

ИЗМЕНЧИВОСТЬ НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ РАДИАЛЬНОГО ПРИРОСТА СОСНЯКОВ ЛИТОВСКОЙ ССР

В.И.Брукштус

Приводятся результаты исследования части дендрохронологического материала сосен из пробных площадей свежих местопроизрастаний, расположенных на территории республики. Излагается способ установления степени однородности пробных площадей, составления кривых экстремумов прироста ранней, поздней и годичной древесины, установлена их взаимосвязь, а также связь с шириной прироста, рассчитано количество крайне экстремальных лет для совокупности насаждений сосняков. Определены величины и причины сходства интервалов понижения и повышения прироста, их изменчивость в зависимости от возраста древостоя и от времени. Установлен среднеприростной коэффициент чувствительности, а также его изменчивость в зависимости от возраста и от интервалов повышения и понижения прироста. Рассчитана корреляционная зависимость между шириной ранней, поздней, годичной древесины и соответствующими кривыми экстремумов прироста, соответствующими кривыми сходства прироста, а также соответствующими изменчивостями коэффициента чувствительности.

1. Местонахождение и таксационные характеристики пробных площадей.

Древостои сосны подбирались чистые и смешанные по составу, без видимых следов антропогенных, пирогенных и других воздействий на них. С одного дерева брали по два образца с западной и южной стороны света. Лесотаксационная характеристика пробных площадей приведена в табл. I.

Таблица I
Местонахождение и таксационная характеристика пробных
площадей заложенных в Литовской ССР

местонахождение пр.пл. (лесничество, лесхоз)	квартал	число моделей шт.	видовой вид состав	ср. высота м	ср. диаметр см	бонитет	полнота	тип ус- ловий	тип леса
Рагувеле (Паневежский лесхоз)	45	27	сосна IO C	24	40	III	0,4	B ₂	Р.м.
Улите (Паневежский лесхоз)	46	24	""- 6C4E+O	27	44	II	0,5	B ₂₋₃ C ₂₋₃	Р.м.
Жалей (лесхоз Жалёсас)	85	10	""- 8C2E	27	32	II	0,7	B ₂	Р.м.ох.
Гражутес (Зарасайский лесхоз)	131	16	""- IO C	26	32	III	0,5	B ₂₋₃	Р. -м.
Палуше (Игналинский лесхоз)	9	56	""- IO C+B,E	24	36	III	0,6	B ₂₋₃	Р. м.
Тельши (Тельшяйский лесхоз)	43	22	""- IO C	24	36	III	0,4	B ₂₋₃	Р.
Дусетос (Зарасайский лесхоз)	26-27	14	""- IO C	25	32	III	0,5	B ₂₋₃	Р.м.

2. Определение однородности и экстремумов. Для восстановления экстремальных природных явлений среди других методов используется и дендрохронологический. Определению изменений экстремальных значений (спектров изменчивости) в радиальном годичном приросте уделялось немало внимания во многих работах (Битвинскас, 1974; Вихров, Колчин, 1962; Ловелиус 1979). Выяснялись особенности циркуляционных процессов атмосферы вгоды аномальной биологической продуктивности лесов Советского Союза (Адаменко, Битвинскас, Колчин, Ловелиус, 1967). Но интерес к этому вопросу до сих пор не уменьшается. Определение экстремумов возможно лишь при использовании достоверных дендрожкал, которые могут быть составлены только на биологически и экологически однородном материале. Это значит, что не следует при дендрохронологических исследованиях усреднять экологически резко различные ряды ширины годичных колец. Радиальный прирост одного и того же вида и местопроизрастания, одновозрастных неповрежденных древостоев и имеющих аналогичные морфологические признаки, растущих под одинаковым влиянием экзогенных условий, чаще всего должен быть однородным. Степень однородности (гомогенности) радиального прироста деревьев изучаемой пробной площади можно определить по следующей формуле:

$$V(t) = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \max(\operatorname{sgn}(Z_i(t+1) - Z_i(t)), 0);$$

$$\operatorname{sgn} z = \begin{cases} 100; z > 0; \\ 0; z = 0; \\ -100; z < 0; \end{cases} \quad (1)$$

$Z_i(t)$ - прирост i - того дерева в конкретном году
 n - число деревьев в пробной площади.

Однородность радиального прироста древостоя полученная по данной формуле и выраженная в процентах, показывает усредненную обобщенность реакции всех изучаемых деревьев на изменение внешней среды, проявляющуюся как повышением, так и понижением прироста. Здесь, несомненно действует и биологический фактор, свойственный данному виду в фитоценозе, зависящий от вертикальной и горизонтальной структуры сообщества и от возраста. Предполагается, что у гомогенной пробной площади все деревья показывают сходный прирост, непрерывно изменяющийся из года в год. Микронеоднородности прироста, не нарушают общей однородности и, как правило бывают небольшими.

На рис. 1 показаны примеры расчетов, изображены кривые, отражающие экстремумы ранней, поздней и годичной древесины радиального прироста сосняка одной из пробных площадей (лесничество Малёйи кв. 85, лесхоз Малёсэс). Кривые показывают количество совпадающих положительных интервалов прироста всех деревьев пробной площади в конкретном году в процентах, т.е. показывают какова степень согласованности реакции радиального прироста совокупности насаждения на изменение внешних условий из года в год. Например, из 1939 г. в 1940 год в приросте ранней древесины интервалы во всех образцах (кернах) повышения не показывали, были отрицательными (прирост снижался), и поэтому положительных интервалов в

