

АКАДЕМИЯ НАУК СССР  
УРАЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР

ГЕОБОТАНИКА, ЭКОЛОГИЯ  
И МОРФОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ  
НА УРАЛЕ

ЗАПИСКИ СВЕРДЛОВСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ  
ВСЕСОЮЗНОГО БОТАНИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА,  
ВЫП. 7

СВЕРДЛОВСК, 1977

УДК 581.1; 581.4; 581.5

**Геоботаника, экология и морфология растений на Урале.**  
Сб. статей. Свердловск, 1977 (УНЦ АН СССР).

Сборник статей отражает результаты исследований в области геоботаники, экологии, морфологии растений и смежных разделов ботаники, проведенных в последнее время в различных научных учреждениях Урала и главным образом в Институте экологии растений и животных УНЦ АН СССР. Книга рассчитана на научных работников, аспирантов и студентов высших учебных заведений.

Ответственный редактор **П. Л. Горчаковский**

---

С. Г. ШИЯТОВ

## ДЛИТЕЛЬНАЯ ДЕНДРОХРОНОЛОГИЧЕСКАЯ ШКАЛА ПО ЛИСТВЕННИЦЕ СИБИРСКОЙ ДЛЯ НИЗОВЬЯ Р. ТАЗА

На основе изучения колебаний величины годичного прироста древесины в толщину у наиболее старых ныне живущих деревьев, произрастающих вблизи полярного предела лесов на Полярном Урале и в северной части Западно-Сибирской равнины, могут быть получены дендрохронологические шкалы за период времени, равный продолжительности жизни деревьев, т. е. за последние 350—400 лет. Продление шкал дальше, в глубь веков возможно в случае нахождения и изучения древесины, которая сформировалась в более ранние промежутки времени и сохранилась до настоящего времени в торфяниках, вечной мерзлоте, речных и озерных отложениях, в древних постройках.

В последнее время в нашем распоряжении оказалась большая партия хорошо сохранившейся археологической древесины, срубленной 300—370 лет тому назад для сооружения построек заполярного сибирского города Мангазеи. Эта древесина была извлечена при археологических раскопках территории городища. Раскопки производила в 1968—1970 гг. историко-географическая экспедиция ордена Ленина Арктического и Антарктического научно-исследовательского института (Белов, 1970). Из нижних венцов зданий, погребенных в почву и вечную мерзлоту, было взято 185 срезов древесины. Большинство их оказалось принадлежащим лиственнице сибирской (*Larix sibirica*) и ели сибирской (*Picea obovata*), т. е. тем древесным породам, которые в изобилии произрастают в окрестностях Мангазеи. Древесина кедра сибирского (*Pinus sibirica*) использовалась в строительстве редко.

В этой статье излагается опыт построения длительной дендрохронологической шкалы по лиственнице сибирской на основе изучения годичного прироста у археологической и современной древесины. Дается анализ цикличности в колебаниях индексов ширины годичных колец и высказываются некоторые соображения о методике обработки исходных данных.

Город Мангазея расположен в нижнем течении р. Таза, в 8 км к северу от пос. Сидоровска. Примерно на широте Мангазеи проходит южная граница зоны лесотундры и северная граница ареала кедр сибирского. Здесь произрастают березово-елово-лиственничные редкостойные леса, перемежающиеся с участками ерниковых тундр и болот.

Для построения шкалы по лиственнице было использовано 155 образцов древесины, в том числе 83 среза с нижних венцов мангазейских строений и 72 буровых образца с ныне живущих старых деревьев. Срезы брали поперечной пилой у тех бревен, у которых сохранилось внешнее (подкорковое) кольцо прироста, чтобы можно было установить

год рубки дерева. Для того чтобы срез при распиловке не распадался на куски, его предварительно стягивали мягкой проволокой. Образцы древесины с живых деревьев брали шведским возрастным буром на высоте 0,3—0,5 м от поверхности земли. С каждой модели брали один буровой образец. По типам условий местообитания живые модели распределились следующим образом. В обильно и проточно увлажненных местообитаниях (злаково-разнотравные елово-лиственничные редины в пойме р. Таза) было взято 28 моделей, в свежих местообитаниях (зеленомошные лиственнично-еловые редкостойные леса на плакорах) — 22 модели, в сухих местообитаниях (лишайниковые елово-лиственничные редкостойные леса по вершинам гряд и всхолмлений) — 22 модели.

Ширину годовых колец прироста измеряли на образцах археологической древесины по одному или двум радиусам, а на образцах, полученных с живых деревьев, только по одному. Замеры производили под микроскопом МБС-2 с точностью 0,025 мм. Всего было измерено и обработано 31 156 годовых колец. На простой шкале для каждой модели строили графики изменения ширины годовых колец. При помощи этих графиков производили датировку колец. Абсолютная датировка у археологической древесины была осуществлена на основе шкал, полученных с наиболее старых живых моделей.

