

УДК 539.163

АНАЛИЗ ГОДИЧНЫХ КОЛЕЦ ДРЕВЕСИНЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ
АСТРОФИЗИЧЕСКИХ И ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Т.Т.Битвинскас, В.А.Дергачев, В.Г.Колищук,
Г.Е.Кочаров, В.И.Чесноков

А н н о т а ц и я

Приведены детальные характеристики образцов годичных колец древесины, подготовленных для анализа на содержание радиоуглерода в рамках проблемы "Астрофизические явления и радиоуглерод". Указаны районы территорий отбора образцов, что может оказаться существенным для выявления широтного хода содержания радиоуглерода.

TREE RING ANALYSIS IN ASTROPHYSICAL AND GEOPHYSICAL
INVESTIGATIONS

T.T.Bitvinskis, V.A.Dergachev, V.G.Kolyshchuk,
G.E.Kocharov, V.I.Chesnokov

A b s t r a c t

Detailed characteristics of tree ring samples for radiocarbon analysis on the problem "Astrophysical phenomena and radiocarbon" are given. The regions of sampling are described. The information may be of value in defining the latitude dependence of radiocarbon content.

АНАЛИЗ ГОДИЧНЫХ КОЛЕЦ ДРЕВЕСИНЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ
АСТРОФИЗИЧЕСКИХ И ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Т.Т.Битвинскас, В.А.Дергачев, В.Г.Колищук,
Г.Е.Кочаров, В.И.Чесноков

Правильное решение многочисленных вопросов исследования по содержанию космогенного радиоуглерода и природных процессов в прошлом зависит от исходного материала — годичного кольца. Естественно, в комплексной программе "Астрофизические явления и радиоуглерод" получению точно датированных годичных колец древесины всегда уделялось и уделяется большое внимание [1]. Датировкой древесных растений — а деревья являются одним из наиболее долгоживущих на Земле организмов — занимается дендрохронология. Благодаря дендрохронологии учёные получили возможность оперировать с точным измерением — временем.

Напомним, что одно годичное кольцо обычно образуется за один вегетационный период. Годичный прирост деревьев зависит от многих внутренних и внешних факторов — условий места произрастания, возраста, типа деревьев, климата, солнечной радиации, плодородия, стихийных явлений, наследственных факторов и ряда других причин [2]. Вопрос о влиянии различного рода факторов на величину прироста по диаметру до сих пор считается довольно сложным и не решённым до конца.

Для получения информации об интенсивности космических лучей и условиях окружающей среды в прошлом необходима навеска древесины с одного годичного слоя (а комплексная программа делает главный упор на погодичное исследование!) в достаточно большом количестве. При сцинтилляционном методе измерения (наиболее успешно реализуемом в рамках проблемы для изучения различных астрофизических и геофизических явлений) для определения содержания ^{14}C в пробе с точностью лучше 0,3% требуемая навеска составляет около 100 г. В то же время ширина годичного слоя в стволе дерева колеблется в больших пределах. Кроме того, количество древесины в центральных и наружных частях ствола неодинаково. Представляет определённую трудность и разделение годичных колец по слоям.

Опыт исследований по разделению годичных колец древесины, накопленный в лаборатории дендроклиматохронологии Института ботаники АН Литовской ССР и кафедры дендрологии и древесиноведения Львовского лесотехнического института, показал, что для получения точно датированной древесины наиболее удобной оказалась сосна и лиственница. Эти породы деревьев хорошо разделяются, когда ширина годичных колец ошлифованного сухого спила ствола древесины (модели) оказывается не уже 0,3-0,4 мм. Оптимальная высота спила ~10 см. С двух-трёхметрового отрезка ствола получается от 50 до 100 г сухой древесины каждого кольца в зависимости от ширины, радиуса годичного слоя и его относительного веса. Кроме древесины хвойных пород деревьев, перспективной для погодичного разделения на слои (особенно при малой навеске образца) является древесина дуба. Правда, визуальнo здесь довольно трудно выделить раннюю и позднюю древесину.

В табл. I дана сводка моделей живой древесины, датированной по годам, используемая для изучения вариаций содержания ^{14}C в кольцах.

Таблица I.

Точно датированные кольца живой
древесины

А. Подготовленные в Ин-те ботаники АН Литовской ССР

Год изготовления	№ модели	Древесная порода	Датированные кольца (календарные годы)	Число годичных колец
1	2	3	4	5
1968	Л-1	Сосна	1688-1712	24
1968	К-1	Сосна	1593-1615	23
1968	К-2 (3)	Сосна	1564-1583	19
1969	Л-2	Сосна	1777-1855	78
1969	Л-3	Сосна	1744-1777	33
1970	Л-4	Сосна	1849-1899	54
1970	Л-5	Сосна	1900-1970	70
1970	Л-6	Дуб	1845-1855	11

1	2	3	4	5
1971	Л-7	Сосна	1905-1914	10
1971	Л-8	Ель	1906-1914	10
1971	Л-9	Лиственница	1905-1914	10
1971	Л-10	Тополь	1905-1914	10
1971	Л-11	Дуб	1905-1914	10
1971	К-1	Сосна	1584-1592	9
1971	К-1	Сосна	1530-1568	34
1971	Л-7	Сосна	1951-1970	20
1971	Л-1	Сосна	1713-1748	31
1973	Г-1	Сосна	1954-1972	19
1973	Г-2	Сосна	1954-1972	19
1975	Б-1	Лиственница	1693-1585	108
1975	Б-2	Лиственница	1977-1856	121
1976	Б-3	Лиственница	1770-1694	76
1976	Б-4	Сосна	1977-1761	216
1977	К-5	Сосна	1810-1651	159
	К-5	-	1650-1580 (по десятилетиям)	7
1978	КК-3	Ель восточная	1673-1484	189
	КК-3	-	1483-1874 (по десятилетиям)	11
1979	К-4	Сосна	1979-1811	168
1979-1980	КК-1	Ель восточная	1853-1657	196
1980	КК-2	Ель восточная	1958-1855	103

Б. Подготовленные во Львовском лесотехническом институте

Год изготовления образца	Года образования кольца	Породы древесины	Место взятия материала
1980	1931-1980	Ель европейская	Пос. Осмоляда Ивано-Франковск. обл., Карпаты
1981	1831-1930	-	Карп. гос. заповедник, г. Говерла, 1200 м. над ур. м.
1982	1731-1830	-	-
1983	1701-1730	-	-

Примечание: Л - Литва, К - Карелия, Г - Грузия, Б - Башкирия, КК - Карпат.

Поиск высоковозрастных деревьев для получения образцов годовичных колец был проведен в республиках Прибалтики, Мурманской области, Карельской АССР, Ленинградской, Псковской, Новгородской областях, в Центральных районах РСФСР, Башкирской АССР, Белорусской ССР, Кавказском заповеднике, в ряде районов Дальнего Востока/3/. Некоторые деревья, например, арча и тисс, имеют возраст до 2000 лет, но из-за узкостойности ($\leq 0,1$ мм) малопригодны для погодичного разделения.

Наиболее высоковозрастными моделями, с которых были получены образцы древесины для комплексной программы "Астрофизические явления и радиоуглерод", оказались следующие:

К-1 - сосна обыкновенная (Карельская АССР) возрастом 525 лет;

КК-3 - ель восточная (Сев. Кавказ) возрастом 600 лет;

Б-3 - лиственница сиб. (башкирская АССР) возрастом 400 лет;

Л-1 - сосна обыкновенная (Литовская ССР) возрастом 302 года.

Так как ширина колец не у всех высоковозрастных моделей оказалась достаточной на всей временной шкале дерева, для уверенного получения серий годовичных колец использовалось несколько моделей меньшего возраста, привязанных к исходной модели. Сводные данные по образцам точно датированной древесины, подготовленные Институтом ботаники АН Литовской ССР, приведены на рис. I /4/.

Получение более древних рядов годовичных колец реально возможно по древесине, получаемой при реконструкции старых зданий, из археологических находок и др. Так, были отобраны материалы из следующих объектов: Нижний замок в г. Вильнюсе (13-14 вв.), Тракийский замок (13-14 вв.) /5/, мостовые древнего Новгорода (10-14 вв.) и др. (табл. 2). Следует отметить, что ископаемая древесина хвойных пород из археологических памятников, из отложений в торфяниках и в водных залежах хорошо сохраняется, за исключением наружных частей.

Удачной попыткой создания продолжительных дендрошкал методом перекрестного датирования является шкала Восточной Европы, построенная по сосновой древесине древнего Новгорода и других городов средневековья. Дендрохронологическая информация этих шкал достаточно длинна - с IX века до нашего времени.

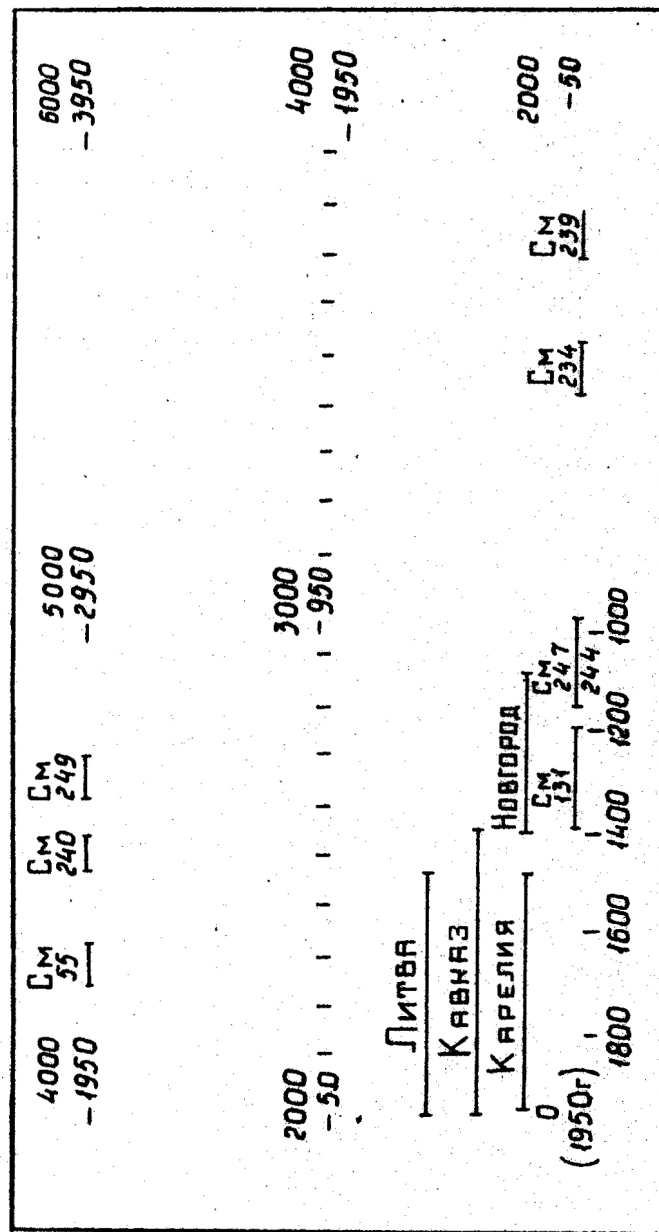


Рис. I. Образцы, представленные Ин-том ботаники АН Лит. ССР. Цифры сверху - радиоуглеродный возраст, цифры снизу - календарные годы (знак "минус" соответствует годам до нашей эры).

Кольца древесины, полученные из археологических объектов, торфяников

А. Подготовленные в Ин-те ботаники АН Литовской ССР

Год взятия модели	№ модели	Порода древесины	Возраст, лет	Место отбора древесины	Число год. сл.
1975	Л-12	Сосна	129	Торфяник в Утенском р-не, Лит.ССР	
1975	Л-13	Сосна	96	Стена Тракайского замка, Лит.ССР	45

Б. Подготовленные во Львовском лесотехническом ин-те

Год пригот. образца	Год образования кольца	Порода древесины	Место отбора древесины	Примечание
1983	1651-1700	сосна обыкновенная	г.Бусск Львовской обл.	Взято со сруба церкви, построенной в 1708 г. Используются 2 балки, видимо, из одного и того же дерева
1985	1621-1650	сосна обыкновенная	г.Львов, пл.Рынок, 2 (балка № 10)	Древесина, использованная при ремонте жилого здания в 1712 г. (построено в 1628 г.)
1985	1579-1620	сосна обыкновенная	г.Львов, пл.Рынок, 2 (балка № 13)	---
1986	1499-1589	---	(балка № 21)	---
1986	1330-1406	---	(балка № 5)	---
1987	1407-1498	---	(балка № 22)	---
1987	1685-1695	---	(балка № 22)	---

В весьма хорошем состоянии находятся древние сосновые мостовые Новгорода, информативно очень хорошо накладывающиеся друг на друга [6]. По длине плахи мостовых составляют в среднем трехметровые обрубки и являются материалом, достаточным в количественном отношении для получения необходимых навесок древесины. Хуже сохранена в Новгородских условиях древесина конца первого тысячелетия и древесина новых времен (16-17 вв.). Следует отметить, что внешние годовичные кольца археологической древесины для разделения отдельных колец, как правило, непригодны.