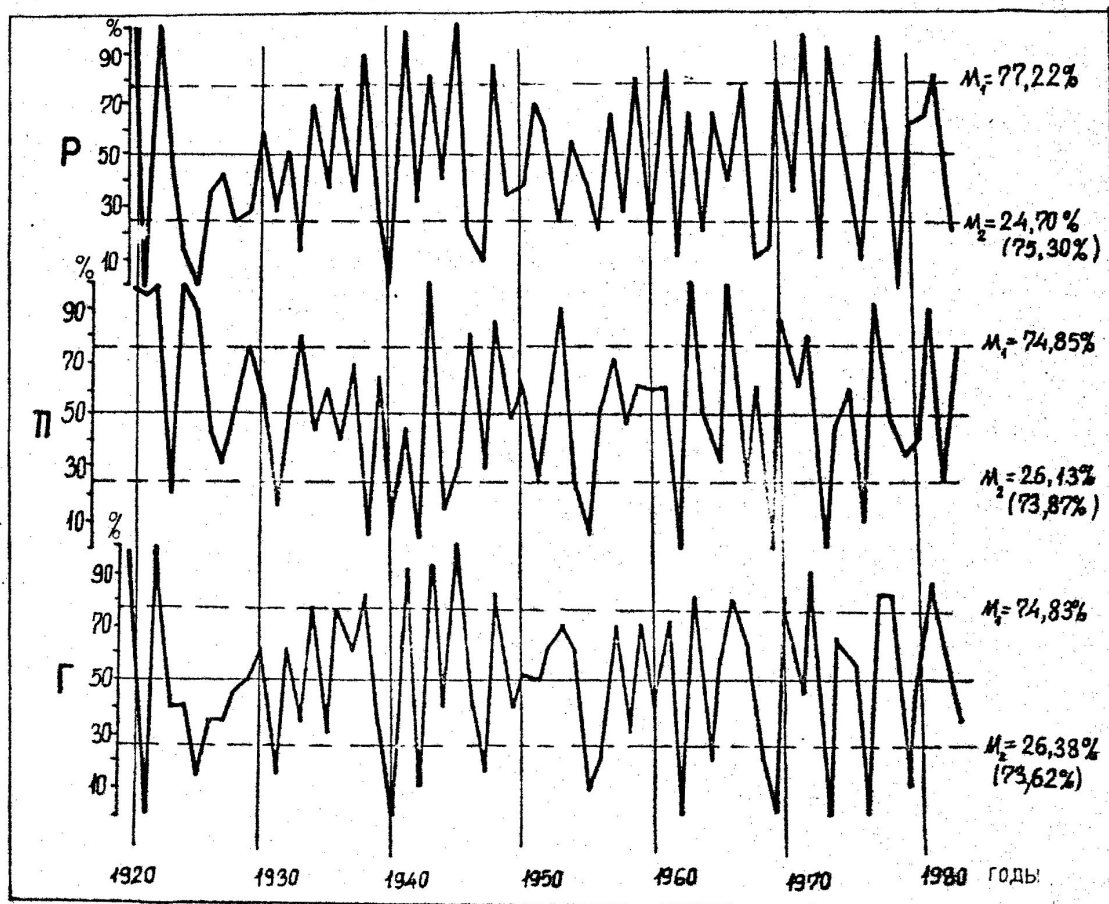


Рис. 1. Кривые экстремумов радиального прироста ранней (Р), поздней (П) и годичной (Г) древесины кв. 85 лесничества Жалёсёс, лесхоз Жалёсёс Лит. ССР M_1 -арифметическое среднее совпадение интервалов повышения, M_2 -интервалов понижения прироста.

данном году 0 %. Если половина образцов в конкретном году показывает повышение, а половина понижение прироста, то он будет оценён поровну (50 %), а если у всех деревьев в данном году прирост повышался - получается 100 % положительных интервалов.

Кривые такого рода можно оценивать и как стандартизированные ряды, показывающие внутренний вектор погодичного прироста совокупности насаждений.

Далее получаем средние значения совпадения интервалов повышения (M_1) и интервалов понижения (M_2) прироста. Средняя выведена из M_1 и M_2 даёт степень однородности радиального прироста в целом отдельно для ранней, поздней и годичной древесины. Результаты пробных площадей, показывающих рассчитанную однородность прироста, приведены в табл. 2.

Из таблицы видно, что наименьшую однородность (71,16 %) показывает прирост ранней древесины сосняка из лесничества Рагуведе. Самая большая однородность обнаружена в приросте годичной древесины лесничества Гражутес (77,14 %). Во всех пробных площадях однородность радиального прироста поздней древесины незначительно выше однородности при-

Таблица 2.

Степень однородности (гомогенности) радиального прироста
сосняков Литовской ССР

Пробная площадь	Однородность радиального прироста в %		
	ранней древесины	поздней древесины	годовой древесины
Рагуведе	71,16	71,63	72,20
Упите	73,50	73,83	75,92
Жалёйи	76,26	74,36	74,22
Гражугес	75,88	76,07	77,14
Палуше	73,23	73,75	73,91
Тельшай	73,59	76,60	76,70
Дусетос	75,73	76,19	77,05

роста ранней древесины, а однородность годичной древесины выше однородности поздней древесины (исключение составляет пр. пл. лесничество Жалёйи).

На рис. 2. показаны характерные взаимосвязи между кривыми ширины радиального прироста ранней, поздней, годичной древесины и кривыми составляющих экстремумов прироста совокупности насаждений (26-27 кв. сосняка л-во Дусетос, Зарасайского лесхоза).

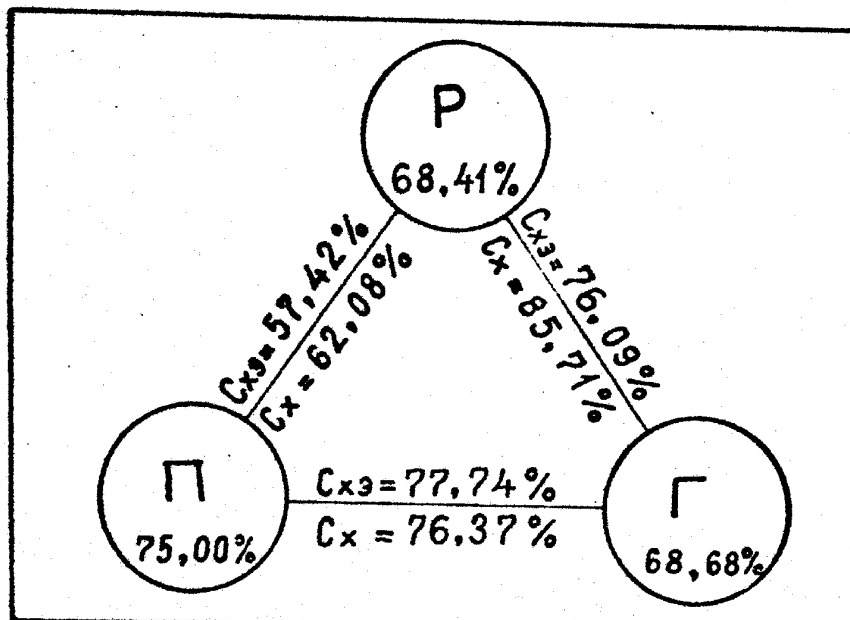


Рис. 2. Сходство между кривыми ширины радиального прироста ранней (Р), поздней (П), годичной (Г) древесины и кривыми соответствующих экстремумов прироста совокупности насаждений 26-27 кв. сосняка л-во Дусетос Зарасайского лесхоза.