Индексы ширины годовых колец рассчитывали по методике, предложенной ранее (Шиятов, 1970). Она применима в тех случаях, когда величина прироста с возрастом изменяется незначительно, т. е. не проявляется кривая «большого периода роста». Подобный характер прироста наблюдается у тех деревьев, которые произрастают на климатическом пределе своего ареала. Поскольку район Мангазеи расположен южнее полярного предела леса примерно на 200 км, где условия для роста деревьев более благоприятны, то у многих моделей довольно хорошо прослеживается изменение темпов роста с возрастом. Поэтому в методику расчета индексов прироста было внесено следующее дополнение.

Диапазон рассеивания значений ширины годовых колец графически очерчивался кривой не только максимально, но и минимально возможного прироста. Последняя кривая проводилась по точкам с минимальными значениями ширины годовых колец. Значения индексов (от 0 до 100%) определяли при помощи палетки.

Первоначально усреднение индексов, полученных с живых моделей, производили отдельно от указанных выше типов условий местообитания. Анализ графиков показал, что существенных различий в ходе колебаний индексов между различными типами местообитания не наблюдается. В частности, об этом свидетельствуют высокие показатели коэффициента синхронности (от 84 до 89%). С другой стороны, до сих пор не разработаны надежные критерии, при помощи которых можно определить, в каких условиях росло давно срубленное дерево, части которого затем были перенесены на новое место. Учитывая эти два обстоятельства, мы объединили все имеющиеся модели и сначала построили две шкалы: по археологической древесине протяженностью 816 лет (с 1103 по 1918 гг.) и по современной древесине за 346 лет (с 1624 по 1969 гг.). Шкалы перекрестились между собой на 295 лет (с 1624 по 1918 гг.). Впоследствии они были объединены и получена обобщенная шкала по лиственнице, протяженность которой составила 867 лет (с 1103 по 1969 гг.).

## Представленность различных временных отрезков шкалы модельными деревьями

Колич. моделей, шт.	Временные промежутки шкалы, годы	Всего	
		лет	%
51—79	1480—1604; 1766—1969	329	38
26—50	1399—1479; 1605—1618; 1718—1765	143	16
16—25	1361—1398; 1619—1637; 1684—1717	91	11
11—15	1341—1360; 1670—1683	34	4
6—10	1325—1340; 1638—1669	48	6
3—5	1305—1324	20	2
2	1226—1304	79	9
1	1103—1225	123	14
1—79	1103—1969	867	100

В табл. 1 приведены данные, показывающие, какое количество модельных деревьев использовано для построения различных отрезков обобщенной шкалы по лиственнице. Большая часть шкалы (69% ее протяженности) представлена значительным количеством моделей (11—79 шт.), наименьшим (1—5 шт.) обеспечен самый древний отрезок шкалы. В частности, шкала с 1103 по 1225 г. получена на основании изучения годовых колец лишь у одной модели.

Неодинаковая представленность моделями различных отрезков обобщенной дендрохронологической шкалы вызывает ее неоднородность (Schulman, 1956). Она особенно характерна для тех шкал, при построении которых использовалась археологическая и ископаемая древесина. Суть неоднородности заключается в том, что чем меньшим количеством моделей представлен отрезок шкалы, тем большим размером колебаний индексов он обладает. Для устранения этого существенного недостатка производилось вычисление соответствующих поправок.

После внесения поправок на неоднородность шкалы индексы были пересчитаны в систему отсчета, в которой среднее арифметическое близко к 100%. Для этой цели сначала определяли среднее арифметическое индексов полученной шкалы (оно оказалось равным 41,9%), а затем значения индексов за каждый год делили на эту величину, что позволило до некоторой степени исключить ошибки, связанные с неточным проведением кривых максимально и минимально возможного прироста. В результате этих операций была получена дендрохронологическая шкала в окончательном варианте (табл. 2). Основные статистические показатели этой шкалы следующие: коэффициент чувствительности 0,25; среднее арифметическое 99,58; среднее квадратическое отклонение  $\pm 33,60$ ; основная ошибка среднего  $\pm 1,14$ ; коэффициент вариации 33,8; точность опыта 1,1. Кривая распределения индексов близка к кривой нормального распределения.