Троицкий раскоп в Новгороде, начатый Б.А.Колчинным в 1973 г., продолжается до настоящего времени. Хронология образцов Новгородской древесины, представленной для радиоуглеродного анализа, изображена на рис.2. Навески образцов, как правило, не превышают 100 г.

С помощью дендрохронологического метода в Львовском лесотехническом институте к началу 1987 г. подготовлено 348 образцов. Как правило, масса поставляемого образца древесины составляла около 200 г., в ряде случаев больше. Указанное количество не удалось получить для периодов 1579-1589 гг., 1557-1566 гг., 1400 г. и 1406 г. Также вследствие узости колец не удалось в большинстве случаев получить необходимое количество древесины за период 1431-1500 гг. (табл.3). Аналогично за период 1501-1522 гг., где кольца 1515 и 1516 гг. не удалось разделить, и они даны вместе. Не удалось получить древесину за 1567-1578 гг. Уточнение возраста образцов несколько сдвинуло даты, полученные ранее: период, определенный как 1500-1566 гг., соответствует 1523-1589 гг., а период 1367-1386 гг. - 1360-1379 гг. Сводные данные по образцам представлены на рис.3.

Кроме древесины хвойных пород, перспективной для радиоуглеродных исследований является древесина дуба. Хотя дуб на средних широтах имеет относительно широкие годовичные кольца, разделение ранней древесины от поздней представляет собой довольно сложную задачу. Здесь приходится руководствоваться только различием в структуре древесного кольца: в ранней древесине явно выделяются крупные кольцевидные сосудистые системы, в то время как структура поздней древесины - мелкоячеистая.

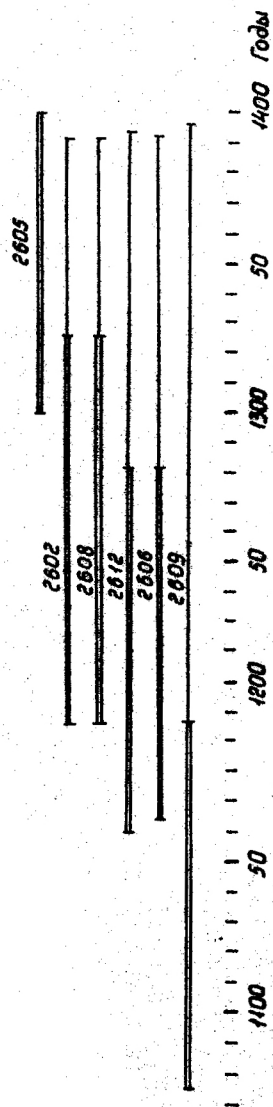


Рис. 2. Синхронизация дендрохронологических образцов древесины древнего Новгорода, использованных для выделения годичных колец. — зона выделения годовых колец.

Таблица 3.

Количество древесины за период 1431-1500 гг., приходящийся на глубокий минимум солнечной активности (минимум Шперера)

Годы	Масса, г.	Годы	Масса, г.	Годы	Масса, г.
I43I	295	I459	78	I486	I75
I432	I95	I460	63	I487	
I433	230	I46I	44	I488	
I434	237	I462	45	I489	
I435	295	I463	58	I490	I00
I436	2I0	I464	60	I49I	
I437	I95	I465	45	I492	
I438	235	I466	60	I493	
I439	220	I467	70	I494	I00
I440	I73	I468	65	I495	
I44I	330	I469	62	I496	
I442		I470	I497		
I443		I47I	85	I498	
I444		I472	I499		
I445	360	I473	87	I500	
I446		I474	78		
I447		I475	I50		
I448		I476	IIO		
I449	I75	I477	I55		
I450		I478			
I45I		I479			
I452		I480			
I453	I85	I48I	I78		
I454		I482			
I455		I483			
I456		I484			
I457	I46	I485			
I458					

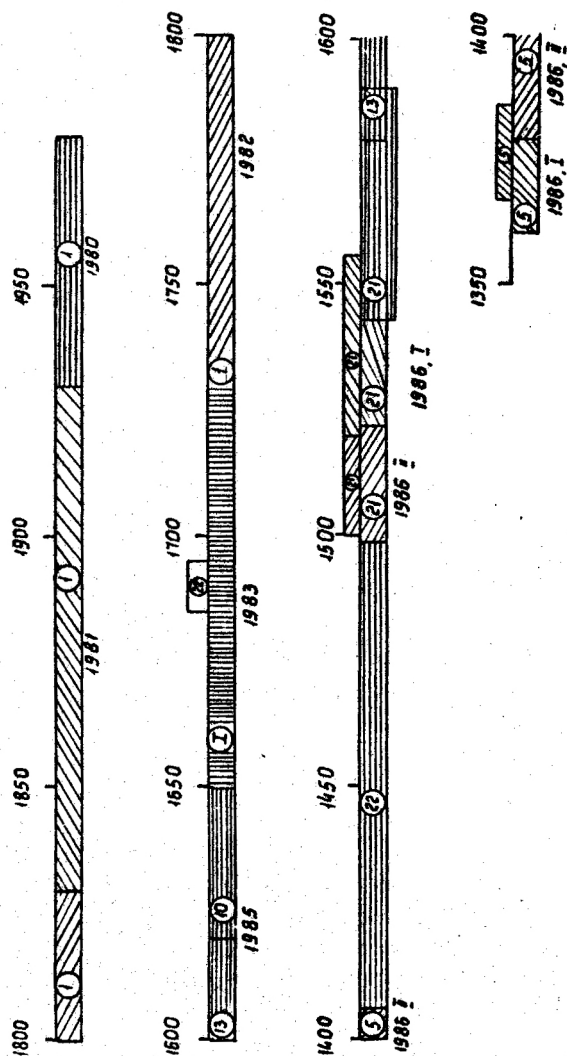


Рис.3. Образцы, представленные Львовским лесотехническим институтом.
Цифры сверху - годы; цифры на штриховке - номера балок.

По цвету они, к сожалению, не отличаются. Дубовая древесина хорошо сохраняется в условиях сильной увлажнённости, особенно в песчано-гравийных отложениях рек и озёр. Дубовая древесина в таких условиях приобретает все более темную окраску, превращаясь из светло-коричневой в темно-коричневую, вплоть до черной.

Для оценок относительного возраста образцов древесины, залегающих на различных уровнях в отложениях рек и в торфяных отложениях, используется радиоуглеродный метод. Этот метод совместно с дендрохронологическим был успешно использован для получения высоковозрастных дендрошпал по болотной сосне длительностью в ~2200 лет (табл.4). Торфяник "Ужлялькы Тирялис" вблизи озера Плателяй хорошо осушен, пни сосны хорошо сохранились. Их длина достигает 20-40 см, возраст до 240 лет. Ширина годичных колец пней сосны имеет ярко выраженный, меняющийся во времени ритмический характер.

В песчано-гравийных карьерах, разрабатываемых в долине р.Виля в 10 км восточнее г.Сморгонь Белорусской ССР, на глубине до 8 км были обнаружены крупные стволы дубов. Сохранность древесины хорошая.

На рис.4 показаны предварительные результаты перекрестного датирования стволов сморгонских дубов с использованием радиоуглеродного и дендрохронологического методов. Из рисунка следует, что по этому объекту можно получить детальную дендрохронологическую шкалу по дубам в Южной Прибалтике длительностью до 6-8 тысяч лет от современности. Характеристики образцов древесины сморгонских дубов и другие данные приведены в табл.5 и 6 и на рис.5 [7].

Для радиоуглеродных исследований использовались следующие модели древесины.

Модель Д-1 - сосна обыкновенная, возрастом 302 года, взята в 1968 г. в Литовской ССР, Варенский р-н, лесхоз Марцинконю, лесничество Мустейкос. Условия произрастания - $C_3 - B_3$, тип леса - сосняк елово-черничный, высота дерева - 26 м, средний диаметр на высоте 1,3 м - 80 см, состав насаждения - 4 ББС + Д. Полнота - 0,7, бонитет - II. На рис.6 показана изменчивость (в %) прироста колец этой сосны.

Результаты совместного анализа радиоуглеродным и дендрохронологическим методами по древесине болотной сосны в торфянике "Ужпальку Тирылис" Лит.ССР, Плуингский район

№ пп	Глубина взятия образца, мм	Число годовичных колец в образце	Число или № датированных годовичных колец	Радиоуглеродная дата (от 1950г.)
1	010	110	67-110	современный
2	0132	91	48-67	130±40
3	1301	110	Весь образец	400±40
4	1304	144	75-97	450±40
5	0832	190	161-190	450±40
6	1310	187	93-165	460±40
7	0824	142	1-83	470±50
8	1297	131	Весь образец	600±40
9	0774	132	66-75	650±70
10	0634	98	Весь образец	690±50
11	0932	174	110-129	760±40
12	1252	170	146-155	830±80
13	1132	177	131-140	860±80
14	1022	148	31-40	900±40
15	1568	170	75-104	995±40
16	0922	182	154-163	1040±40
17	1672	236	129-138	1210±40
18	1462	223	48-57	1295±40
19	1612	150	61-150	1450±70
20	1269	220	56-157	1540±60
21	1584	170	115-134	1610±50
22	1852	190	116-165	1680±50
23	1772	214	143-152	1764±80
24	2162	120	24-53	1950±60
25	2144	123	97-106	1980±40
26	1894	109	62-71	1990±40
27	2484	145	63-72	2050±50
28	2401	120	83-102	2080±70
29	2014	126	71-105	2090±50

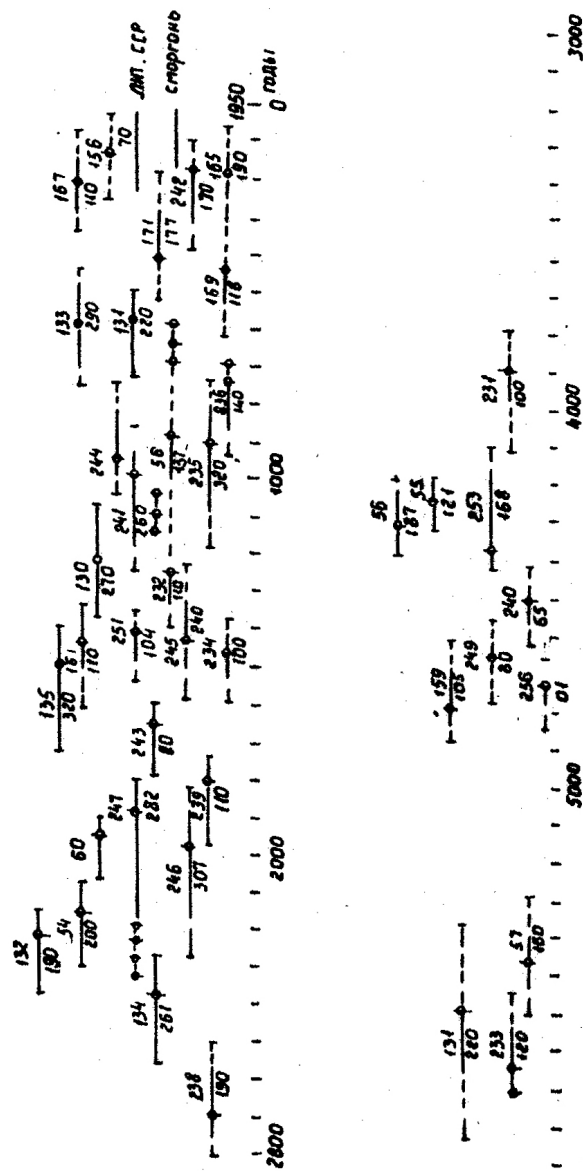


Рис. 4. Датированные радиоуглеродным методом серии годовичных колец Смоленских дубов. Знаком ϕ отмечены датированные кольца. Верхняя цифра - номер модели, нижняя - число годовичных колец в образце.

