

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

ЛЕСОВЕДЕНИЕ

ЖУРНАЛ ОСНОВАН В 1967 г.

ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД

4

1973

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

МОСКВА

УДК 634.0.561.24 : 582.475.4 (571.1)

С. Г. ШИЯТОВ

ДЕНДРОХРОНОЛОГИЧЕСКАЯ ШКАЛА КЕДРА СИБИРСКОГО НА СЕВЕРНОЙ ГРАНИЦЕ ЕГО ПРОИЗРАСТАНИЯ В ДОЛИНЕ р. ТАЗ

Приводятся результаты изучения динамики годичного прироста в толщину кедр сибирского на северном пределе его произрастания. На основе изучения современной и археологической древесины получена дендрохронологическая шкала протяженностью 697 лет. В колебаниях индексов ширины годичных колец прослеживаются циклические гармоника различной длины.

Для понимания динамических процессов и явлений, происходящих в живой природе во времени, необходимо иметь длительные и однородные ряды наблюдений изменения интенсивности действия факторов внешней среды. Особую ценность представляют данные о колебаниях климатических показателей — температуры воздуха и количества осадков. К сожалению, во многих северных районах сеть метеорологических станций редка, и станции располагают короткими рядами наблюдений. Это затрудняет решение таких важных для Крайнего Севера проблем, как направленность климатогенных смен растительности, взаимоотношение леса и тундры, продуктивность биогеоценозов, динамика численности важнейших популяций растений и животных.

Выход из этого положения состоит в применении методов, позволяющих реконструировать условия далекого прошлого; чаще всего используется дендрохронологический, как наиболее точный и надежный, дающий возможность производить реконструкцию некоторых важных климатических показателей за сотни и даже тысячи лет.

Многочисленными исследованиями установлено, что на северном пределе произрастания древесной растительности величина годичного прироста деревьев в основном зависит от теплообеспеченности вегетационного периода (Erlandsson, 1936; Giddings, 1941; Schove, 1954; Mikola, 1962). Полученные для этих районов дендрохронологические шкалы отражают колебания показателей термического режима летних месяцев от года к году. Подобного рода данные представляют несомненный интерес не только для биологов, но и для исследователей, занимающихся изучением динамики климата, вечной мерзлоты, ледников, ледовитости морей и других явлений.

К сожалению, максимальная продолжительность жизни древесных растений в северных районах страны обычно не превышает 300—400 лет. Это обстоятельство сдерживает получение долговременных дендрохронологических шкал. Продление шкал в глубь веков здесь возможно в случае нахождения и изучения древесины, которая сформировалась ранее и сохранилась до настоящего времени в древних постройках, вечной мерзлоте, алювиальных отложениях и торфяниках.

В 1968—1970 гг. экспедиция Арктического и Антарктического научно-исследовательского института под руководством проф. М. И. Белова вела раскопки заполярного города Мангазеи в низовье р. Таз, существовавшего с 1601 по 1672 г. в 8 км севернее современного пос. Сидоровска.

Во время раскопок на территории городища было обнаружено много хорошо сохранившейся древесины, которая использовалась для сооружения жилых и служебных помещений (Белов, 1970). Срезы с этой древесины были использованы нами для продления дендрохронологических шкал. Поскольку мангазейская древесина рубилась 300—370 лет назад, т. е. в то время, когда ныне живущие старые деревья были молодыми, оказалось возможным соединить шкалы, полученные по современной и археологической древесины, и тем самым увеличить их протяженность в два раза.

В районе Мангазеи, расположенном на стыке зон лесотундры и при-тундровых редкостойных лесов, произрастают березово-елово-лиственничные леса, перемежающиеся участками ерниковых тундр и болот. По широте Мангазеи проходит северная граница ареала кедр сибирского (*Pinus sibirica*). К северу от пос. Сидоровска он встречается в основном единично в пойме р. Таз, лишь иногда выходя на плакоры в непосредственной близости от реки. Небольшие рощи кедр появляются южнее Сидоровска. Возраст самых старых деревьев кедр на северном пределе его произрастания в этом районе достигает 300—350 лет. В окрестностях Мангазеи довольно много подроста кедр, возраста 40—60 лет. Наличие жизнеспособного подроста в местах, где взрослые деревья отсутствуют или попадают очень редко, свидетельствует о том, что в настоящее время кедр активно осваивает новые площади и, по-видимому, продвигается дальше на север.