Нами произведен анализ цикличности в колебаниях индексов ширины годовых колец по методике, изложенной в работе Г. Е. Комина (1970). В качестве фильтра использовали скользящее усреднение. Благодаря изменению периода усреднения исходный ряд индексов был

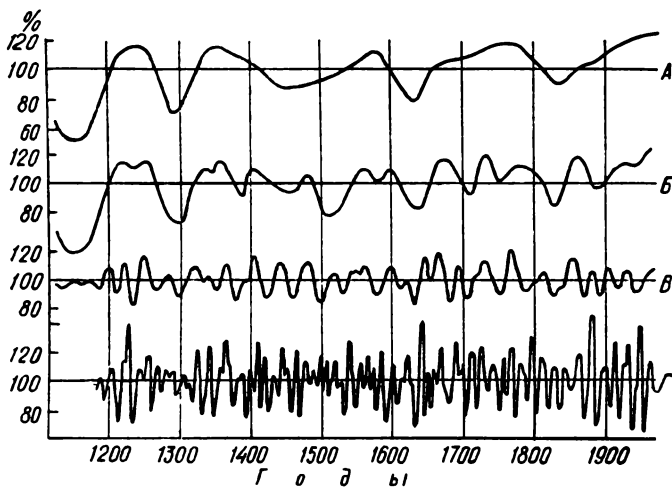
## Индексы ширины годичных колец лственницы сибирской за 1103—1969 гг.

Годы	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1960	114	126	117	144	131	152	86	156	126	121
1950	112	56	93	110	105	133	154	142	144	161
1940	124	86	131	110	175	184	156	100	154	44
1930	161	105	114	89	54	96	110	98	100	124
1920	110	140	121	156	124	114	152	93	149	135
1910	140	147	103	110	86	154	56	86	119	82
1900	147	82	119	105	100	110	98	40	131	149
1890	112	82	112	100	159	105	117	119	163	86
1880	156	93	54	79	49	28	91	91	86	56
1870	110	75	105	96	93	107	105	142	172	156
1860	110	163	79	156	84	117	112	28	124	49
1850	128	128	142	168	119	96	142	138	131	142
1840	135	91	138	68	138	159	147	114	133	126
1830	56	96	89	33	58	98	75	100	133	128
1820	58	68	110	100	77	44	77	121	40	133
1810	131	119	79	105	107	72	54	98	54	30
1800	58	107	79	89	96	152	131	103	131	93
1790	121	119	110	159	147	112	145	86	107	103
1780	89	112	145	35	145	117	93	96	58	91
1770	93	124	68	72	75	154	93	135	114	93
1760	96	172	163	117	121	133	163	177	91	147
1750	70	84	65	124	135	133	142	133	119	89
1740	156	119	30	119	107	44	72	114	98	68
1730	126	145	65	124	107	156	126	119	82	124
1720	117	159	147	145	163	149	112	138	121	145
1710	114	86	121	107	68	103	117	121	75	117
1700	79	70	56	61	63	70	103	96	105	145
1690	152	100	63	133	68	175	77	63	105	30
1680	133	93	96	114	131	140	124	156	149	100
1670	70	117	124	86	98	112	82	82	103	68
1660	126	135	128	156	156	124	126	168	149	147
1650	100	72	110	105	114	54	184	105	124	142
1640	145	107	70	72	51	77	126	107	147	68
1630	56	37	51	51	47	96	142	161	114	135
1620	128	91	42	77	82	70	79	40	49	70
1610	91	79	91	96	84	89	82	68	103	98
1600	131	103	119	100	72	84	84	93	47	84
1590	142	89	112	77	124	140	124	126	147	152
1580	147	75	119	138	126	114	142	135	93	30
1570	119	110	112	98	72	93	21	112	75	72
1560	93	112	128	124	119	138	128	107	70	49
1550	105	96	133	154	149	121	121	112	124	117
1540	145	124	124	72	110	124	86	82	98	107
1530	70	56	75	68	93	61	114	121	140	149
1520	105	91	96	61	63	72	89	100	82	56
1510	98	70	79	98	68	89	89	93	72	117
1500	58	51	42	77	105	68	110	82	56	42
1490	100	82	84	54	42	86	100	84	89	70
1480	156	93	126	114	93	70	119	86	86	100
1470	77	112	114	142	128	100	152	140	149	79
1460	79	96	100	110	128	145	89	89	49	100
1450	103	96	93	77	82	54	61	79	26	79
1440	107	82	107	163	119	124	114	128	40	110
1430	96	133	135	42	142	93	124	131	89	117
1420	114	103	79	63	51	63	68	91	77	93
1410	142	100	30	112	61	91	93	79	93	117