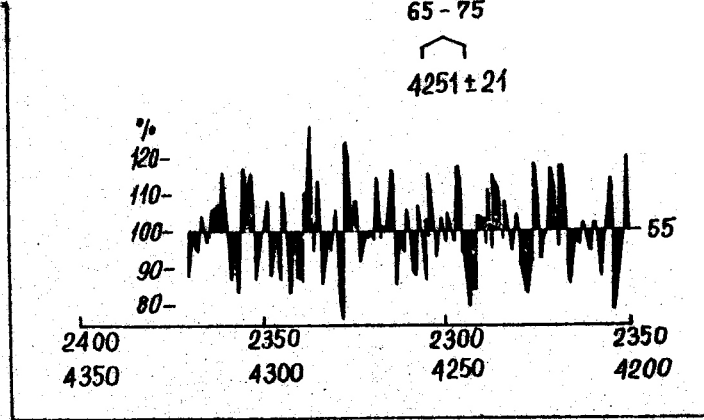
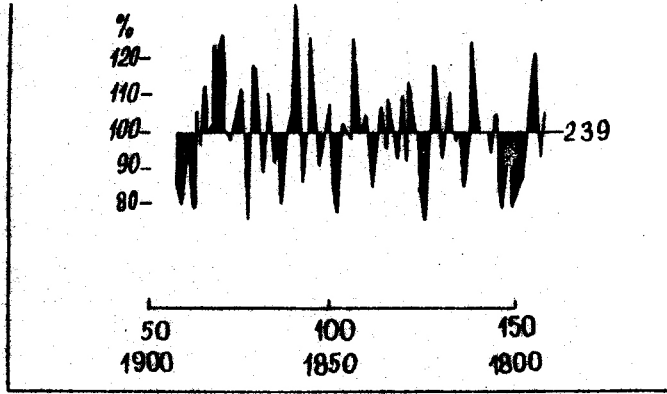


рис.5. Годичные индексы сморганских дубов. Цифры внизу - календарный год (верхние) и радиоуглеродный возраст (нижние). Цифра справа - номер модели. Цифры сверху - номера годичных колец, датированных радиоуглеродным методом и их радиоуглеродная дата.

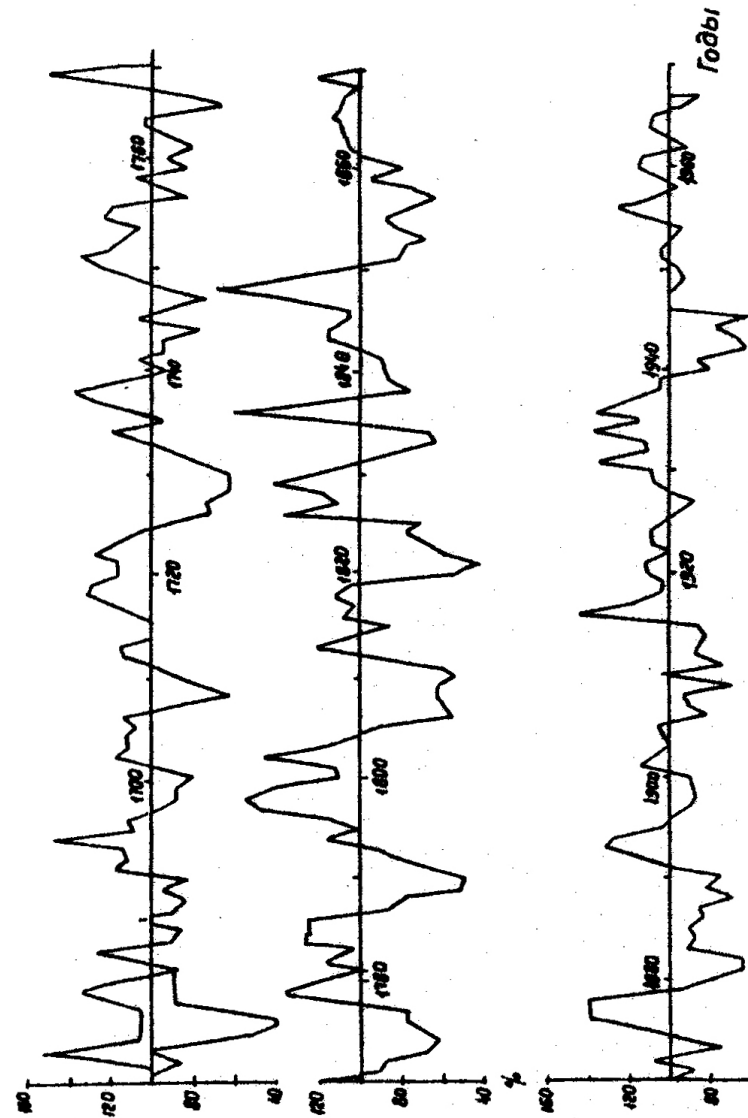


рис.6. Динамика прироста годичных колец сосны (модель Л-1).

Таблица 5.

Характеристика образцов древесины сморгонских дубов

Модель	Радиоуглеродный возраст	Ширина колец, мм		Число десятилетий
		Макс.	Миним.	
57	920±130	3,01	1,16	16
158	150± 80	2,25	0,75	7
159	4750± 80	4,49	2,15	4
161	1480± 80	3,73	1,33	8
60	2085± 10	2,40	1,15	13
167	200± 80	2,46	0,94	10
168-169	490± 80	3,61	1,20	12
170-172	370± 80	3,31	1,86	17
235	900± 60	1,37	0,58	31
56	5450± 80	2,92	1,17	17
233	5740± 70	2,35	0,88	16
242	170± 50	2,49	1,14	46
240	4510± 70	5,01	2,19	7
232	1240± 60	3,81	1,40	10
243	1650± 60	4,16	1,87	11
244	940± 60	2,82	1,42	18
246	1970± 60	1,93	1,03	31
235	900± 60	1,37	0,58	31
241	990± 60	1,73	0,89	29
236	740± 60	2,94	1,17	15
239	1800± 60	3,42	1,48	11
234	1460± 60	4,91	2,66	11
231	3900±110	3,03	1,56	11
238	2690± 60	1,48	0,84	19
249	4660± 70	5,08	2,02	8
245	1430± 60	2,54	1,25	24
166-165	200± 70	3,20	0,99	14

Таблица 6.

Датировка радиоуглеродным методом древесины сморгонских дубов

№ пп	Инвентарный номер образца	Цвет древесины	Число годовичных колец в образце	Датированные годовичные кольца	Радиоуглеродная дата (считая от 1958 г. н.э.)
1	2	3	4	5	6
1	242	Коричневый	179	147-156	170±50
2	131	Серый	220	160-170	730± 4
3	133	Серый	280	150±160	731± 4
4	236	Коричневый	150	139-150	740±60
5	235	Черный	305	218-228	900±60
6	244	Коричневый	179	135-144	940±60
7	241	Красноватый	287	203-212	990±60
8	232	Черный	96	85-94	1240±60
9	130	Серый	270	138-148	1350± 7
10	251	Черный	103	94-103	1410±50
11	245	Черный	236	148-157	1430±60
12	234	Черный	111	68- 79	1460±60
13	243	Черный	110	74- 83	1650±60
14	135	Серый	320	220-230	1718± 8
15	239	Черноватый	110	99-108	1800±60
16	247	Коричневый	282	242-251	1885±50
17	246	Красноватый	307	243-252	1970±60
18	60	Черный	132	98-108	2085±10
19	54	Черный	200	126-136	2287±11
20	132	Серый	190	142-152	2352±12
21	134	Серый	261	177-187	2542±13
22	238	Черный	191	51- 60	2690±60
23	231	Черный	103	85- 94	3900±40
24	55	Черный	121	65- 75	4251±21
25	56	Черный	167	60- 70	4371±22
26	253	Черный	113±60	9- 18	4375±40

1	2	3	4	5	6
27	240	Черный	63	39- 48	4510±70
28	249	Черный	76	49- 50	4660±70
29	250	Черный	74	52- 61	4740±40
30	233	Черный	157	1- 10	5740±70
31	169	Серый	118	91-101	490±80
32	159	Серый	105	7- 17	4750±80
33	57	Черный	160	119-129	920±130
34	131a	Серый	220	160-170	5660±180
35	161	Серый	110	91-101	1480±80
36	56a	Черный	167	60- 70	5450±80
37	165-166	Серый	147	99-109	200±70
38	171	Серый	177	21- 31	370±80
39	167	Серый	110	45- 55	200±80
40	158	Серый	70	47- 54	150±80

Модель К-1 - сосна обыкновенная, возраст 525 лет, взята в 1968 г. в Карельской АССР, Суоярвский лесхоз, лесничество Лахт-коламби, кв. II. Условия произрастания - В₂-С₂, тип леса - сосняк-черничник, высота дерева - около 25 м, диаметр на высоте 1,3 м - 70 см. Почвы - песчаные с гравийными прослойками, дерново-подзолистые. Дерево срублено (по утверждению бригадира лесорубов) весной 1968 г., что может привести к сдвигу отсчёта абсолютного возраста. Годичные слои узкие. На рис.7 показаны колебания ширины годичных слоев.

Модель К-2 (-3) - сосна обыкновенная, возраст 413 лет, взята в 1968 г. в Карельской АССР, Суоярвский р-н, лесхоз Поросозеро, лесничество Совдозеро. Условия произрастания - С₃-В₃, тип леса - сосняк елово-черничный, высота дерева - 24 м, средний диаметр на высоте 1,3 м - 65 см, состав насаждения - 7СЗЕ+В, полнота - 0,6, бонитет III. Почва песчано-гравийная, глубоже - скальные породы. Это дерево сухостойное, в таком состоянии простояло примерно 40 лет. Возраст привязан по модели сосны К-1 и дендрошкале сосны насаждения лесничества Совдозеро в том же самом типе леса. На рис.8 показана изменчивость ширины годичных колец в насаждении, из которого было взято это дерево.

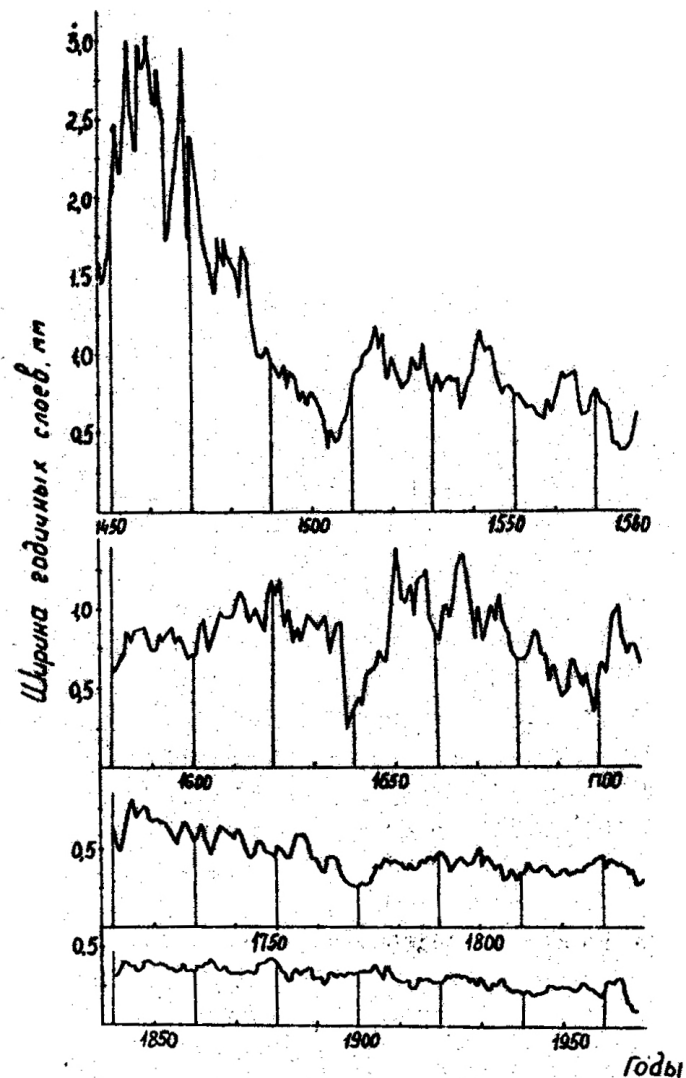


Рис.7. Средняя ширина годичных слоев сосны (модель К-1).

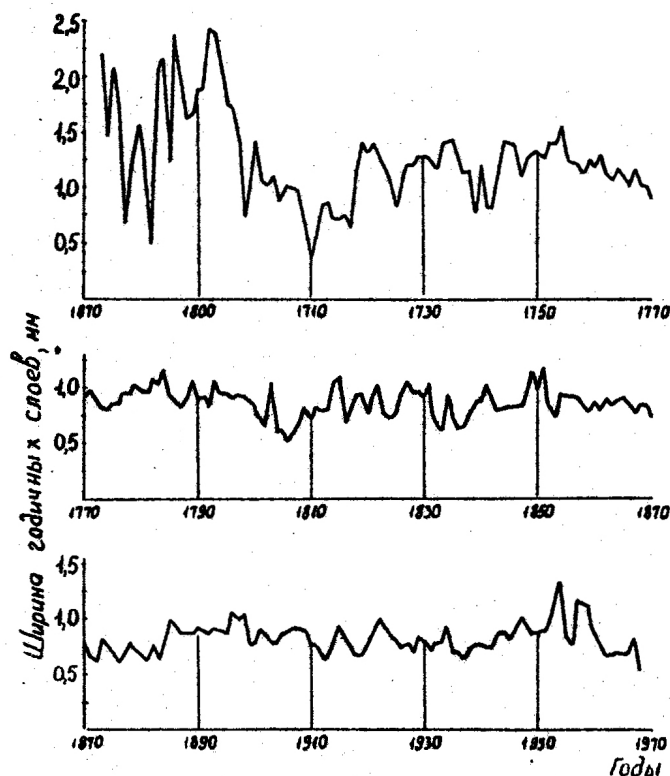


Рис.8. Средняя ширина годичных слоев насаждения для модели К-2. Годичные слои насаждения были использованы для годичных слоев моделей К-1 и К-2.