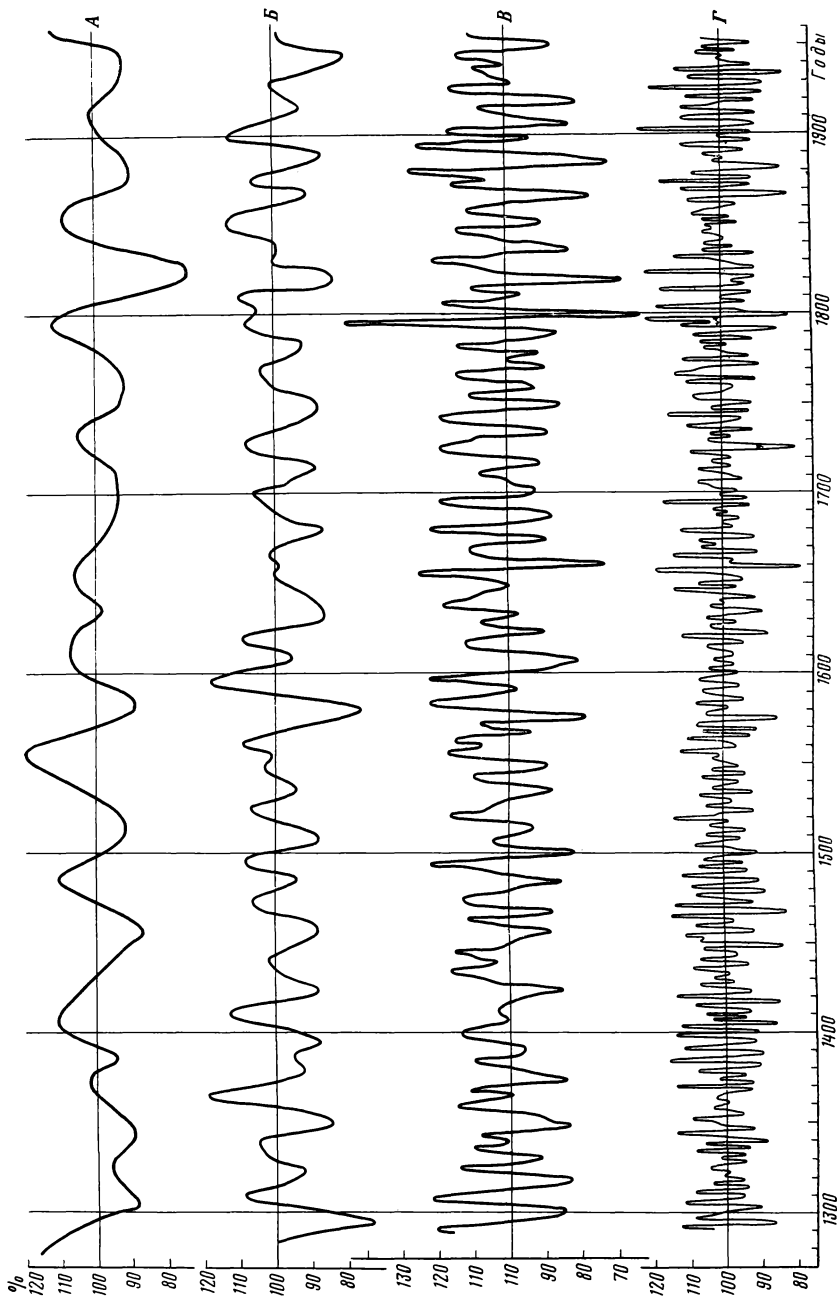
Для сооружения построек Мангазеи использовалась и древесина кедр сибирского. Из 185 срезов, взятых с древних построек, 10 срезов оказались принадлежащими кедр, а остальные — ели и лиственнице. Для дендрохронологического анализа было также взято 17 буровых образцов древесины с ныне живущих наиболее старых деревьев кедр, который произрастает в окрестностях Мангазеи в пойменных условиях.