Годы	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1400	142	119	128	140	103	96	147	149	126	145
1390	119	110	58	65	107	105	91	147	142	128
1380	103	68	100	65	112	107	84	63	110	117
1370	124	82	63	103	56	68	77	58	82	100
1360	105	147	159	112	145	149	72	142	103	142
1350	75	121	93	126	82	152	98	149	128	119
1340	124	140	128	121	128	98	82	16	121	121
1330	65	82	107	77	110	140	68	117	96	166
1320	105	147	105	128	133	138	147	135	112	103
1310	91	79	86	107	117	93	75	114	112	75
1300	49	72	63	77	79	63	93	91	86	89
1290	84	44	86	49	47	58	61	56	70	56
1280	93	91	91	79	84	82	68	82	86	70
1270	75	61	79	100	82	79	72	79	96	86
1260	77	82	98	96	98	89	89	114	112	110
1250	131	114	119	138	128	135	131	131	96	61
1240	154	117	140	131	138	126	149	145	135	133
1230	140	72	91	68	77	79	86	112	110	124
1220	121	133	161	112	124	128	128	121	154	170
1210	82	82	77	68	89	103	121	124	149	131
1200	96	107	110	112	119	93	114	107	103	89
1190	84	79	84	82	72	103	117	133	119	124
1180	54	63	63	63	68	84	86	75	82	89
1170	56	61	58	56	56	56	63	63	65	72
1160	49	54	49	49	51	51	51	49	51	54
1150	54	54	54	49	54	49	49	49	49	49
1140	65	65	58	56	56	51	51	49	49	54
1130	51	54	56	51	54	49	56	54	56	63
1120	84	70	70	65	61	65	63	63	58	51
1110	84	91	89	91	75	68	75	86	105	84
1100	—	—	—	140	147	166	133	154	121	79

разложен на несколько циклических гармоник различной продолжительности (см. рисунок). Кривая *Б* получена в результате сглаживания индексов при помощи 30-летней средней скользящей с шагом в 10 лет. Она показывает наличие 13 полных циклов, средняя длина которых составила 62 года, а средняя амплитуда 17%. После исключения этого цикла был получен новый ряд индексов, который был сглажен 15-летней средней скользящей с шагом в 5 лет (кривая *В*). На этой кривой 31 полный цикл. Средняя длина их 26 лет, а средняя амплитуда 16%. Кривая *Г* получена путем исключения 26-летнего цикла и сглаживания нового ряда индексов при помощи 5-летней средней скользящей с шагом в один год. На этой кривой выделилось 62 полных цикла, средняя длина которых 12,3 года, а средняя амплитуда 22%. После нового вычитания и использования 3-летнего сглаживания с усилением был получен цикл длиной 5,1 года и средней амплитудой 18%. После исключения 5,1-летнего цикла остался самый короткий цикл (средняя длина 2,7 года, средняя амплитуда 15%). На рисунке 5,1- и 2,7-летние циклы не приведены в связи с невозможностью вычертить их в мелком масштабе.

Из полученной шкалы нам не удалось выделить сверхвековые циклы, хотя у отдельных моделей они довольно хорошо прослеживаются. У нас возникло предположение: не связано ли это с тем, что в обоб-



Результаты разложения исходного ряда индексов ширины годовичных колец лиственницы на циклические гармоники.  
Циклы: А — 167-летний; Б — 62-летний; В — 26-летний; Г — 12,3-летний.

ценную шкалу были включены модели, которые содержали в себе небольшое количество годовичных колец (до 80—120). Для проверки правильности предположения была проделана следующая работа. Из имеющихся моделей отобрали самые старые, каждая из которых имела от 300 до 500 шт. годовичных колец. Всего было взято 30 моделей, из них 15 шт. принадлежали археологической древесине и 15 шт. современной древесине. На основе этих моделей была получена новая дендрохронологическая шкала, которая сглажена 50-летней средней скользящей с шагом в 10 лет.

В результате сглаживания получена кривая А (см. рисунок), которая показывает наличие четырех полных циклов. Средняя длина цикла оказалась равной 167 годам, средняя амплитуда 25%. Отсюда вытекает важное методическое положение, которое можно сформулировать следующим образом. Для того чтобы в динамике прироста деревьев можно было выделить определенный цикл, необходимо для анализа отбирать такие модели, возраст которых по крайней мере в два раза превышал бы продолжительность выделяемого цикла.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Белов М. И. Раскопки «златокопящей» Мангазеи.— Публичные лекции, прочитанные в лектории им. Ю. М. Шокальского, вып. 14. Л., 1970 (Географич. о-во СССР).
- Комин Г. Е. Цикличность в динамике прироста деревьев и древостоев сосны таежной зоны Западной Сибири.— Изв. Сиб. отд. АН СССР, сер. биол. наук, 1970, № 15, вып. 3.
- Шиятов С. Г. К методике расчета индексов прироста деревьев.— Экология, 1970, № 3.
- Schulman E. Dendroclimatic changes in semiarid America. Univ. Arizona Press. Tucson, Arizona, 1956.