Модель Л-2 - сосна обыкновенная, возраст 193 года, взята в 1967 г. в Литовской ССР, Кретингский р-н, Палангский парк. Условия произрастания C_{2-3} , тип леса - сосняк чернично-кисличный, высота дерева - 23 м, средний диаметр на высоте 1,3 м - 85 см. Ствол сосны взят после ветровала в 1967 г. Эта модель использована в качестве эталона датированной древесины сосны за 1845-1855 гг. На рис.9 показано колебание ширины годичных слоев этой сосны.

Модель Л-3 - сосна обыкновенная, возраст 190 лет, взята в 1967 г. (после ветровала) в Литовской ССР, Неринга, пос.Юдкранте. Таксационная и типологическая характеристики аналогичной модели Л-2, высота дерева - 22 м, средний диаметр на высоте 1,3 м - 85 см. На рис.10 представлены изменения ширины годичных слоев этого дерева.

Модель Л-4 - сосна обыкновенная, возраст 155 лет, взята в 1970 году в Литовской ССР, Пренайский лесхоз, Пренайское лесничество. Условия произрастания - B_3-C_3 , тип леса - сосняк-черничник, высота дерева - 25 м, средний диаметр на высоте 1,3 м - 70 см. Изменение ширины слоев этой модели показано на рис.11.

Модель Л-5 - сосна обыкновенная, возраст 86 лет, взята в 1970 году в Литовской ССР, Пренайский лесхоз, Пренайское лесничество. Условия произрастания - C_2 , тип леса - сосняк чернично-кисличный, высота дерева - 28 м, средний диаметр на высоте 1,3 м - 63 см. Временное изменение ширины колец этого дерева показано на рис.12.

Модель Л-6 - дуб обыкновенный, возраст 212 лет, взят в 1970 году в Литовской ССР, Пренайский лесхоз, лесничество Стаклишкю. Условия произрастания - B_2-3 , тип леса - дубняк широколиственный, высота дерева - 28 м, диаметр на высоте 1,3 м - 90 см. Из данной модели изготовлен эталон дубовой древесины за 1845-1855 гг.

Модель Л-7 - сосна обыкновенная, возрастом 109 лет, взята в 1971 году в Литовской ССР, Каунас, лесничество Куро. Условия произрастания - B_2-C_2 . На рис.13а показаны индексы прироста этого дерева.

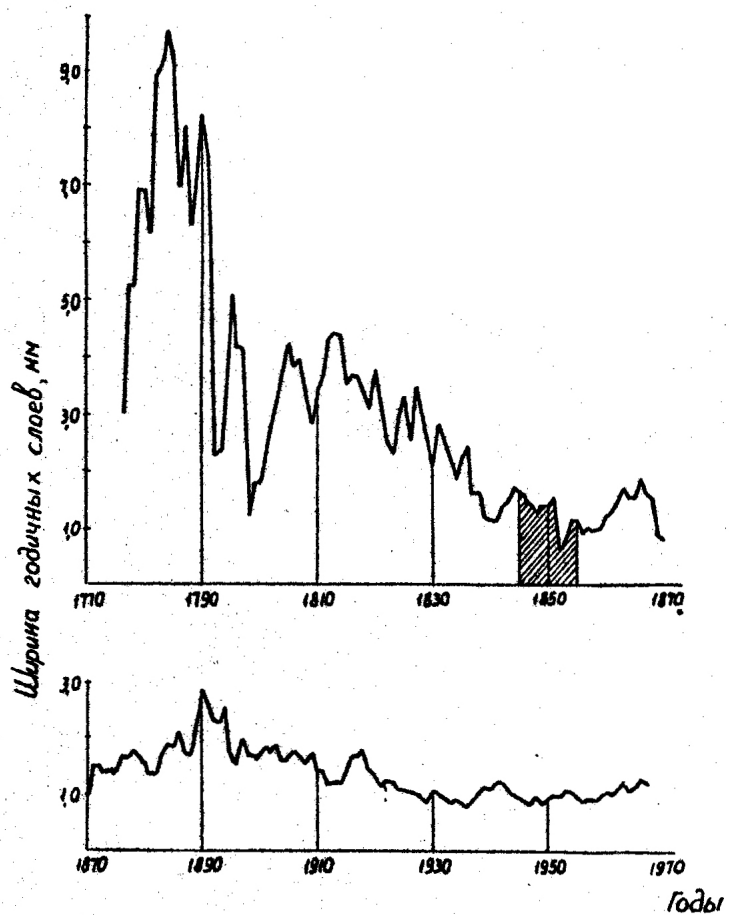


Рис.9. Ширина годовых слоев сосны (модель Л-2). Заштрихованная область охватывает область колец, использованных в качестве эталона для радиоуглеродных исследований за 1845-1855 гг.

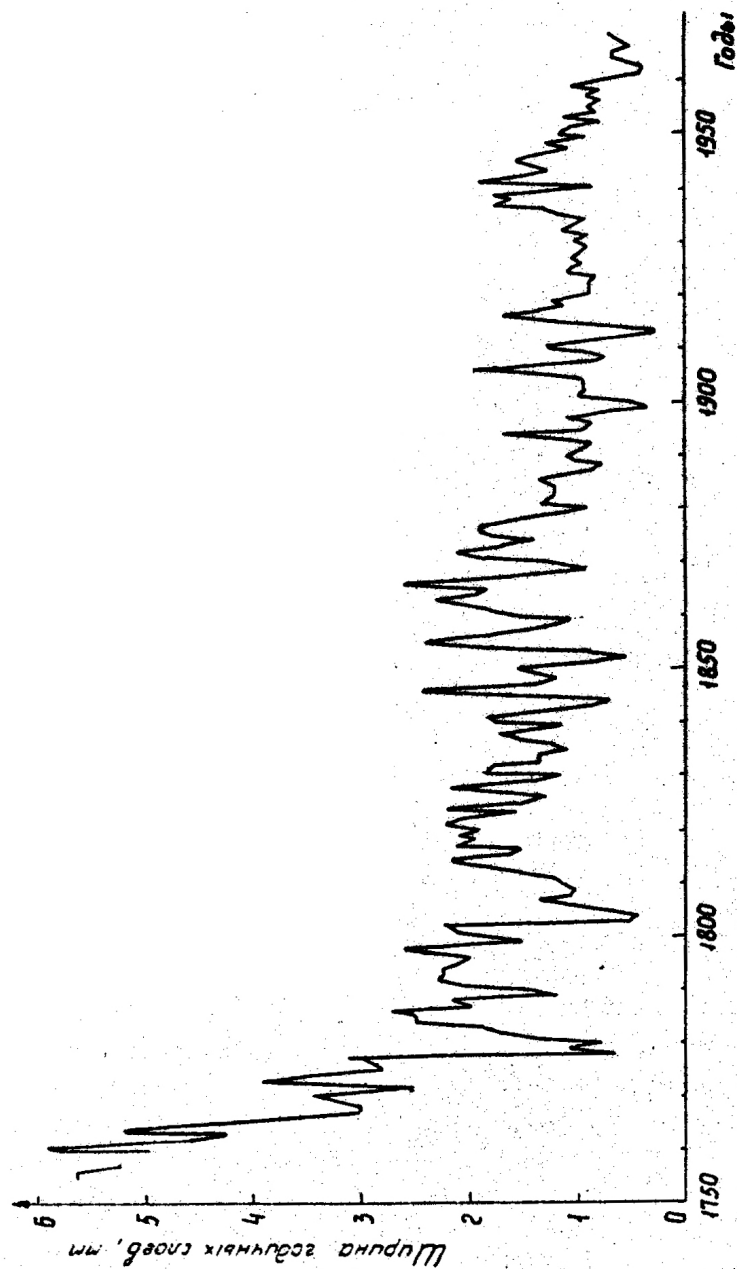


Рис.10. Изменение ширины колец сосны Л-3.

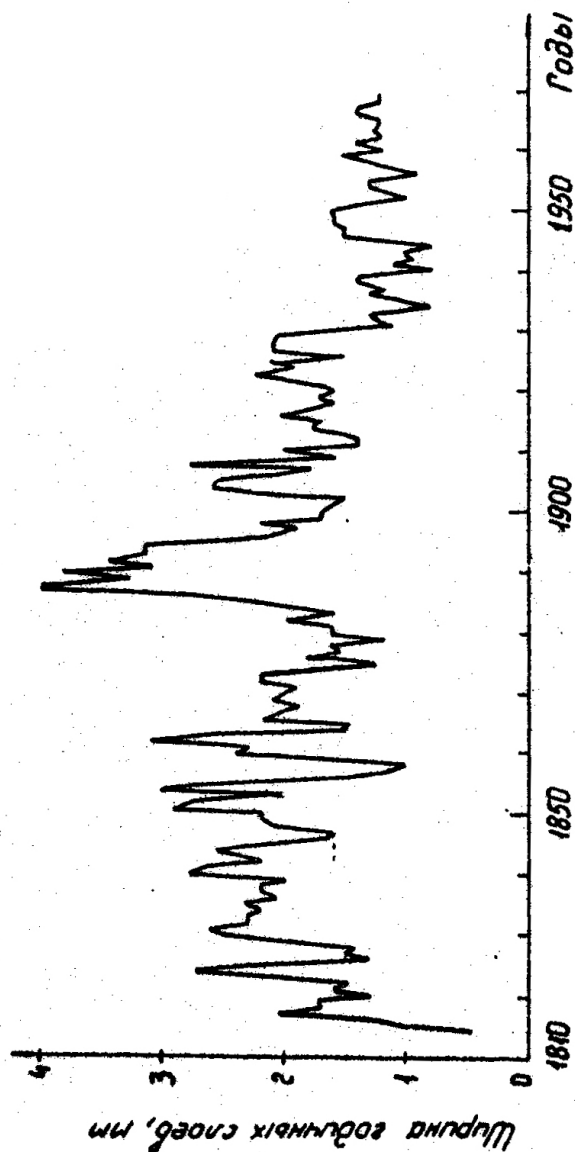


Рис.11. Изменение ширины от кольца к кольцу в модели Л-4.

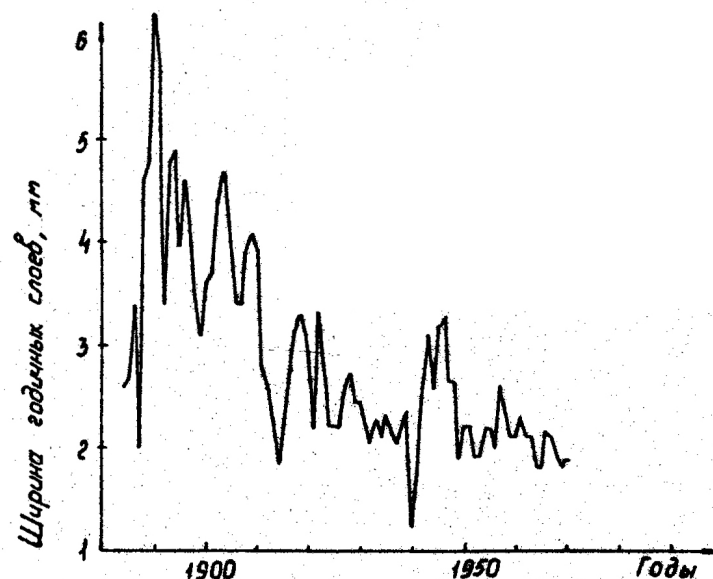


Рис.12. Ширина от кольца к кольцу в модели Л-5.

Модель Л-8 - ель, возрастом 91 год, взята в 1971 году в Литовской ССР, Каунас, лесничество Куро. Условия произрастания - В₂-С₂. Индексы прироста этой ели представлены на рис.13б.

Модель Л-9 - лиственница, возрастом 107 лет, взята в 1971 году в Литовской ССР, Каунас, лесничество Куро. Условия произрастания В₂-С₂. Индексы прироста лиственницы показаны на рис.13в.

Модель Л-10 - тополь, возраст 73 года, взят в 1971 году в Литовской ССР, Каунас, лесничество Куро. Условия произрастания - В₂. Индексы прироста древесины тополя показаны на рис.13г.

Модель Л-11 - дуб, возраст 128 лет, взят в 1971 году в Литовской ССР, Пренайский р-н, лесничество Утос. Условия произрастания - С₃-Д₃. Индексы прироста древесины дуба представлены на рис.13д.