Ширина годичных колец замерялась на срезах по одному или двум радиусам, на буровых образцах — только по одному. На пропорциональной шкале строились графики изменения ширины колец. Затем производилась датировка колец при помощи метода перекрестного датирования. Абсолютная датировка колец у археологической древесины была проведена с помощью шкал, полученных по современной древесине. Оказалось, что характер изменчивости ширины годичных колец у кедр имеет больше сходства с лиственницей, чем с елью. По археологической древесине была получена дендрохронологическая шкала протяженностью 382 года (1273—1654 г.), а по современной древесине — за 328 лет (1642—1969 г.). Эти шкалы перекрестились между собой на 13 лет (с 1642 по 1654 г.). Общая протяженность шкалы по кедр сибирскому в районе Мангазеи составила 697 лет (1273—1969 г.). Для построения этой шкалы было использовано 5631 годичных колец.

Таблица 1

Представленность различных временных промежутков дендрохронологической шкалы по кедр модельными деревьями

Количество моделей, шт.	Временные промежутки шкалы, годы	Всего	
		лет	%
16—17	1850—1969	120	17
11—15	1778—1849	72	10
6—10	1462—1627; 1736—1777	208	30
3—5	1322—1461; 1628—1636; 1698—1735	187	27
2	1306—1321; 1637; 1642—1654; 1678—1697	50	7
1	1273—1305; 1638—1641; 1655—1677	60	9
1—17	1273—1969	697	100



Результаты разложения исходного ряда индексов ширины годичных колец кедров сибирского на циклические гармоники

А — 58-летний цикл; Б — 26-летний цикл; В — 13-летний цикл; Г — 5,2-летний цикл

Индексы ширины годовичных колец кедров сибирского за 1273—1969 гг.
(27 модельных деревьев)

Год	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1960	142	122	118	122	116	140	122	157	147	155
1950	78	68	83	107	116	116	135	109	118	144
1940	83	72	100	72	98	100	72	68	96	72
1930	90	113	109	83	46	107	98	98	59	78
1920	81	102	98	120	96	98	170	78	107	78
1910	92	111	77	125	87	144	70	94	81	57
1900	125	98	133	165	109	70	87	70	94	120
1890	77	66	104	104	142	109	120	78	106	94
1880	170	98	77	52	63	52	70	52	68	77
1870	109	96	87	98	135	118	72	85	135	131
1860	100	129	74	127	96	87	85	24	77	78
1850	140	96	100	120	109	98	157	113	133	137
1840	115	87	109	120	106	129	137	129	144	115
1830	94	104	118	79	42	90	68	66	81	83
1820	26	22	37	98	74	61	61	81	79	96
1810	104	96	87	100	120	87	66	35	35	24
1800	70	85	83	129	152	131	115	98	122	96
1790	77	102	85	133	179	142	165	176	102	83
1780	106	104	115	72	135	81	83	94	98	118
1770	87	96	61	102	98	125	61	85	87	83
1760	77	85	102	125	70	109	125	125	102	87
1750	70	59	77	96	96	106	87	83	85	92
1740	102	115	81	115	127	100	74	79	79	74
1730	125	137	98	122	102	85	74	115	115	102
1720	79	106	104	131	127	109	98	122	129	127
1710	90	92	96	94	79	72	90	70	83	85
1700	96	87	85	94	90	85	109	79	83	87
1690	87	100	92	94	129	146	115	96	106	96
1680	109	94	94	90	87	87	74	87	90	79
1670	120	100	100	98	79	59	74	72	113	113
1660	72	87	87	98	113	135	127	92	106	115
1650	113	102	100	118	111	135	131	159	100	66
1640	100	94	81	104	94	111	135	79	98	115
1630	106	79	90	83	79	98	106	118	94	106
1620	139	122	83	90	113	100	115	111	90	98
1610	106	87	109	125	115	131	131	106	135	122
1600	111	102	111	102	87	81	87	87	92	70
1590	115	100	104	104	109	129	142	146	139	135
1580	98	68	87	113	92	115	72	100	109	66
1570	129	96	94	94	35	42	46	66	72	59
1560	131	135	129	152	133	98	113	118	83	77
1550	120	109	131	137	142	127	155	139	118	142
1540	113	113	135	106	118	94	127	104	102	102
1530	98	92	109	83	70	90	94	96	106	104
1520	106	111	127	81	111	94	127	102	102	100
1510	94	74	68	77	79	85	83	81	79	137
1500	81	79	68	87	100	83	96	79	79	85
1490	118	96	144	127	118	129	137	83	122	74
1480	122	113	102	100	77	83	94	127	115	102
1470	135	113	109	104	129	115	135	125	96	85
1460	81	81	90	90	113	106	59	66	79	109
1450	92	87	68	83	72	68	81	57	77	90
1440	125	94	94	118	92	98	106	111	50	81
1430	109	104	111	109	122	133	98	104	94	98
1420	118	98	70	74	74	81	94	106	83	106
1410	144	122	109	125	122	133	113	79	100	102
1400	100	106	127	131	125	94	133	142	115	127
1390	94	109	90	87	81	79	90	113	133	106
1380	90	72	90	85	142	92	96	92	74	83
1370	142	96	92	92	90	79	70	92	92	94
1360	106	133	113	129	131	102	127	122	100	135