Проценты сходства рядов, полученных при расчете экстремальных значений прироста, с рядами ширины прироста, отмечены в окружностях. Видно, что наибольшее сходство (75 %) установлено между кривыми поздней древесины, сходство кривых ранней древесины (68,41 %) чуть меньше сходства кривых годичной древесины (68,68 %). Символом $C_{хэ}$ обозначается процент сходства между кривыми экстремумов раннего, позднего и годичного прироста древесины. Например, между ранней и поздней древесиной $C_{хэ} = 57,42 \%$. Для сравнения приводятся проценты сходства (C_x) между кривыми ширины составных частей колец, скажем - между кривыми ширины поздней и годичной древесины $C_x = 76,37 \%$. По рис. 2 также видно, что наибольшее сходство у кривых прироста экстремальных значений установлено между поздней и годичной древесиной (77,74 %), и между ранней и годичной древесиной (76,09 %). У кривых ширины, наибольшее сходство установлено между ранней и годичной древесиной (87,71 %). На других пробных площадях результаты аналогичны.

Далее рассчитывалось количество крайне экстремальных лет. В табл. 3 показано количество экстремальных годов при определенном уровне значимости отдельно для ранней, поздней и годичной древесины.

Таблица 3.

Количество экстремумов радиального прироста сосняков
ранней, поздней и годичной древесины.

Пробная площадь	Длина серии годуш. колец (годами)	Количество экстремальных лет при уровне значимости								
		5 %			1 %			0,01 %		
		ранней	поздней	годушной	ранней	поздней	годушной	ранней	поздней	годушной
Рагувеле	196	89	90	90	76	77	77	50	51	50
Упите	149	73	70	73	50	52	51	33	32	32
Гражутес	184	92	90	80	79	77	75	51	50	49
Палуше	176	45	49	46	29	33	30	22	20	21
Тельшяй	105	56	59	57	38	37	39	17	16	18
Дусетос	175	87	85	82	73	71	70	48	46	46

Например, у пробной площади из лесничества Рагувелес при пяти процентном уровне значимости, определили 89 минимумов и максимумов прироста ранней, соответственно 90 поздней и 90 годичной древесины и т.д. Самое большое количество экстремумов при пятипроцентном уровне значимости установлено в лесничестве Тельшяй. Для ранней, поздней и годичной древесины они составляют свыше 50 % от всей длины хронологии пробной площади. Наименьшее количество экстремумов определено в лесничестве Палуше. Здесь они при пятипроцентном уровне значимости составляют 25 % для ранней, 28 % для поздней и 26 % для годичной древесины, при однопроцентном уровне значимости соответственно 16%; 18%; 17%, а при уровне значимости 0,01 % - 16 %; 15 %; 17 %.

Изменчивость процента сходства в зависимости от направления интервалов и от возраста.

При исследовании кривых экстремальных значений радиального прироста сосны установлено, что сходство интервалов понижения прироста выше интервалов повышения. На рис. 3 показаны величины сходства ранней, поздней и годичной древесины прироста пробной площади лесничества Гражутес, Зарасайского лесхоза. Видно, что во всех случаях сходство интервалов понижения прироста (не заштрихованные столбики ранней (Р), поздней (П) и годичной (Г) древесины) выше, чем сходство интервалов повышения прироста (заштрихованные столбики). Это можно объяснить тем, что на очень неблагоприятные для роста природные условия все деревья реагируют более одинаково, чем на очень благоприятные. Но такой закономерности не обнаружено в приросте пр. пл. д-ва Малёсёс. Это подтверждает и рис. 1, на котором видно, что у кривых ранней, поздней и годичной древесины во всех случаях $M_2 < M_1$.

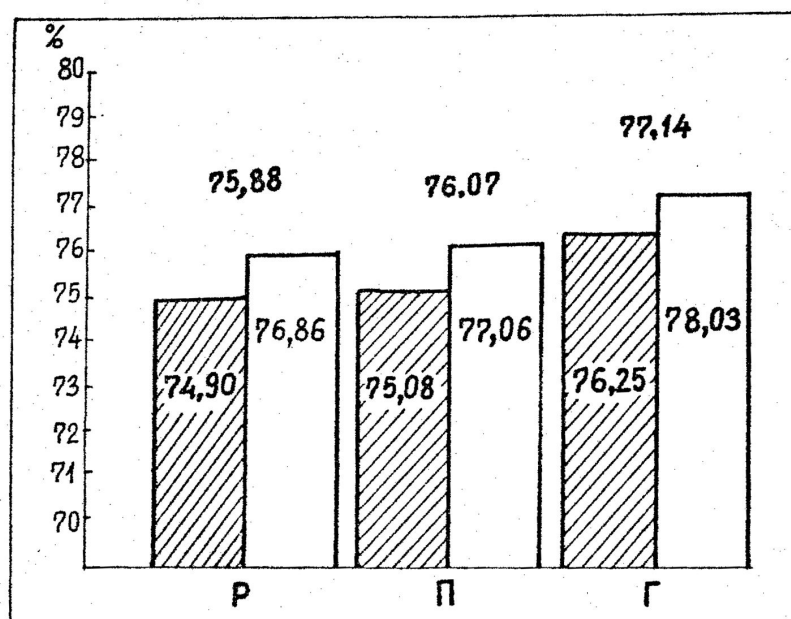


Рис. 3. Величины сходства ранней (Р), поздней (П) и годичной древесины радиального прироста сосняка (пр. пл. д-ва Гражутес кв. 131, Зарасайского лесхоза Лит. ССР). Заштрихованные столбики - сходство интервалов повышения прироста; не заштрихованные - сходство интервалов понижения прироста.

Возраст древостоя этой пробной площади только 65 лет. В остальных древостоях возрасты изучаемых пробных площадей от 100 до 200 лет. Мы проследили ход изменчивости процента сходства отдельно для интервалов повышения и интервалов понижения прироста в зависимости от возраста. Оказалось, что в начале роста древостоев сосны характерна относительно высокое сходство реакции прироста на благоприятные условия среды и, видимо, поэтому в более молодых древостоях интервалы повышения прироста имеют процент сходства больше, чем интервалы понижения. На рис. 4. видим характерные кривые усредненные по двадцатилетиям, отража-

щие изменения процента схождения ранней, поздней, годичной древесины в зависимости от возраста и от направления интервалов.