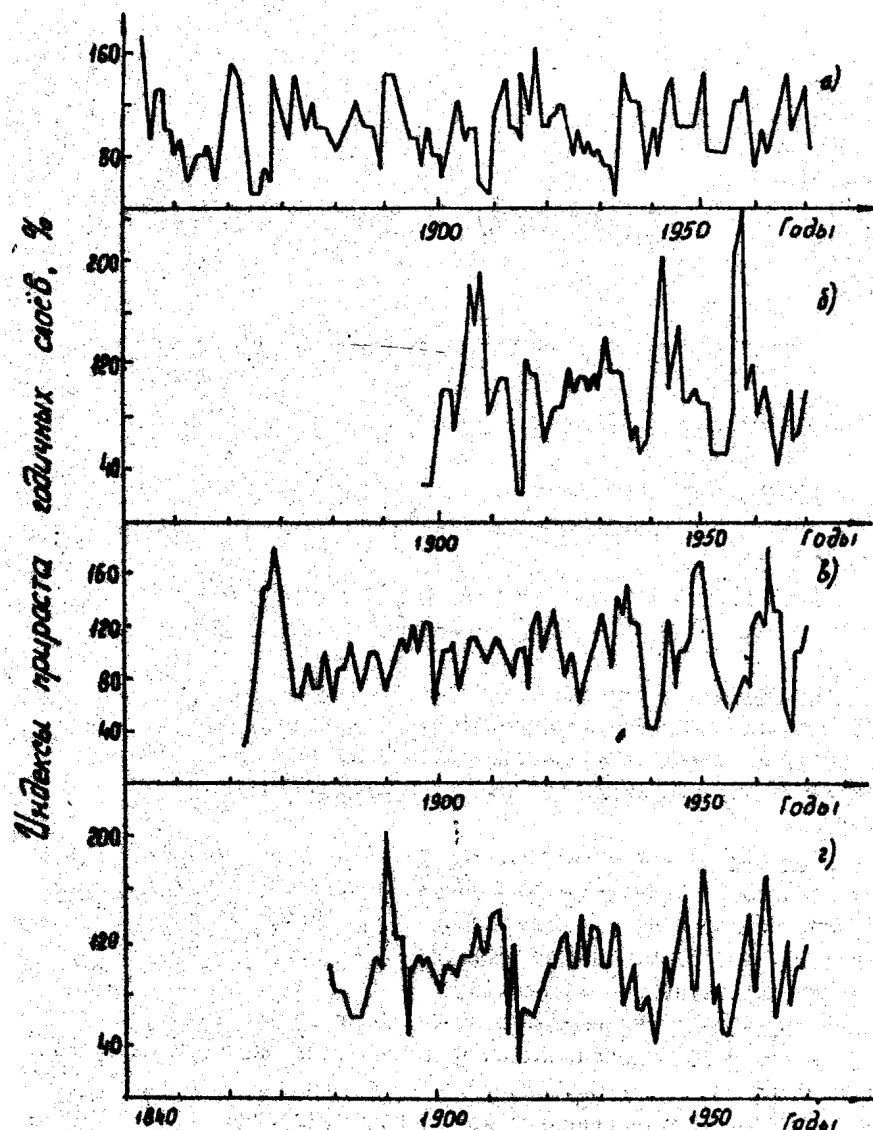


Рис.13 (а-г). Индексы прироста моделей деревьев:
а) Л-II; б) Л-10; в) Л-9; г) Л-8.

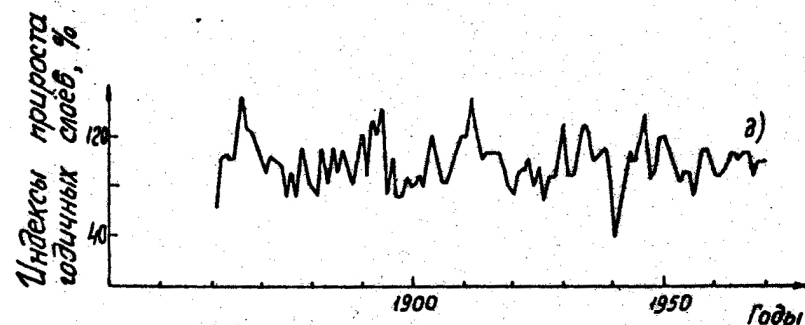


Рис.13 (д). Индексы прироста моделей деревьев: д) Л-7.

Модель Л-1 - сосна обыкновенная, возраст 35 лет, взята в 1973 году в Грузинской ССР, побережье Черного моря. Условия произрастания - В₂.

Модель Л-2 - сосна обыкновенная, возраст 35 лет, взята в 1973 году в Грузинской ССР, горные условия. Условия произрастания - В₂.

Модель Б-1 - лиственница, возраст 416 лет, взята в 1975 году в Башкирской ССР, Белорецкий район, в Авзянском лесхозе, гора Шатау (вблизи деревни Исманаяго). Условия произрастания - С₃. Изменение ширины ранней древесины этого дерева показано на рис.14.

Модель Б-2 - лиственница, возраст 226 лет, взята в 1976 году в Башкирской ССР, Кананикольский район, пос.Уркас (Южный Урал). Условия произрастания - С₃. Высота дерева - 38 м, диаметр на высоте 1,3 м - 115 см. Изменение ширины ранней древесины этой лиственницы представлено на рис.15.

Модель Б-3 - лиственница, возраст 402 года, взята в 1976 году в Башкирской ССР, Кананикольский район, пос.Уркас (Южный Урал). Условия произрастания - С₃. Высота - 31 м, средний диаметр на высоте 1,3 м - 82 см. Временной ход ранней древесины лиственницы Б-3 показан на рис.16.

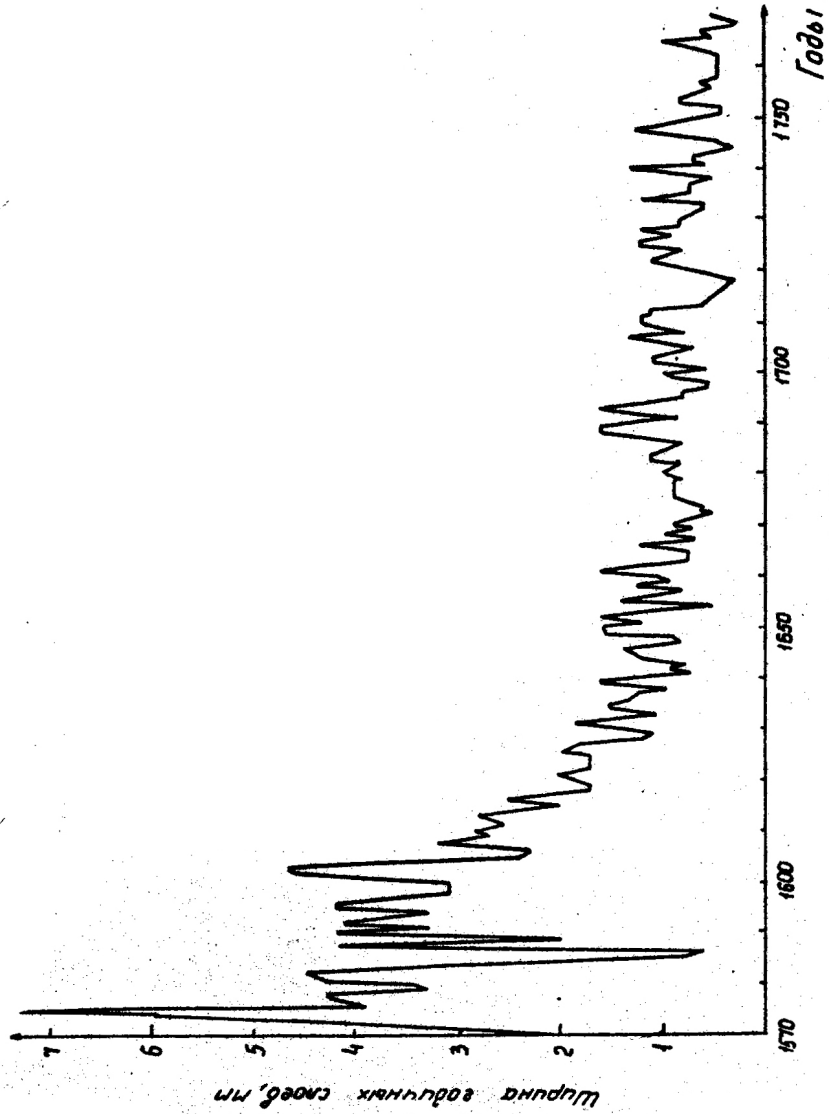


Рис.14 (начало).

(продолжение рис.14)

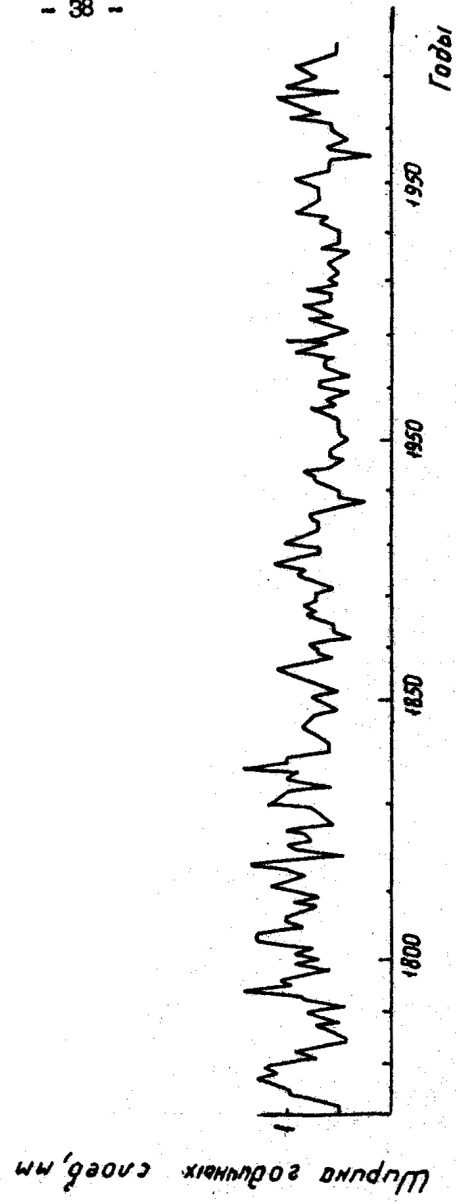


Рис.14. Изменение ширины годовой древесины модели Б-1.

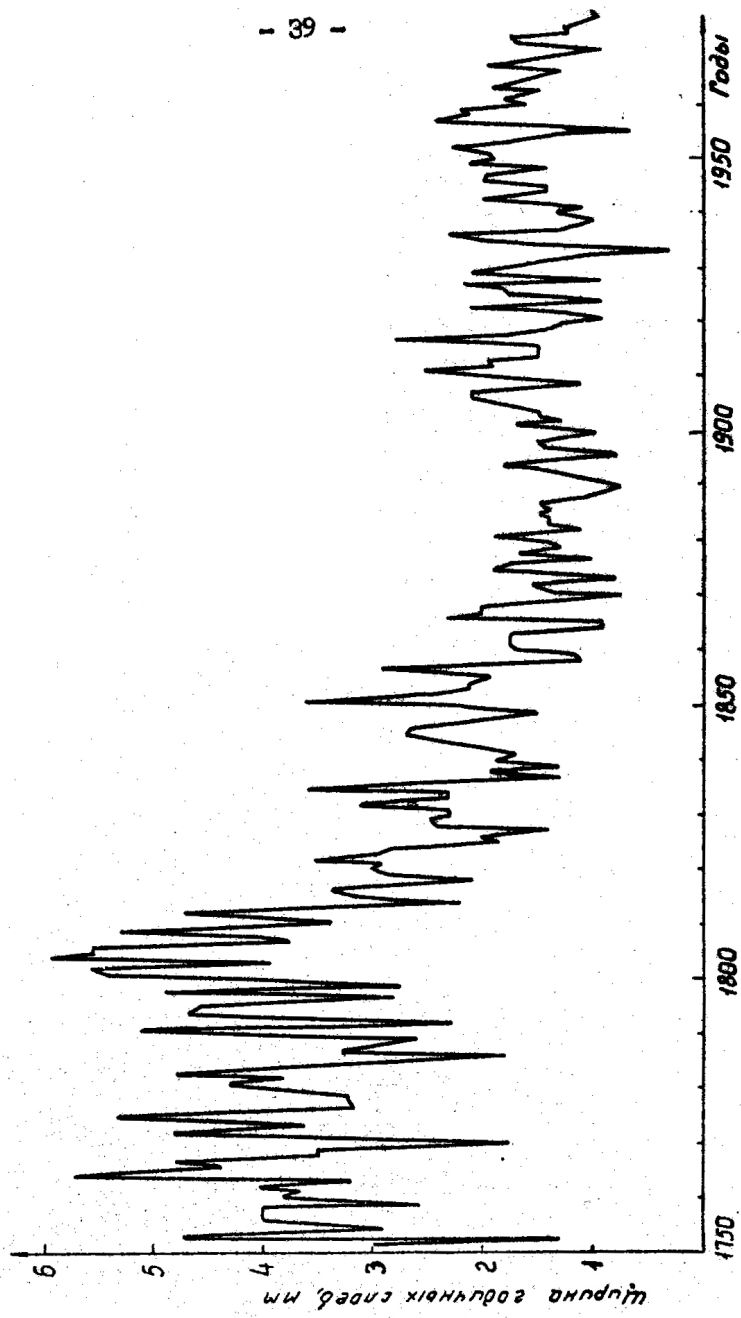


Рис. 15. Ширина ранней древесины от кольца к кольцу в модели Б-2.