Таблица 2 (продолжение)

Год	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1350	63	68	68	81	61	77	83	100	109	120
1340	72	94	94	104	100	98	59	55	66	59
1330	96	94	85	104	115	113	87	106	109	113
1320	87	77	92	102	111	104	106	94	83	81
1310	106	135	106	102	72	98	81	72	70	66
1300	70	66	61	66	92	120	120	111	115	113
1290	120	104	135	90	57	61	68	83	68	63
1280	148	133	127	137	142	142	131	125	125	120
1270	—	—	—	131	159	106	142	152	148	135

Индексы ширины годовых колец рассчитывались по методике, предложенной нами ранее (Шиятов, 1970). Она применима в тех случаях, когда величина годового прироста с возрастом изменяется слабо, т. е. не проявляется кривая «большого периода роста». Однако в районе Мангазеи у некоторых модельных деревьев довольно хорошо прослеживается изменение с возрастом темпов роста. В связи с этим в методику расчета индексов было внесено следующее дополнение. В случае выраженности большого периода роста графически проводилась не только кривая максимально возможного, но и кривая минимально возможного прироста (по точкам с минимальными значениями ширины годовых колец). Значения индексов ширины колец (от 0 до 100%) определялись с помощью палетки.

Обобщенная дендрохронологическая шкала по кедру была получена путем усреднения значений индексов по календарным годам. Представленность различных отрезков шкалы модельными деревьями приведена в табл. 1. После усреднения индексов была внесена поправка на неоднородность шкалы, связанную с неодинаковым количеством модельных деревьев в различных временных отрезках. Затем был сделан пересчет значений индексов в обычную систему отсчета, в которой среднее значение близко к 100%. Полученная таким образом дендрохронологическая шкала по кедру приведена в табл. 2. Основные статистические показатели этой шкалы таковы: коэффициент чувствительности (K_r) — 0,18; среднее значение (M) — 99,30; среднее квадратическое отклонение (σ) — $\pm 25,10$; основная ошибка среднего значения (m_x) — $\pm 0,95$; коэффициент изменчивости (C) — 25,3%; точность опыта (p) — 0,96%.

Изучение цикличности в колебаниях индексов ширины годовых колец у кедров было произведено по методике, предложенной Г. Е. Коминым (1970). Эта методика основана на использовании в качестве фильтра скользящей средней и исключении из рассмотрения сначала длительных, а затем все более коротких циклов. Другими словами, исходный ряд индексов разлагается на циклические гармоники различной длины.

