

A 5(12)

ОТЧЕТ
1972

A 1972-1

Академия Наук Литовской ССР

Институт ботаники

"Утверждаю"

№ гос. рег. 72008215

Директор Института ботаники
АН Литовской ССР

Инвент. №

к.б.н., с.н.с.

Индекс УДК

К.К. Янкавичус

581.52X(634.948)

"...".....197...г.

О Т Ч Е Т

по теме

Построение сверхдолгосрочных дендрохронологий для изучения
изменчивости климатических условий и получение
материалов для астрофизических исследований
радиоуглеродными методами
(заключительный)

Зам. директора по
научной работе
д.б.н., профессор
А. Меркис

Заведующий сектором
к.б.н., с.н.с.

А. Лекавичюс

Руководитель темы
и ответственный
исполнитель
к.с/х.н., с.н.с.

T. Bitvinskis
Т. Битвинскас

Вильнюс, 1972 г.

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Т.Т. Битвинскас, с.н.с., к.с/к.ч.

(Научный руководитель темы,
написал §§ I, 2.1, 2.2, 2.6, 3,
4, 5, 6 отчета)

И.И. Кайрайтис, м.н.с.

(участвовал в сборе научн. иссл.
материалов, писал § 3 отчета)

Е.П. Малецкас, инж.

(сбор. научн. иссл. материалов,
писал §§ 2.4, 2.5 отчета)

К.С. Шуля, с.н.с., к.г.н.

(писал §§ 2.3, 4 отчета)

Р.А. Закарка, инж.

(Сбор. и обр. научн. иссл.
материалов, писал § 2.4 отчета)

РЕФЕРАТ

научно-исследовательской работы

**"Построение сверхдолгосрочных дендрошкал для изучения
изменчивости климатических условий и получения
материалов для астрофизических исследований
радиосуглеродными методами**

В отчете изложены материалы изучения возможностей построения сверхдолгосрочных дендрошкал в Южной Прибалтике, связи радиального прироста сосны обыкновенной с климатическими факторами: температурой, осадками, солнечной активностью. Работа выполнена 1971-1972 гг.

Проведен опыт (сбор и частичная обработка материалов) по построению сверхдолгосрочной дендрошкалы на торфянике "Укпелки Тирялис" Плуитского района Литовской ССР. Начаты работы по созданию комплекса приборов для измерения годовых колец и создана специальная программа обработки дендрокронологических данных на ЭВМ. Установлено ряд закономерностей изменчивости радиального прироста сосны в зависимости от климатических факторов и солнечной активности в Северо-западной части Европейской ССРС.

По накопленным материалам (785 образца древесины) будет построена дендрошкала за последние 2000-25000 лет. Отчет содержит страниц машинописи, в том числе рисунков (схем, графиков). 33 назв. литературы.

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
I. Введение (возможности построения сверхдолго- срочных дендрошкал в южной Прибалтике)	5
2. Экспериментальная часть.	
2.1. Цели и задачи работы	9
2.2. Объем научно-исследовательских мате- риалов	9
2.3. Методика обработки древесных образцов. Создание базы научно-исследовательских и деревообрабатывающей аппаратуры	12
2.4. Работы по созданию измерительного при- бора годовичных колец	14
2.5. Алгоритм для статистической обработки информационного материала в дендрокли- матохронологических исследованиях	16
2.6. Особенности измерения и обработки го- дичных слоев сосны на бовотах	24
3. Изменчивость радиального прироста насаждений со- сны и его зависимость от климатических факторов и солнечной активности в северо-западной части СССР	27
4. Дендрокронология на службе астрофизических исследований	51
5. Выводы	60
6. Литература	62
7. Приложения	65

I. ВВЕДЕНИЕ
(ВОЗМОЖНОСТИ ПОСТРОЕНИЯ СВЕРХДОЛГОСРОЧНЫХ ДЕНДРОШКАЛ
В ЮЖНОЙ ПРИБАЛТИКЕ)

В тридцатом - шестидесятом десятилетиях 20-го столетия во многих странах были достигнуты существенные успехи при изучении динамики радиального прироста современных лесов. Можно упомянуть работы Б.Е. Еклунда в Швеции [1, 2], И. Вейтланда [3], Б. Губера [4], И. Яцевич [5], В. Эмбенлист [6] в ФРГ, Б. Винша в Чехословакии [7], Е. Голмсгарда в Дании [8, 9], Е. Шульмана [10], Г. Фриттса [11] в США, Г. Гортинского [12], Г. Комина [13], С. Шятова [14], Т. Битвинскаса [15] в СССР и ряда других.

Принято выделять районы очень благоприятные и неблагоприятные для дендрокронологических исследований. Наличие высоковозрастных деревьев и лимитирование годичного прироста некоторыми климатическими элементами, такими как температура воздуха, осадки, экстремальные значения которых явно ограничивают или увеличивают радиальный прирост деревьев, благоприятствуют для создания высоковозрастных дендрошквал. Примером таких благоприятных условий работы для дендроклиматологов можно назвать Белые горы Штата Аризона с там найденными Э. Шульманом тысячеклетными насаждениями сосны остистой [16].