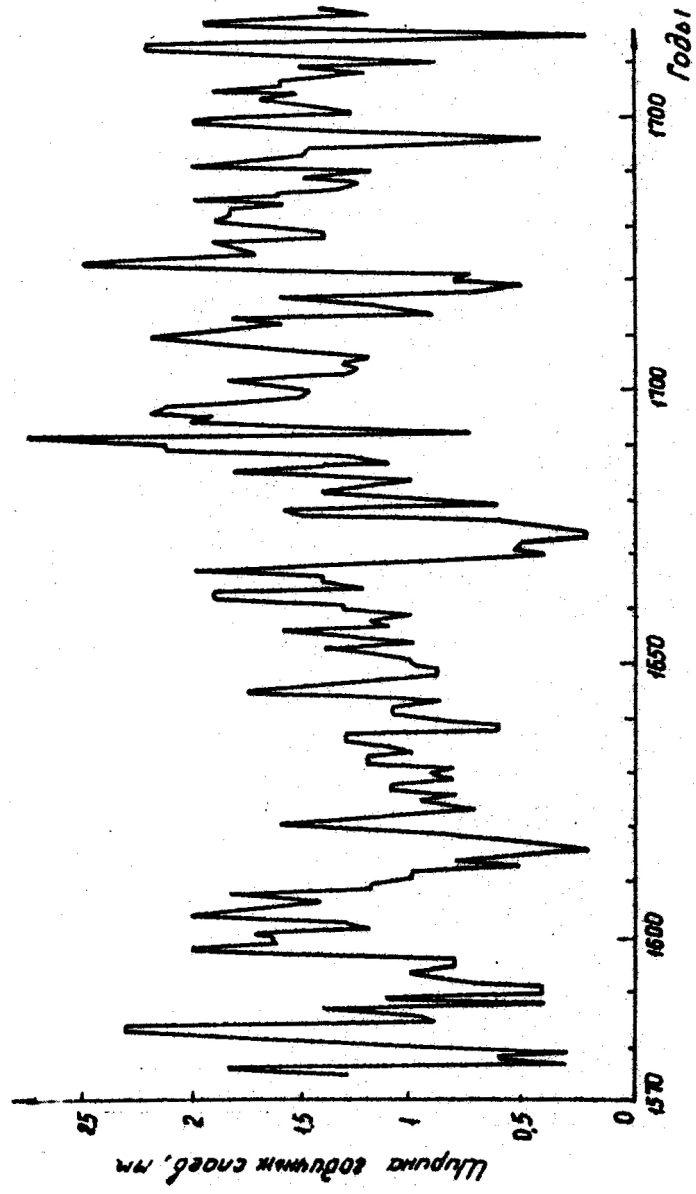


Рис. 16 (начало).

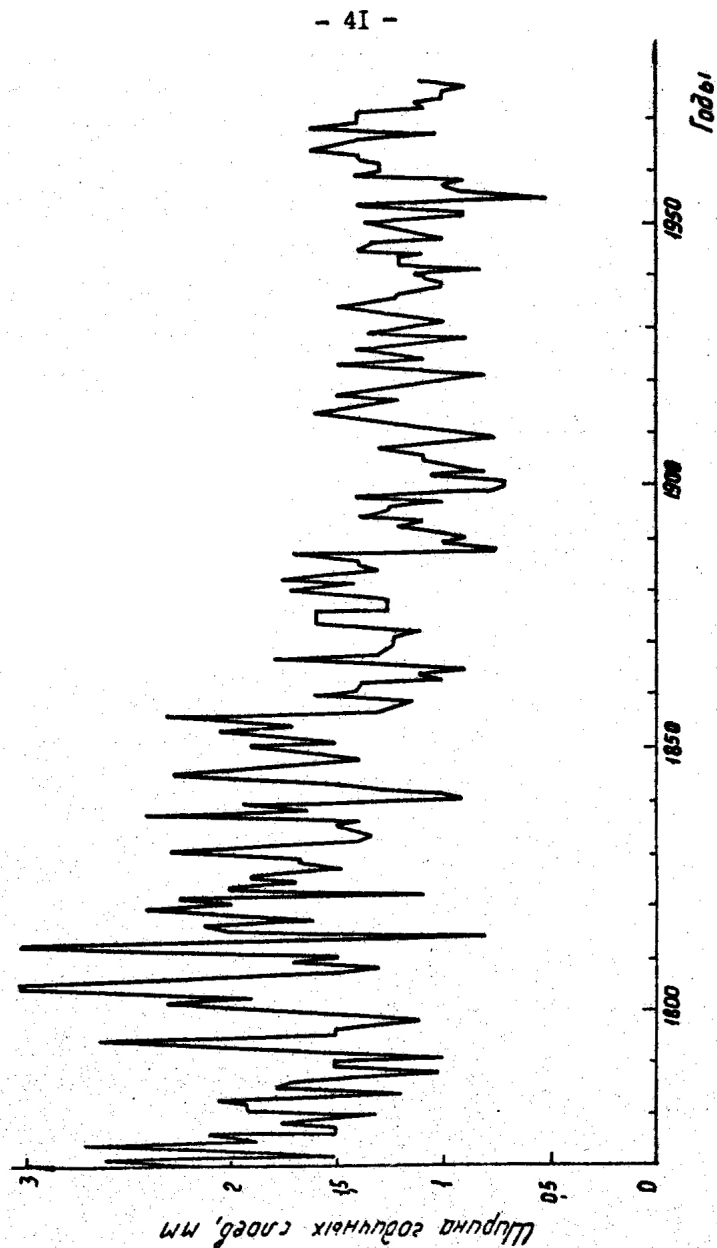


Рис.16. Ширина ранней древесины от года к году в модели Б-3.

Модель Б-4 - сосна обыкновенная, возраст 248 лет, взята в 1976 г. в Башкирской ССР, Кананикольский район, пос.Уркас. Условия произрастания - C_3 . Высота - 26 м, средний диаметр на высоте 1,3 м - 96 см. Серия годовичных колец этой модели соответствует модели Б-2 (лиственница). Изменение раннего прироста этой модели во времени показано на рис.17.

Модель КК-1 - сосна, возраст 470 лет, взята в 1977 году в Ставропольском крае, Бескесский лесхоз, лесничество Пхия (Кавказский заповедник). Условия произрастания - C_{2-3} . Ранний прирост модели КК-1 показан на рис.18.

Модель КК-2 - сосна, возраст 176 лет, взята в 1978 году в Ставропольском крае, Бескесский лесхоз, лесничество Пхия (Кавказский заповедник). Условия произрастания - C_{2-3} . На рис.19 показан временной ход раннего прироста сосны КК-2.

Модель КК-3 - ель восточная, возраст 602 года, взята в 1978 году в Ставропольском крае, Бескесский лесхоз, лесничество Пхия (Кавказский заповедник). Условия произрастания - C_{2-3} . На рис.20 показано изменение прироста ранней древесины этой ели.

Модель К-4 - сосна обыкновенная, возраст 405 лет, взята в 1979 году в Карельской АССР, Поросозерокий район, лесничество Совдозеро. Условия произрастания - B_3 . Годичные кольца с 1374 и 1483 гг. очень узкие, что, по-видимому, свидетельствует об экстремальных условиях в данный период. Не удалось провести по-годовичное разделение (этот интервал разделен по десятилетиям). На рис.21 показан временной ход погодиичного прироста ранней древесины модели К-4.

Модель К-5 - сосна обыкновенная, возраст 183 года, взята в 1979 году в Карельской АССР, Поросозерокий район, лесничество Совдозеро. Условия произрастания - B_3 . Интервал 1580-1650 гг из-за узости колец разделен по десятилетиям. На рис.22 представлен временной ход ширины кольца этой сосны (ранняя древесина).

Что касается модельных образцов, представленных Львовским лесотехническим институтом, то использованы две древесные породы. Образцы ели европейской собраны в горном массиве Украинских Карпат, в трёх местах вблизи верхнего предела произрастания ели в 2 км друг от друга [8].

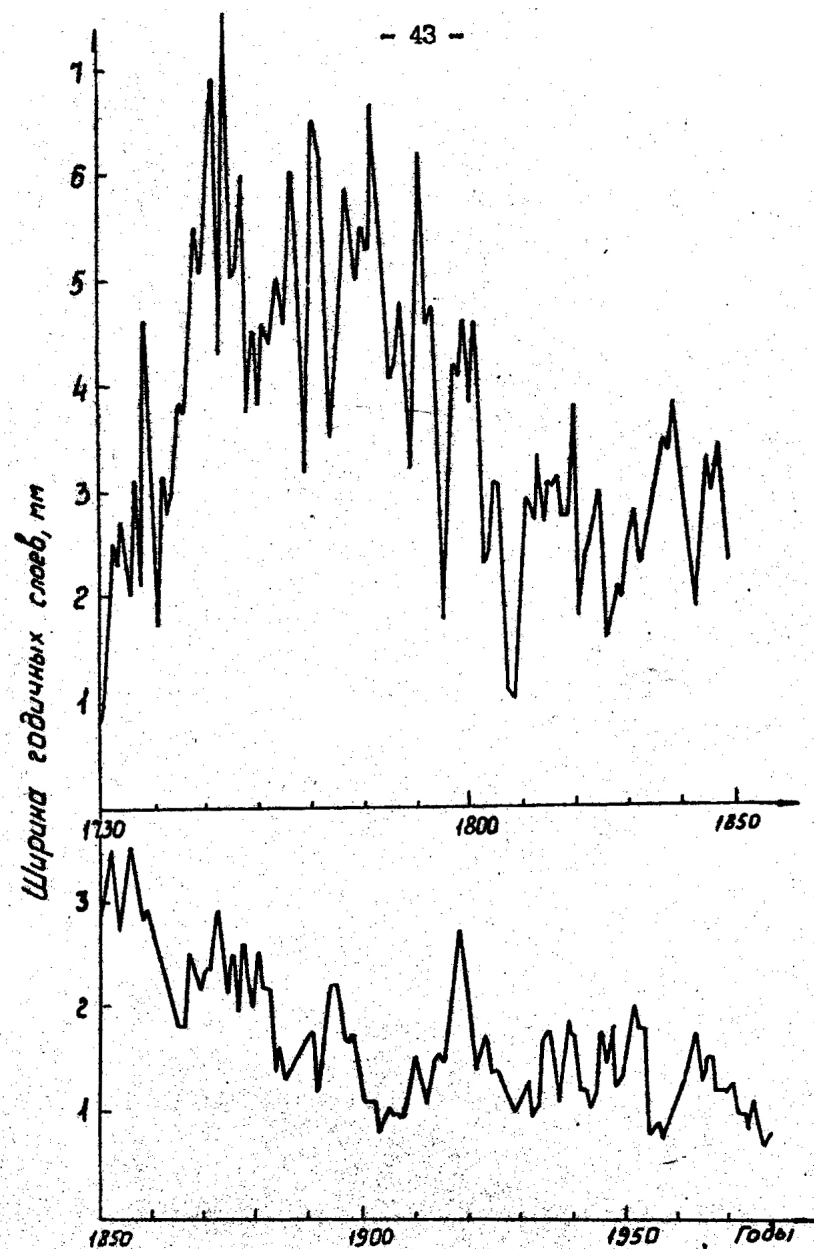


Рис. 17. Ширина ранней древесины в модели Б-4.