Сплошная линия показывает ход изменчивости процента схождения интервалов повышения, а пунктирная – интервалов понижения прироста. Эти кривые можно оценивать по двум аспектам. Во-первых, определить зависимость процента схождения прироста древостоя с изменением возраста, и во-вторых, учесть, как меняется процент схождения в зависимости от изменчивости условий каждого календарного года. Отвечая на первый вопрос можем констатировать, что в начале роста древостой отличался низким сходом, далее, до 20-летнего возраста он возрастает, через следующие 40 лет опять снижается, спустя 20 лет поднимается и сильно снижается к 120-летнему возрасту, и далее после подъема следует снижение. На рис. 4 видно, что примерно до 60-летнего возраста схождение интервалов повышения прироста явно превышает схождение интервалов понижения (для поздней древесины в средних значениях то же самое). Далее схождение интервалов понижения почти все время является больше схождения интервалов повышения, и только в самом конце сплошная линия опять становится выше пунктирной.

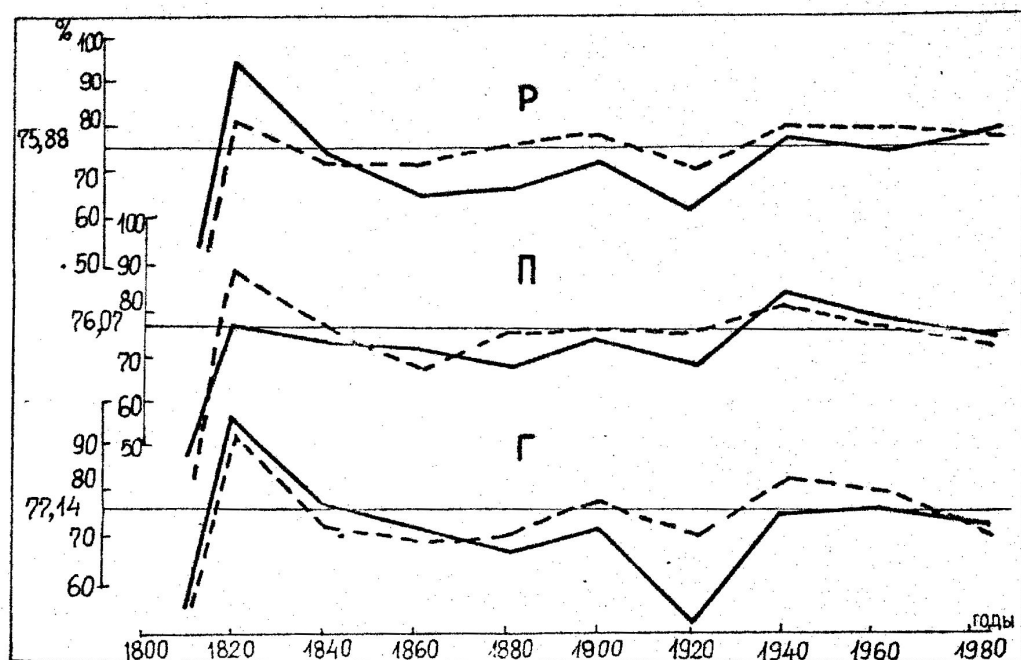


Рис. 4. Изменение процента схождения радиального прироста ранней (Р), поздней (II) и годичной (Г) древесины в зависимости от возраста. Сплошная линия показывает процент схождения интервалов повышения прироста, пунктирная – интервалов понижения. (Сосняк, I31 кв. д-во Гражутес, лесхоз Зарасай, Лит. ССР).

Во всех пробных площадях начало роста характеризуется малым сходом как ранней, поздней, так и годичной древесины. Это объясняется тем, что в молодости реакция деревьев на изменчивость внешних условий является индивидуальной или менее обусловленной. Так

как нами изучаемые деревья составляют лишь незначительный процент от бывшего числа деревьев 20-летних древостоев сосны, то для совокупности молодняка эта картина может быть и другой. Исследования проведенные с образцами взятыми на разных высотах стволов показали, что низкое сходство ширины ранней, поздней, годичной древесины также обнаруживается в начале от сердцевины роста колец. Следовательно, не только возраст дерева а и конкретный возраст образцов на различных высотах стволов свидетельствует о динамике схождения колец. Повышенный процент схождения положительных интервалов в молодости, повидимому, является результатом конкурентноспособности оставшихся индивидов. Очевидно - в молодости деревья, оставшиеся после конкурентной борьбы, на улучшение внешних условий реагируют более четко, чем на ухудшение. Не исключено, что реакция деревьев в целом на ухудшение природных условий за всю жизнь более высокая, чем на улучшение, но изучая 100-200 летние древостои, мы, тем самым, изучаем только выжившие индивиды. Возможно, что отдельно растущие и другие древесные породы, особенно интродуцированные деревья в ряде случаев ведут себя неодинаково.

3. Средняя чувствительность рядов структурных элементов ширины колец. Кривые радиального прироста колец отличаются характерными колебаниями, отражающими чувствительность реакции роста деревьев на изменение внешних условий.

Коэффициент чувствительности для сосны рассчитал Т.Битвинскас (1974). И.Карпавичюс (1976, 1981) среднюю чувствительность использовал для деревьев разных селекционных категорий и групп.

Существует несколько возможностей оценки колебания ширины рядов средних годичных колец. Дуглас (A.E. Douglas, 1928) чувствительность один за другим следующие годичные кольца понимал как разницу их ширины, деленную на их арифметическое среднее. Для всего ряда средняя чувствительность выражается как средняя разница всех соседних колец, деленная на ширину среднего годичного кольца. Немного иначе поступил Фритс (H.C. Fritts et al., 1965), рассчитав колебание для каждого интервала отдельно и выделив среднюю чувствительность для всей кривой. Шульман (E. Schulman, 1947) установил, что нет разницы между чувствительностью, рассчитанной с использованием абсолютных данных ширины годичных колец или стандартизированных (индексов) ширин годичных колец. Густич (J. Hustich, 1949) применил коэффициент вариации, рассчитав отклонение годичных колец от стандарта. Яцевич (W. v. Jazewitsch, 1949) для определения колебаний ширины годичных колец предложил установить абсолютную разницу между двумя рядом стоящими кольцами и её делить на наименьшее их величины и выразить процентами. Для всего ряда чувствительность устанавливается как арифметическое среднее.

