabarovsk Territory occupies 1,3 million hectares, which is 2,2 % of the area covered by forest. To control age-related changes in cedar stands S.N. Moiseenko in 1966 developed 28 tables of growth progress. The disadvantage of these tables is that they characterize the growth of plantations in the range of 110–330 years. One of the reasons for this age-related “isolation” was the lack of experimental material in this time period. The search for a solution to this problem led to the development of a method for constructing growth progress tables based on taxation indices calculated from trunk analysis data taken during growth. Indexes convey the general patterns of growth of stands of this breed and the interval of their action is 10–290 years. The advantages of this method include a limited number of typical growth lines according to the main taxation indicators – height, diameter, species number, number of trunks. Only one line of indices was developed for them. Minimization of typical growth lines, on the one hand, indicates the uniformity of the conditions for the growth of cedar-deciduous forests, and, on the other hand, allows us to simulate the growth progress of any tree stand we are interested in, regardless of its age, growth conditions, type of forest without felling of model trees. For the cedar formation, the method turned out to be the most relevant and progressive. His test on a high-productive tree stand showed acceptable practical possibilities when constructing growth tables.*