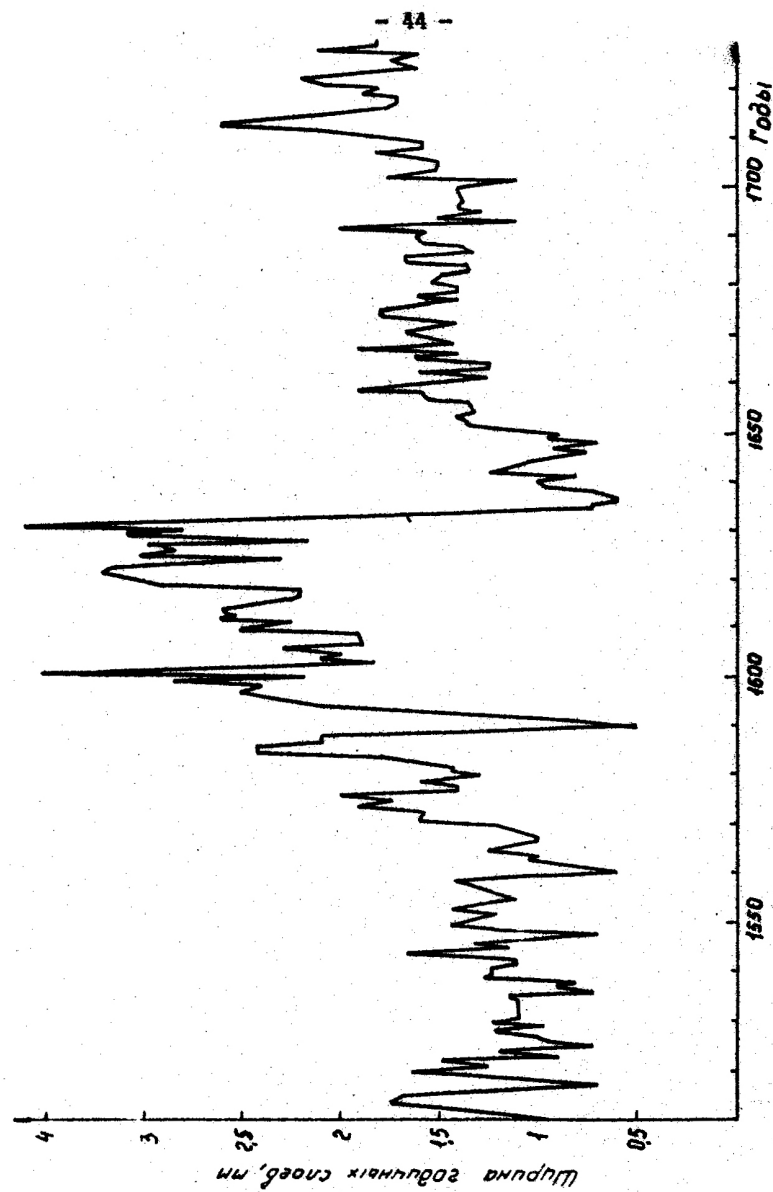


Рис. 18 (начало).

(продолжение рис. 18)

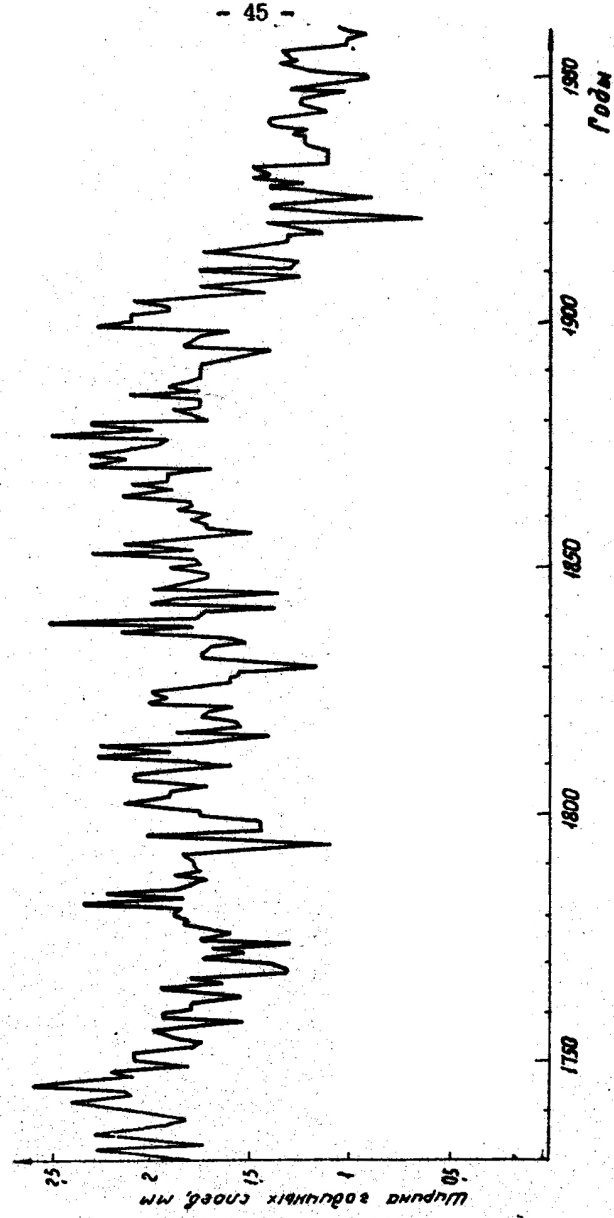


Рис. 18. Изменение ширины ранней древесины в модели КК-1.

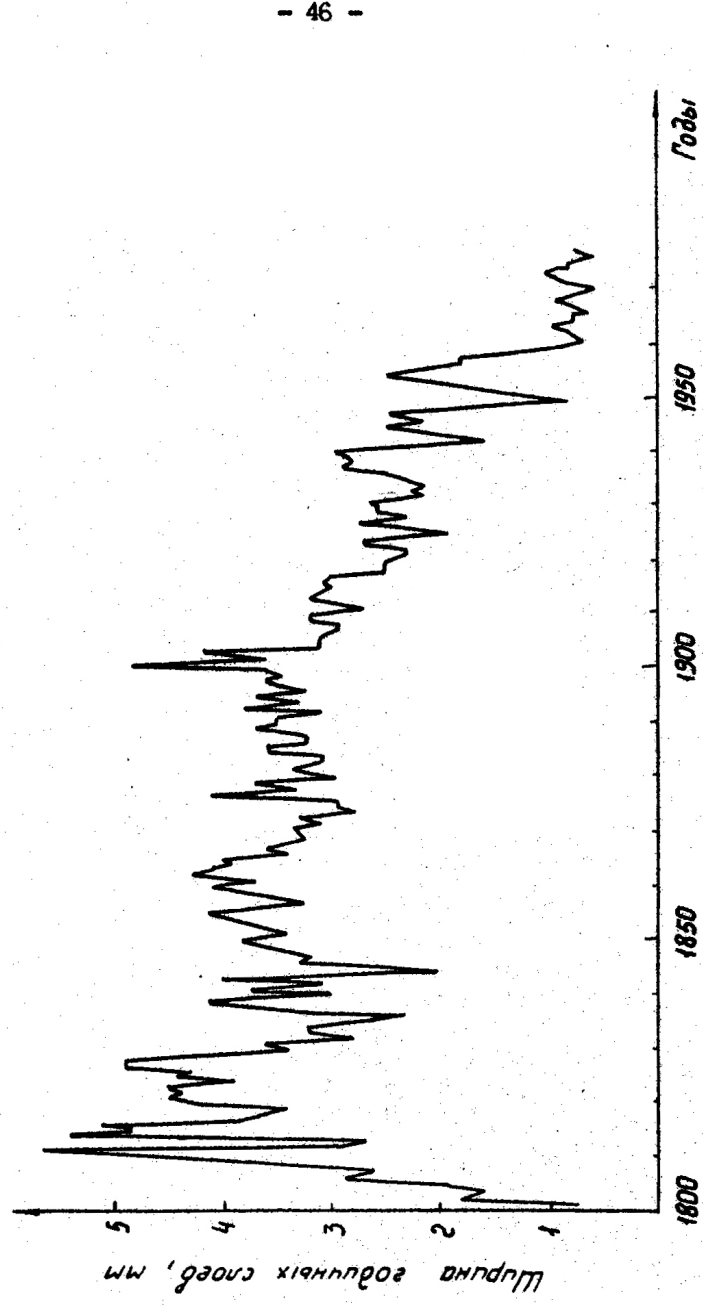


Рис. 19. Ширина ранней древесины в модели КК-2.

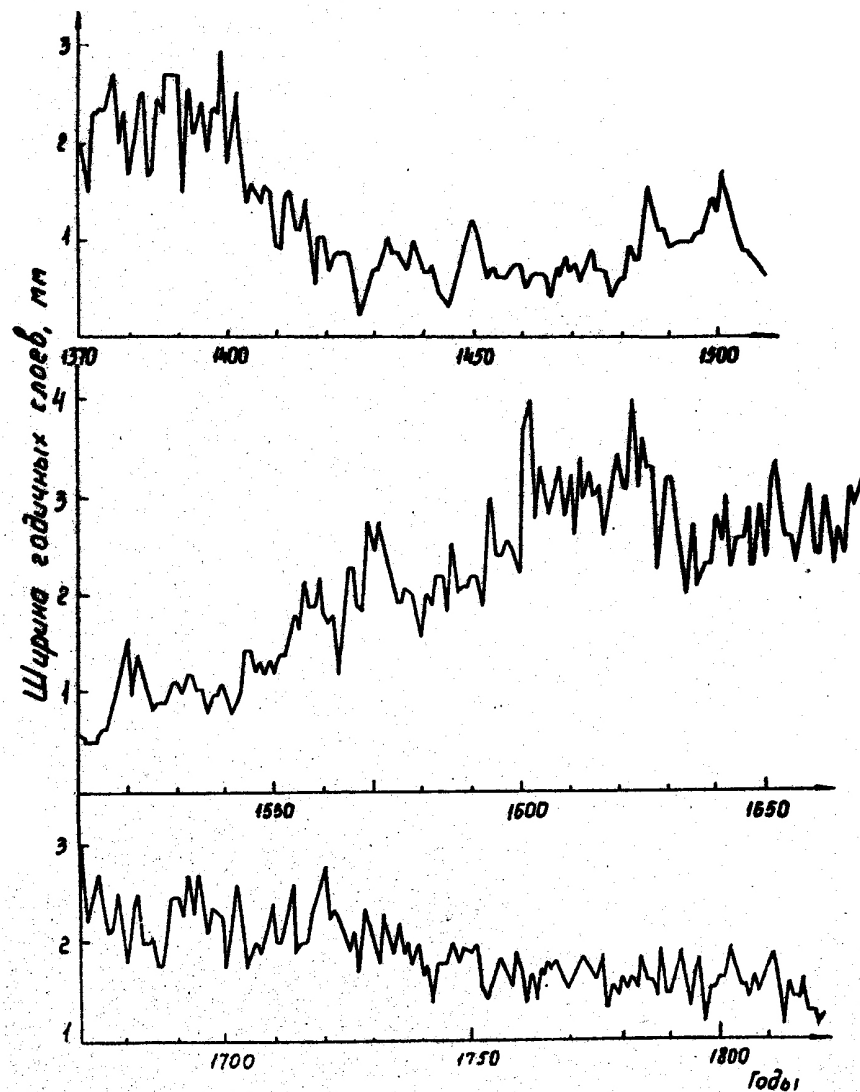


Рис.20 (начало).

(продолжение рис.20)

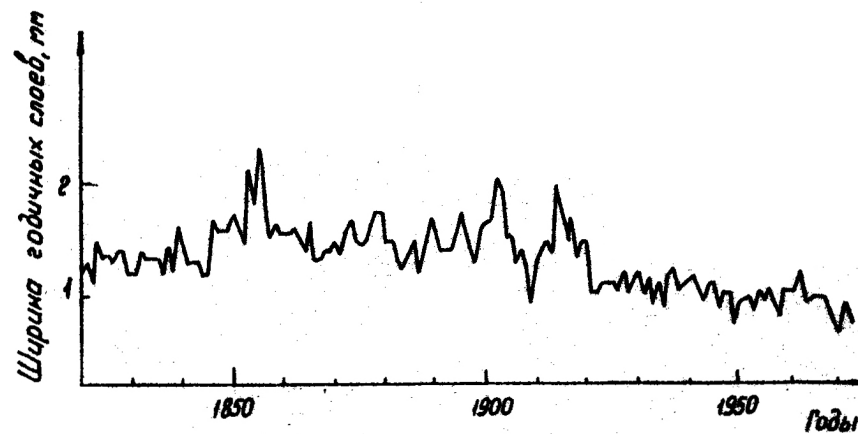


Рис.20. Временной ход ширины ранней древесины в модели КК-3.