Своими исследованиями (P. Mikola, 1950; W.v. Jazewitsch, 1953; E. Schulman,) показали, что разные виды деревьев в том же самом типе местопроизрастания явно отличаются своей чувствительностью одни от других. Одного вида деревья, растущие в условиях где доминирует переменчивый климатический фактор, показывают увеличенную чувствительность (J. Hustich, 1949). Так в Финляндии Микола (P. Mikola, 1950) для ели и сосны установил увеличение чувствительности с продвижением с юга на север, при увеличении значимости температуры как лимитирующего фактора. Также отмечается увеличение чувстви-

тельности с увеличением сухости местопроизрастания (A.E. Douglass, 1919). Именно эти территории с доминирующими климатическими факторами самыми пригодными для дендрохронологических исследований. Очень динамичные серии годовых колец более пригодны для исследования, чем серии со слабой изменчивостью (A.E. Douglass, 1919) Губер и Яцевич (B. Huber, W.v. Jazewitsch, 1958) установил, что одного вида годовые кольца на протяжении столетия имеют разную чувствительность, вызванную долговременными колебаниями климата.

Долгое время средняя чувствительность понималась, как показатель динамики серии годовых колец. Если она тем самым устанавливается для отдельных кривых и для средней кривой, вычисленной от отдельных, то при сравнении этих величин можно вывести величину совпадения отдельных кривых с средней кривой (B. Schulman, 1947). Установлено, чем " Sensivity coefficient of crossdating ", введен Шульманом, ближе к максимуму (1,0), тем лучше совпадают сравниваемые кривые. Чем больше отличаются отдельные кривые, тем больше сглаживаются их разные годовые колебания при усреднении и поэтому уменьшается средняя чувствительность усредненной кривой и она становится меньше, чем средняя чувствительность любой отдельной кривой.

Мы для расчетов средних чувствительностей кривых ширины структурных элементов радиального прироста исследуемых пробных площадей применили формулу использованную Т.Т. Битвинским (1974):

$$C_k = \frac{\sum_{i=1}^n |\Delta i| \cdot 100}{\sum_{i=1}^n i} ; \quad (2)$$

где: $|\Delta i|$ - абсолютные разности ширины годовых колец деревьев независимо от знака.

$\sum_{i=1}^n i$ - сумма годовых колец деревьев за весь исследуемый период.

В таблице 4 приводим результаты расчетов средней чувствительности рядов ранней, поздней и годичной древесины ширины колец в пробных площадях. Видно, что во всех случаях (кроме пр. пл. лесн. Жалёсёс) чувствительность поздней древесины больше чувствительности ранней древесины. А чувствительность годичной древесины меньше чувствительности ранней. Очевидно, средняя величина чувствительности ранней и поздней древесины меняется в зависимости от возраста древостоя, поскольку пр. пл. лесничества Жалёсёс есть единственная, показывающая обратную тенденцию этих величин.

Таблица 4.

Средняя чувствительность кривых ширины радиального прироста ранней, поздней и годичной древесины.

Пробная площадь	Ранней	Поздней	Годичной
Рагувеле	14,02	17,53	13,65
Упите	15,59	17,93	14,73
Жалёйи	15,14	14,73	13,41

Пробная площадь	Ранней	Поздней	Годичной
Гражунес	14,72	16,07	13,99
Палуше	12,24	14,66	11,44
Тельшай	14,34	15,44	12,98
Дусетос	15,17	16,59	14,12

Среднюю чувствительность отдельные деревья показывают больше, чем вся пробная площадь.

4. Изменчивость средней чувствительности в зависимости от возраста. Изменчивость средней чувствительности в зависимости от реального возраста исследовалась неоднократно. В зависимости от вида деревьев результаты получены разные. Шульман (Schulman, 1951, 1952) исследовавший четыре дерева лжетсуги тиссолистной в Новой Мексике установил незначительное увеличение средней чувствительности в старом возрасте. Это он объяснил как причину того, что в старом возрасте чаще встречаются выпадающие годовичные кольца. Такие же результаты получил Фритс (H.C. Fritts et. al., 1965) для желтой сосны из Аризоны. Снижение средней чувствительности к старому возрасту у бука, установлено в Дании (B. Holmgaard, 1955) и объясняется это результатом депрессии прироста, который проявляется после зрелого возраста. Явное увеличение чувствительности с возрастом установил Елинг (W. Elling, 1966) для осины. Противоположные результаты получил Густич (J. Hustich, 1956). По его выводам, деревья в молодости отличаются повышенной чувствительностью, которая с возрастом постепенно уменьшается. Такое же уменьшение чувствительности с возрастом установлено и рядом других авторов.

Для расчетов выявления изменчивости средней чувствительности в зависимости от возраста приспособили формулу (2) и получили:

$$C_k(t) = \frac{\sum_{i=1}^n |\Delta i|(t)}{\sum_{i=1}^n i(t)} \cdot 100; \quad (3)$$

где : $C_k(t)$ - средняя чувствительность в конкретном году.
 $|\Delta i|(t)$ - абсолютные разности ширины соседних годовичных колец в конкретном году.
 $\sum_{i=1}^n i(t)$ - сумма годовичных колец всех образцов в исследуемом году.
 $t = 1, 2, 3 \dots m$
 m - количество интервалов в данном ряду (длина ряда годами минус один).

Во всех пробных площадях определили погодиный ход изменчивости коэффициента чувствительности для ранней, поздней и годовичной древесины. На рис. 5 приводим характерную картину

хода изменчивости средней чувствительности. Усредненную по двадцатилетиям для ранней, поздней и годичной древесины лесничества Рагуведес Паневежского лесхоза. Видно, что для начала роста во всех случаях свойственно повышение роста чувствительности, которая с возрастом резко снижается.