В дендрохронологической шкале по кедру было выделено 5 циклических гармоник (рисунок). Кривая *A*, полученная в результате сглаживания индексов при помощи 30-летней средней скользящей с шагом в 10 лет, показывает наличие 11 полных циклов. Средняя длина этого цикла составила 58 лет, средняя амплитуда 18%. Исключение первого цикла дало новый ряд индексов, который затем был сглажен при помощи 15-летней средней скользящей с шагом в 5 лет (кривая *B*). На этой кривой имеется 25 полных циклов, средняя длина которых составила 26 лет, а средняя амплитуда — 19%. Кривая *B* получена путем исключения из рассмотрения 26-летнего цикла и сглаживания нового ряда индексов при помощи 5-летней средней скользящей с шагом в один год. На этой кривой выделено 50 полных циклов, средняя длина которых составила

13 лет, а средняя амплитуда — 27%. После нового вычитания и использования 3-летней средней скользящей с усилением было выделено 126 полных циклов средней длиной 5,2 года (кривая Г). Средняя амплитуда этого цикла оказалась равной 17%. Наконец, после вычитания 5,2-летнего цикла остался самый короткий цикл, средняя длина которого составила 2,8 года, средняя амплитуда — 20%. На рисунке этот короткий цикл не показан, так как при уменьшении графика кривая сливается.

Выводы. 1. На основе изучения изменчивости годовичного прироста в толщину у современной и археологической древесины была получена дендрохронологическая шкала по кедру сибирскому протяженностью 697 лет (с 1273 по 1969 г.).

2. В динамике прироста кедра довольно хорошо прослеживается цикличность. Были выделены циклы в 58, 26, 13, 5,2 и 2,8 лет.

3. Наибольшей амплитудой обладают 13- и 2,8-летний циклы.

4. Из исходного ряда индексов не были выделены сверхвековые циклы. Это, видимо, связано с тем обстоятельством, что в анализ были включены модельные деревья, содержащие сравнительно небольшое количество годовичных колец.

ЛИТЕРАТУРА

- Белов М. И. Раскопки «златокипящей» Мангазеи. Публ. лекции, прочит. в лектории им. Ю. М. Шокальского, вып. 14, Геогр. о-во СССР. Л., 1970.
- Комин Г. Е. Цикличность в динамике прироста деревьев и древостоев сосны таежной зоны Западной Сибири. Изв. Сиб. отд. АН СССР. Сер. биол., № 15, вып. 3, 1970.
- Шиятов С. Г. К методике расчета индексов прироста деревьев. Экология, № 3, 1970.
- Erlandsson S. Dendrochronological studies. Stockholms Högskolas Geokronol. Inst., Data 23, 1936.
- Giddings J. L., Jr. Dendrochronology in Northern Alaska. Univ. Arizona Bull., v. 12, N 4, 1941.
- Mikola P. Temperature and tree growth near the northern timber line. In: Tree Growth. N.-Y., 1962.
- Schöve D. Ju. Sommer temperatures and tree-rings in North-Scandinavia A. D. 1461—1950. Geogr. ann., Arg. 36, N. 1—2, 1954.

Ин-т экологии растений и животных
УНЦ АН СССР

Поступила
6 VI 1972

S. G. SHIATOV

DENDROCHRONOLOGICAL SCEDULE OF PINUS SIBIRICA AT ITS NORTHERN DISTRIBUTION LIMIT IN THE TAZ RIVER BASIN

On the basis of the study of radial annual growth of *Pinus sibirica* variations the tree-ring chronology for the last 697 years was obtained. Samples of wood were taken from recent and archaeological wood at the northern distribution limit of *Pinus sibirica* in the Taz river basin. The indices of annual ring width reflect mainly thermal conditions of the vegetation period. They show the presence of a few cycles of different duration. With the help of the moving average method the following cycles were distinguished: 58, 26, 13, 5.2 and 2.8 years long. The 13 and 2.8 year cycles have the largest amplitude.