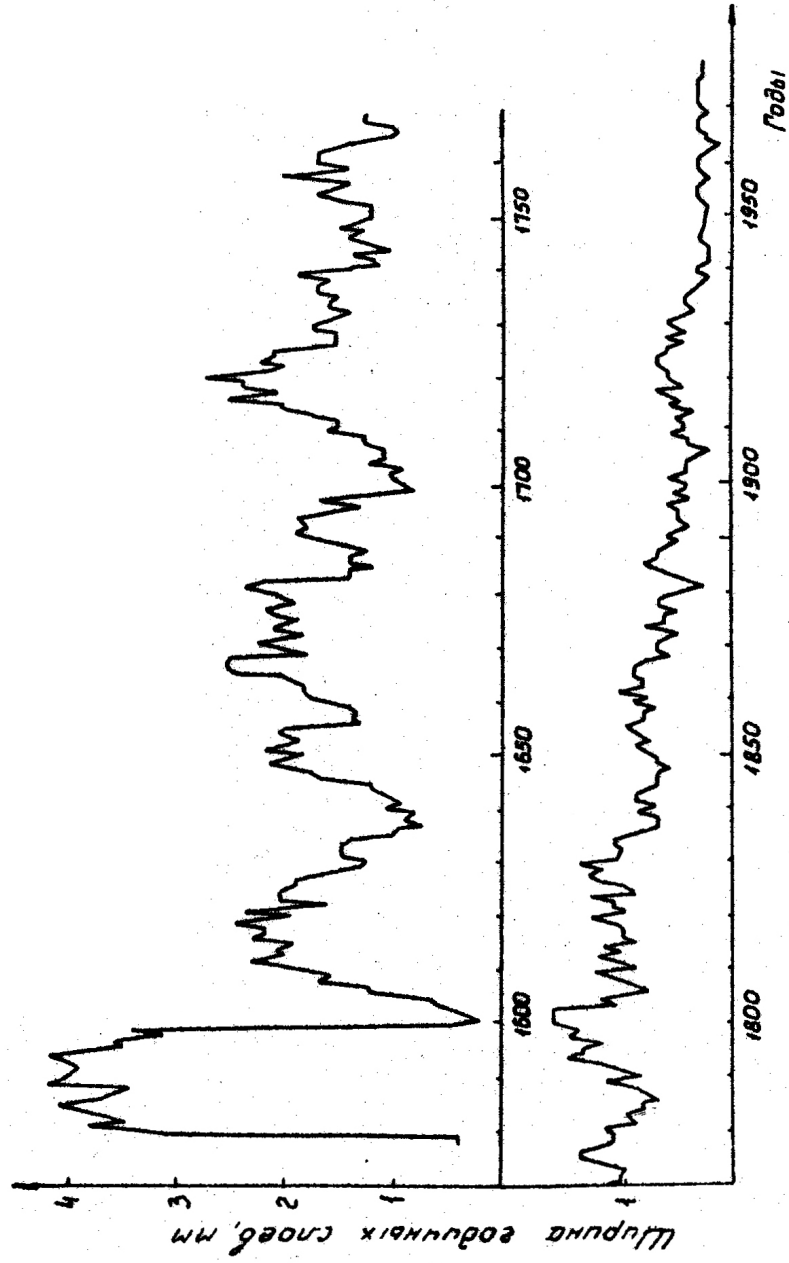


Рис.21. Изменение ширины ранней древесины в модели К-4.

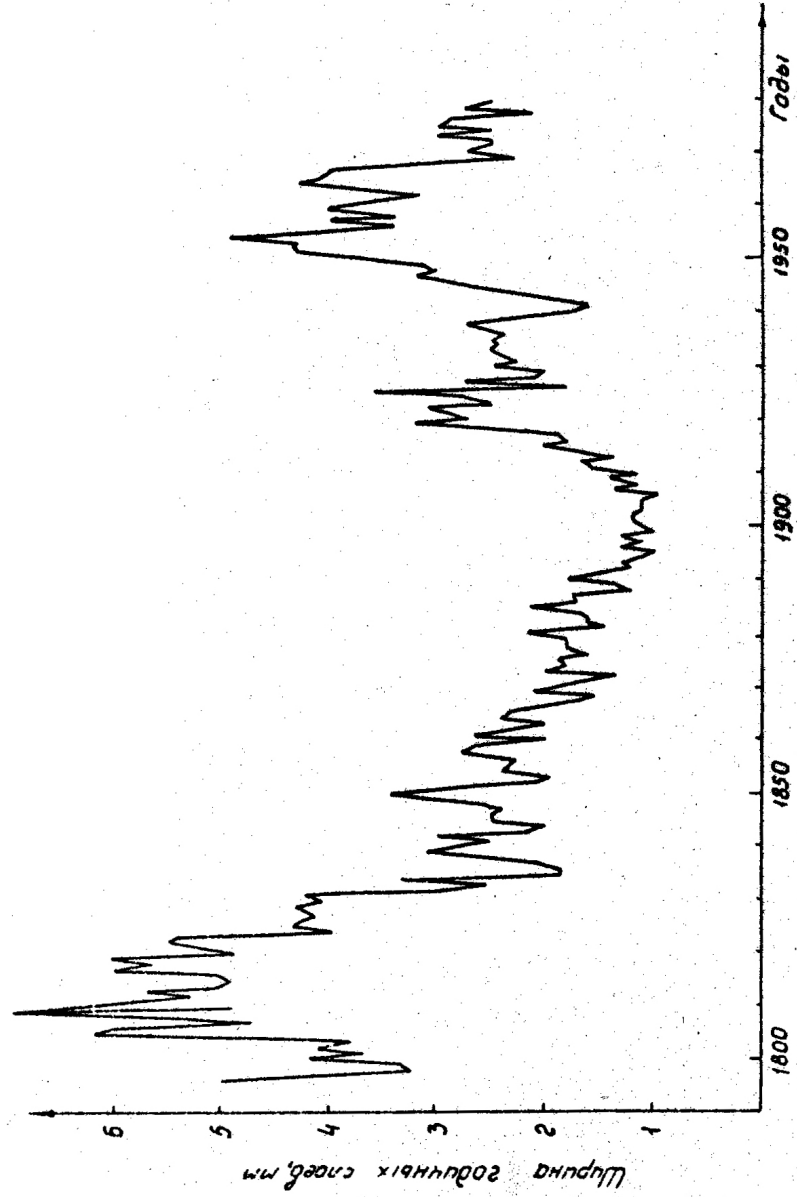


Рис.22. Ширина ранней древесины от года к году в модели К-5.

Таблица 7.

Индексы годичного прироста площади сечения ели европейской
в ельнике черничнике

Деся- тиле- тия	Г о д ы										Средн. число дере- вьев
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1970	101	63	70	64	62	77	79	91			10
1960	112	115	105	98	96	103	104	121	129	110	10
1950	108	111	111	116	118	109	124	117	103	92	10
1940	120	126	91	91	115	108	130	81	75	77	10
1930	116	125	95	91	106	105	113	108	110	153	10
1920	96	99	128	109	124	111	127	121	92	90	10
1910	92	93	83	68	71	99	99	112	88	89	10
1900	112	105	97	94	92	92	79	90	84	90	10
1890	131	112	129	108	101	107	92	99	91	107	10
1880	125	131	120	118	120	109	89	93	114	124	10
1870	95	109	92	109	94	71	65	73	80	95	10
1860	93	104	132	120	102	81	104	102	111	90	10
1850	92	72	97	125	112	121	102	99	104	67	10
1840	104	138	129	119	138	130	120	107	109	93	10
1830	69	65	65	91	94	78	91	90	111	117	10
1820	84	79	109	110	95	99	107	87	80	80	10
1810	118	129	122	92	113	92	97	92	68	85	10
1800	100	119	130	111	126	120	90	106	99	103	10
1790	104	98	105	89	100	99	97	84	94	80	10
1780	89	92	81	70	75	83	92	90	115	107	10
1770	91	94	100	109	124	118	93	102	105	89	10
1760	93	90	81	107	85	93	84	106	90	89	10
1750	111	85	103	116	139	115	111	67	68	91	10
1740	93	80	89	88	72	70	83	84	98	103	10
1730	111	79	90	87	113	123	110	105	107	111	10
1720	110	104	118	113	120	105	144	139	145	112	9
1710	124	121	125	106	115	118	110	113	89	102	8
1700	91	88	85	79	93	83	99	107	120	132	7
1690		119	128	114	94	83	95	81	98	99	5

Таблица 8.

Индексы годичного прироста площади сечения ели европейской
в ельнике сфагновом (1350 м над уровнем моря)

Деся- тиле- тия	Г о д ы										Средн. число дере- вьев
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1970	93	81	102	104	110	86	75	85			10
1960	93	97	97	96	89	88	83	106	104	91	10
1950	99	114	114	129	125	127	109	116	113	91	10
1940	103	114	101	92	105	104	122	97	86	81	10
1930	105	109	95	97	101	97	95	94	98	117	10
1920	95	93	113	107	115	93	92	86	71	94	10
1910	83	92	80	62	54	69	74	90	54	85	10
1900	110	104	80	73	74	95	94	114	97	84	10
1890	87	103	113	107	104	120	110	120	106	114	10
1880	93	105	89	102	100	94	75	71	100	108	10
1870	135	135	107	113	106	88	63	64	83	90	10
1860	102	108	114	109	95	98	102	103	128	117	10
1850	113	106	148	170	136	144	117	103	93	83	7
1840	92	138	116	102	118	123	100	105	110	100	7
1830	111	114	100	95	97	100	91	89	101	126	7
1820	105	90	104	80	80	100	102	128	120	100	5
1810	59	59	97	97	136	112	95	99	77	113	2
1800	121	108	141	130	89	104	136	118	49	76	1
1790		85	104	107	104	95	139	158	166	128	1

Таблица 9.

Индексы годичного прироста площади сечения ели европейской в ельнике на каменной россыпи (1300 м над уровнем моря)

Деся- тиле- тия	Г о д ы										Средн. число деревь- ев
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1970	113	88	91	90	103	102	94	94			10
1960	122	131	121	106	91	117	118	108	122	119	10
1950	89	84	97	109	115	118	110	136	141	117	10
1940	87	110	94	56	78	82	87	71	68	64	10
1930	89	90	78	64	82	78	103	98	117	130	10
1920	91	113	130	132	128	104	90	112	70	75	10
1910	111	115	106	90	77	104	115	111	60	79	10
1910	148	121	104	93	77	73	62	68	90	105	10
1890	118	100	102	56	67	80	81	105	103	151	10
1880	118	131	132	136	139	114	109	107	119	129	10
1870	104	112	112	165	108	77	72	64	69	86	10
1860	102	108	113	89	86	87	94	106	116	113	10
1850	114	118	132	146	130	136	109	107	105	92	10
1840	89	99	83	79	83	79	85	85	90	96	8
1830	123	122	99	105	83	99	109	96	68	93	6
1820	124	108	117	110	103	88	108	134	143	118	5
1810	91	94	115	96	80	96	115	119	104	113	3
1800				51	84	108	72	98	91	101	2

В ельнике-черничнике господствует поколение ели возрастом около 140 лет с единичными деревьями прежнего поколения возраста 280-300 лет. Средний диаметр 43,2 см (14-60 см), средняя высота 23 м (12-30 м), количество деревьев - 52 на гектар. В сфагновом ельнике деревья разновозрастные, выделяются два поколения 60 и 120 лет с единичной примесью более старых деревьев (180-200 лет). Средний диаметр 10 см (3-22 см), средняя высота 6,2 м (3-13 м), количество - 1912 деревьев на гектар. В ельнике на крутом склоне каменной россыпи преобладает поколение 60 лет с примесью деревьев старших поколений. Средний диаметр древостоя 20,3 см (8-40 см), средняя высота 16,5 м (7-25 м), количество деревьев 1626 на гектар.

Дендрошкалы составлены на основании измерений ширины годичных слоев древесины на керлах, взятых буравом на высоте 1,3 м по четырем радиусам. В исследование включены деревья разных рядов - от господствующих до угнетенных. Индексы годичного прироста площади сечения приведены в таблицах № 7, 8, 9.

Л и т е р а т у р а

1. Кочаров Г.Е., Арсланов Х.А., Алексеев В.А., Битвинскас Т.Т., Дергачев В.А. // "Дендроклиматохронология и радиоуглерод".- Каунас: Ин-т ботаники АН Лит.ССР, 1972, с.223.
2. Битвинскас Т.Т., Дергачев В.А., Кайркшитис Л.А., Кочаров Г.Е., Янкавичус К.К. // "Биоэкологические основы дендрохронологии".- Вильнюс: Ин-т ботаники АН Лит.ССР, 1975, с.5.
3. Битвинскас Т.Т., Кайрайтис И.И., Брукштус В.И., Навасайтис М.З. // "Дендроклиматохронологические шкалы Советского Союза".- Каунас: Ин-т ботаники АН Лит.ССР, 1981, с.87.
4. Чесноков В.И. // "Распространенность изотопов в окружающей среде и астрофизические явления".- Л.: ФТИ, 1984, с.106.
5. Битвинскас Т.Т., Дергачев В.А., Кочаров Г.Е., Лийва А.А., Суурман С.Ю., Шулия К.С. // "Труды VI Всесоюз. совещания по проблеме "Астрофизические явления и радиоуглерод" .- Тбилиси: ТГУ, 1978, с.185.
6. Колчин Б.А., Черных Н.Б. // "Дендроклиматологические шкалы Советского Союза".- Каунас: Ин-т ботаники АН Лит.ССР, 1981, с.50.
7. Битвинскас Т.Т. // "Условия и радиальный прирост деревьев".- Каунас: Ин-т ботаники АН Лит.ССР, 1978, с.45.
8. Колишук В.Н. // "Дендроклиматологические шкалы Советского Союза".- Каунас: Ин-т ботаники АН Лит.ССР, 1979, с.79.