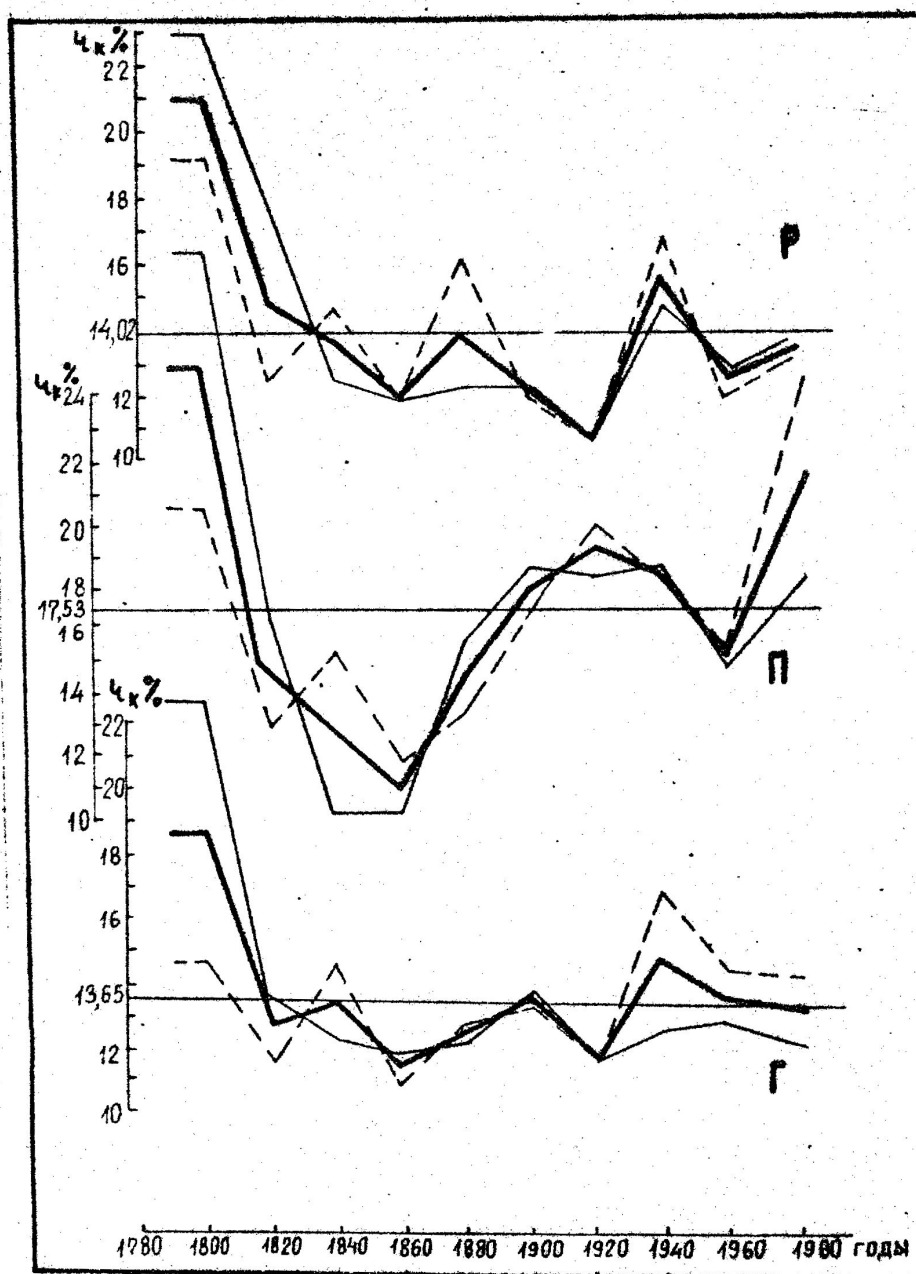


Рис. 5. Изменение средней чувствительности ранней (Р), поздней (П) и годичной древесины радиального прироста сосняка. Сплошная тонкая линия показывает коэффициент чувствительности интервалов повышения, пунктирная - интервалов понижения прироста. Сплошная жирная - средняя от первых двух. (кв.45 л-во Рагуведес, лесхоз Паневежис, Лит. ССР).

Для ранней древесины снижение чувствительности происходит примерно до 80-летнего возраста, следующее двадцатилетие отличается повышением, далее через сорок лет снижается, за следующее двадцатилетие резко повышается, дальше опять снижается и к концу чувствительность незначительно повышается.

Для поздней древесины снижение средней чувствительности также обнаружено примерно до восьмидесятилетнего возраста. Повышение длится следующие шестьдесят лет и достигает значительно больше среднего, далее снижается и к концу резко повышается.

Для годичной древесины опять же начало роста имеет увеличенную среднюю чувствительность, которая в первые десятилетия резко снижается ниже средней, дальше незначительно повышается и достигнув средней опять снижается до своего минимума, опять же в 80-летнем возрасте, до 120-летнего возраста повышается, спустя двадцать лет резко снижается и после повышения к 1940-му году постепенно снижается.

Как видно из рисунка колебание средней чувствительности годичной древесины менее выраженное, чем ранней или поздней. Отметим ещё, что кривая изменчивости средней чувствительности годичной древесины не является арифметической средней первых двух, т.е. ранней, поздней, и отражает своеобразность годичного прироста. Из рисунка видно, что средняя чувствительность поздней древесины в среднем выше чувствительности ранней. По рис. 5 также видно, что в маловозрастных древостоях чувствительность ранней древесины превышает чувствительность поздней и после зрелости с повышением возраста чувствительность поздней древесины явно повышается. Для ранней и годичной древесины аналогично провести твердо не можем. Имея в виду, что фактический возраст может быть несколько столетий, по-видимому для жизнеспособных, неповрежденных древостоев изменчивость средней чувствительности ранней и годичной древесины после зрелого возраста обусловлена внешними условиями больше, чем условиями связанными с возрастом.

Исследованием изменчивости средней чувствительности в связи с возрастом для интервалов повышения и понижения прироста ничего чувственного не обнаружено. В целом чувствительность положительных интервалов немножко выше чувствительности отрицательных интервалов. Для начала роста характерная повышенная чувствительность интервалов повышения прироста как для ранней, поздней, так и для годичной древесины. К концу роста чувствительность интервалов понижения прироста становится выше чувствительности интервалов повышения (за исключением ранней древесины). Видимо у сосны для роста поздней и годичной древесины в связи с повышением возраста, реакция на благоприятные условия уменьшается и возрастает чувствительность на неблагоприятные природные условия.

5. Взаимосвязь между кривыми ширины, экстремумов, сходства и чувствительности структурных элементов радиального прироста. Далее рассчитывались корреляционные связи и составлялись некоторые уравнения регрессии. Одной из пробных площадей корреляционной связи между рядами ширины ранней, поздней, годичной древесины радиального прироста и соответствующими рядами экстремумов прироста, соответствующими рядами сходства прироста и соответствующими рядами коэффициента чувствительности прироста, а также некоторые статистические показатели их, приведены в таблице 5.

Таблица 5.

Корреляционные связи между кривыми ширины ранней (Р), поздней (П), годичной (Г) древесины и соответствующими кривыми экстремумов, схождения и кривыми изменчивости коэффициента чувствительности и их статистические показатели. (Лесничество Градусес кя. 131 Зарасайского лесхоза).

		1 ширина			2 экстремумы			3 % схождения			4 коэффициент чувствительн.		
		Р	П	Г	Р	П	Г	Р	П	Г	Р	П	Г
1	Р				0,090	0,097	0,147	-0,180	-0,115	-0,076	-0,255	-0,238	-0,266
	П	0,788			0,094	0,238	0,181	-0,270	-0,156	-0,153	-0,397	-0,357	-0,429
	Г	0,973	0,998		0,096	0,155	0,166	-0,224	-0,136	-0,109	-0,322	-0,295	-0,355
2	Р					0,286	0,813						
	П						0,621						
	Г												
3	Р				-0,055	-0,167	-0,165		0,117	0,544	0,567	0,244	0,544
	П				-0,044	-0,087	0,039			0,324		0,552	0,226
	Г				-0,154	0,048	-0,043						0,584
4	Р				-0,105	-0,115	-0,133		0,063	0,418		0,339	0,861
	П				-0,143	0,035	0,001			0,435			0,636
	Г				-0,159	-0,055	-0,129						
сред		18,124	9,839	27,968	50,170	48,460	52,106	75,943	75,637	76,533	14,770	16,066	13,933
(средн. кв. отклонен.)		8,130	4,478	11,977	30,851	30,546	31,269	16,555	16,543	18,618	7,125	8,383	6,631
коэф. вариации		44,856	45,515	42,826	61,492	63,033	60,011	21,799	21,872	24,326	91,700	92,469	94,617
мин.		4,700	2,000	7,300	0,000	0,000	0,000	50,100	50,000	50,000	0,000	0,000	0,000
макс.		37,400	20,000	33,700	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	39,000	50,00	37,600

Из табл. 5 видно, что наибольшая связь внутри структурных элементов как у рядов ширины ($r = 0,973$), так и у рядов экстремумов ($r = 0,813$), процента схождения ($r = 0,544$) и коэффициента чувствительности ($r = 0,861$), установлена между ранней и годичной древесиной. Связь между структурными элементами ширины и экстремумов прироста незначительная, и лишь у поздней древесины $r = 0,238$. Ряды процента схождения с рядами ширины во всех случаях показывают обратную связь. Следовательно, чем структурные элементы колец шире, тем процент схождения меньше, а наоборот, чем кольца уже, тем процент схождения выше. Аналогичная картина только с более высокой корреляцией обнаруживается между структурными элементами ширины колец и соответствующими коэффициентами чувствительности. Например, между рядами ширины и рядами коэффициентов чувствительности ранней древесины $r = -0,357$. Также можно предполагать, что узкие кольца являются более чувствительными и наоборот - чем кольца шире, тем они менее чувствительны. Связь между рядами экстремумов и рядами процента схождения прироста, а также между рядами экстремумов и рядами коэффициента чувствительности ранней, поздней, годичной древесины незначительная.

В табл. 5 приведены некоторые другие статистические показатели. Это средние значения ширины и экстремумов, процента схождения и коэффициента чувствительности. Стандарт-

ное (средняя квадратическая) отклонение, которое самое большое у рядов экстремумов радиального прироста (для годичной древесины например, $\sigma = 31,269$), как у рядов годичной древесины ширины $\sigma = 11,977$, у рядов годичной древесины процента сходства $\sigma = 18,618$; а у рядов годичной древесины коэффициента чувствительности $\sigma = 6,631$. Наибольший коэффициент вариации установлен у рядов коэффициентов чувствительности, например, для годичной древесины $V = 94,817$; ряда экстремумов годичной древесины $V = 60,011$; для ряда ширины годичной древесины $V = 42,826$; а для ряда процента сходства годичной древесины $V = 24,326$. Глядя на данные минимальных максимальных значений видим, что, например, ряды экстремумов менялись от 0 до 100, ряды процента сходства - от 50 до 100 и ряды коэффициента чувствительности от 0 до 50.

Статистическая обработка получаемых данных из пробных площадей показала, что зависимость между структурными элементами радиального прироста коэффициента чувствительности и процента сходства отличается достаточно большой корреляционной связью, которая колеблется в отдельных пр. пл. от 0,838 (лесн. Упитес) до 0,552 (лесн. Гражутес, см. табл. 5). Например, в лесничестве Упитес у ранней древесины $\Gamma = 0,767$, у поздней $\Gamma = 0,838$ и у годичной $\Gamma = 0,747$. В некоторых случаях эту связь можно выразить даже прямыми уравнениями регрессии:

$$y = 56,77039 + 1,73321 x \text{ (ранней)}$$

$$y = 55,95453 + 1,69795 x \text{ (поздней)}$$

$$y = 62,95097 + 1,75229 x \text{ (годовой)}$$

Графический вид рядов коэффициента чувствительности (X , %) и рядов процента сходства (y , %) представлен на рис. 6.

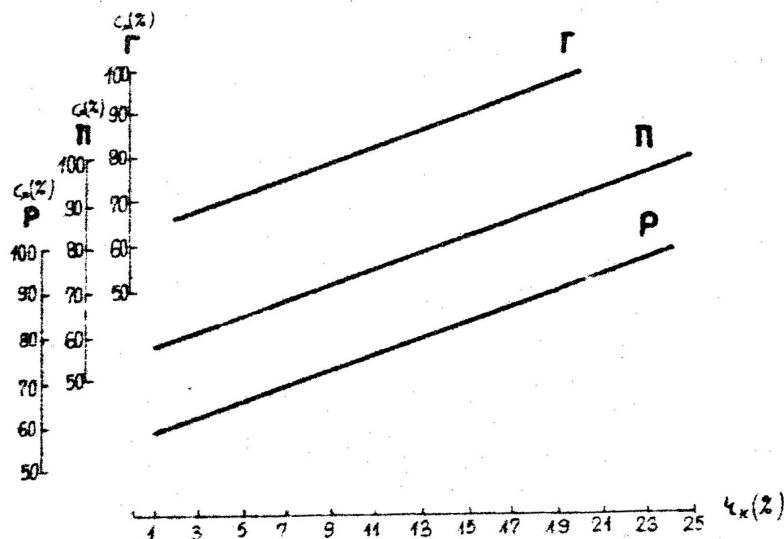


Рис. 6. Взаимосвязь процента сходства Cx (%) и коэффициента чувствительности $4x$ (%) (Сосна, кв. 46, л-во Упитес Паневежского лесхоза, Литовской ССР).

6. Заключение. Для совокупности неповрежденных чистых и смешанных посоставу древостоев сосны, растущих в свежих местопроизрастаниях однородность структурных элементов ширины радиального прироста установлена от 71,16 % до 77,14 %. В высоковозрастных древостоех однородность (гомогенность) прироста поздней древесины выше однородности прироста ранней, а однородность годичной выше однородности поздней. В маловозрастных древостоех гомогенность ранней древесины выше гомогенности поздней и годичной.

Применяя исходные данные ширины радиального прироста совокупности древостоев, рассчитали ряды экстремумов, сходства и коэффициентов чувствительности.

Сходство между кривыми ширины и экстремумов прироста колеблется от 60 до 75 %. Наибольшее сходство показывает поздняя древесина.

Количество крайне экстремальных колец сосняков при 5%; 1% и 0,01 % доверительном уровне составляют от 15% до 50% общей длины дендрохронологического ряда.

Реакция радиального прироста древостоев сосны на неблагоприятные и благоприятные природные условия зависит от возраста. Маловозрастные древостои на улучшение природных условий реагируют лучше (интервалы повышения прироста имеет сходство больше, чем интервалы понижения). С повышением возраста картина меняется. Высоковозрастные древостои сосны радиальным приростом на неблагоприятные для роста природные условия реагируют лучше, чем на благоприятные (сходство интервалов понижения прироста больше сходства интервалов повышения прироста).

Начало роста древостоев отличаются низким сходством радиального прироста.

Величина средней чувствительности рядов структурных элементов ширины колец зависит от внешних условий и от возраста. Необходимо помнить, что величины чувствительности и процента сходства также зависят и от числа моделей использованных при расчетах. Начало роста ранней, поздней и годичной древесины характеризуется повышенной чувствительностью. Средняя чувствительность поздней древесины гораздо больше чувствительности ранней. В маловозрастных древостоех чувствительность ранней древесины превышает чувствительность поздней, и после зрелости возраста чувствительность поздней древесины становится выше ранней.

Для начала роста характерна повышенная чувствительность положительных интервалов прироста ранней, поздней и годичной древесины. С возрастом у древостоев чувствительность отрицательных интервалов становится выше чувствительности положительных интервалов, т.е. в связи с повышением возраста у сосны реакция на благоприятные условия уменьшается и возрастает чувствительность на неблагоприятные природные условия.

Установленно, что корреляционная связь между структурными элементами ширины и экстремумов прироста незначительная. Наибольшая связь внутри структурных элементов прироста ширины, процента сходства, экстремумов и коэффициента чувствительности установлена между ранней и годичной древесиной. Узкие кольца показывают более высокое сходство, чем широкие, а также узкие кольца являются более чувствительными, чем широкие. Между структурными элементами радиального прироста рядов коэффициентов чувствительности и процента сходства существует достаточно большая корреляционная связь ($r = 0,552 + 0,838$).

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Адаменко В.Н., Битвинскас Т.Т., Колчин Б.А., Ловелиус Н.В. Аномальные годовые приросты сосны и условия циркуляции атмосферы за последние 65 лет. - В кн.: Вопросы древесного прироста в лесоустройстве. Каунас, 1967, с. 82-96.
2. Битвинскас Т.Т. Дендроклиматологические исследования. Ленинград, 1974. 172 с.
3. Вихров В.Е., Колчин Б.А. Основы и метод дендрохронологии. - СА, 1962, № 1, с. 95-112.
4. Карпавичюс И.А. Коэффициент чувствительности (K_{χ}), как показатель реакции дерева на внешние условия среды. - В сб.: Индикация природных процессов и среды, Вильнюс, 1976, с. 45-47.
5. Карпавичюс И.А. Чувствительность (изменчивость) отдельных деревьев сосны в нормальных и болотных условиях среды. - В кн.: Пространственные изменения климата и годовичные кольца деревьев. Каунас, 1981, с. 62-68.
6. Ловелиус Н.В. Изменчивость прироста деревьев. Ленинград, 1979, 229 с.
7. Douglass A.E. Climatic cycles and tree-growth. Carnegie Inst. Wash. Publ. 289. 61-27. 1919, 1928.
8. Elling W. Untersuchungen über das Jahrringverhalten der Schwarzerle. Flora, 1966, Abt. B, 156, s. 155-201.
9. Fritts H.C., Smith D.G., Cardis J.W., Budelsky C.A. Tree-ring characteristics along a vegetation gradient in Northern Arizona. Ecology, 1965. 464, p. 393-401.
10. Holmsgaard E. Arringsanalyser af Danske Skovtraeer. - Det forstlige Forsøgsvaesen i Danmark, 1955. 22. p. 1-246.
11. Huber B., v. Jazewitsch W. Jahrringuntersuchungen an Pfahlbauhölzern. - Flora, 1958, 146. s. 445-471.
12. Hustich J. On the correlation between growth and the recent climatic fluctuation. - Geogr. Annaler, 1949, 1/2, p. 90-105.
13. Hustich I. Correlation of Tree-Ring Chronologies of Alaska, Labrador and Northern Europe. Acta Geographica 1956, 15, No 3.
14. v. Jazewitsch W. Jahrringchronologie der Spessart-Buchen. Forstwiss. Centralblatt, 1953, 72. s. 234-247.
15. Mikola P. Puiden Kasvun vaihteluista ja niiden merkityksestä kasvututkimuksissa. Comm. Inst. Forest. Fenn., 1950, 38, N 5, p. 1-131.
16. Schulman E. Dendrochronologies in Southwestern Canada. - Tree-Ring Bull. 1947. 13. 2/3, p. 10-24.
17. Schulman E. Definitive dendrochronologies: A progress report. - Tree-Ring Bull. 1951-52. 18. 2/3. p. 10-18.
18. Schulman E. Dendroclimatic Changes in Semiarid America. - University of Arizona Press Tucson, 1956.