С другой стороны, в странах западной Европы и в зоне тайги и смешанных лесов в СССР радиальный прирост деревьев формируется под влиянием довольно сложного комплекса климатических факторов; высоковозрастные деревья там почти истреб-

лены человеком и стихийными бедствиями. Кроме того из-за сравнительно большой относительной влажности и связанных с ней широко распространенных грибных заболеваний, возраст деревьев сравнительно мал.

Но даже тысяча лет это недостаточный ряд информации, если ставится задача по построенным дендронкалам и выявленным связям климатических факторов с изменчивостью радиального прироста деревьев, предвидеть (прогнозировать) будущие макроклиматические условия среды. Используемая древесина полученная путем археологических и этнографических исследований, как правило, бывает неоднородной по ее происхождению - она формируется на довольно сильно различавшихся экологических условиях местопроизрастаний и может быть порублена и привезена из довольно обширных районов страны. А это означает, что большой процент древесины, даже если она и росла в одном периоде времени, может по закономерностям изменений годовичных слоев довольно резко различаться и, таким образом, не быть пригодной для перекрестного датирования из-за различных закономерностей изменчивости годичного прироста. Желательно получить погодичные ряды информации об изменчивости годовичных колец деревьев которые росли в определенных (узких) условиях среды за несколько тысяч лет - и, конечно, в наилучшем случае - за весь послеледниковый период, в котором существовала древесная растительность (в условиях Литвы).

Работы Б. Губера [17, 18], Б.А. Колчина [19] и других показали, что можно все-таки построить высоковозрастные дендронкалы, если умело применяется перекрестный метод датирования годовичных колец при широком использовании этнографически и археологически ценной древесины из старинных зданий и раскопок даже в европейских условиях.

7

В последнее время, сочетанием изучения годичных колец из современных лесов, древесины из старых зданий и археологических материалов были достигнуты хорошие результаты с дубом, сосной обыкновенной, елью обыкновенной, черной ольхой, но все эти дендрошкалы имеют продолжительность не более тысячи лет, а дешифровка климатологических данных по этим шкалам из-за неоднородности условий местопроизрастаний деревьев затруднено.

Возникает вопрос - неужели в условиях средней Европы нельзя найти древесину, с использованием которой можно было бы построить дендрошкалы за многие тысячелетия. Некоторые работы Б. Губера [17, 18] и его сотрудников и бельгийского ученого А. Мунаута [20] говорят о принципиальной возможности построения высоковозрастных дендрошкал из древесины извлеченной из торфяных пластов, насыщенных влагой минеральных отложений, и наконец, водных бассейнов.

Особенно богаты древесиной являются некоторые залежи торфяников, главным образом переходного и верхового типа.

Известно, что древесная растительность начала формироваться в районе Литовской ССР примерно 10000-12000 тысяч лет назад. Радиоуглеродные даты указывают именно на то [21], что растительные остатки в озерных и торфяных отложениях начали формироваться около 12000 лет назад. Известно также, что анаэробные, кислые условия, особенно хорошо помогающие сохранять⁶ древесине погребенной под мохово-травянистыми остатками мертвого покрова, который позднее медленно разлагаясь превращается в торф, бывает в неосушенных переходного и верхового типа торфяниках. Также можно предполагать, что

особенно пнистые участки торфяных залежей можно найти только на участках, где несмотря на сравнительно обильное питание почвы олиготрофными водами, мезорельеф торфяника позволял сохраняться довольно крупной и высоковозрастной древесной растительности, которой главным представителем на болотах переходного и верхового типа в условиях Прибалтики несомненно является сосна обыкновенная. Обычно такие участки пнистых торфяных залежей бывают на окраинах средних или крупных верховых торфяников со средне- или сильно-разложившимся древесным или древесно-моховой группы торфом, довольно сильно выраженным микрорельефом из сфагновых мхов и резко повышающимся макрорельефом в сторону центра болота. Также особо пнистые торфяные участки часто можно найти в небольших, заросших сосной, лесных болотах. И все-таки нахождение подходящих для дендрохронологического изучения участков торфяников является задачей не из простых: наиболее подходит торфяники с относительно толстой залежей и через весь профиль (глубоко) осушенные и желателно, эксплуатируемые. Но из эксплуатируемых торфяников совсем непригодные для наших целей разрабатываемые фрезным способом и наоборот - особенно подходит эксплуатируемые ручным способом торфяные залежи, хотя, как известно, в нашей стране этот способ почти изъят из-за нерациональных затрат и трудной ручной работы.

Одной из основных целей поставленных для дендроклиматохронологической лаборатории Института ботаники АН Литовской ССР является создание сверхдолгосрочных дендрошкал, которые должны быть построены на основании годовичных колец сосен росших на верховых и переходного типа торфяных зале-

как длиной до 6000-8000 лет [33].

2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

2.1. Цели и задачи работы

а) изучение динамики радиального прироста сосны обыкновенной (*Pinus silvestris*), растущей в болотных условиях;

б) изучение связей радиального прироста сосны обыкновенной с факторами влияющими на ее прирост (климатом, солнечной активностью и пр.);

в) провести опыт (сбор и обработку дендрохронологических материалов) с целью построения сверхдолгосрочной (тысячелетней) дендрощкалы (таблицы изменчивости ширины годичных слоев) сосны в условиях Литовской ССР;

г) изучить возможности использования дендрохронологических материалов сосны, полученных из болотных условий среды (торфяных залежей) для астрофизических исследований радиоуглеродными методами.

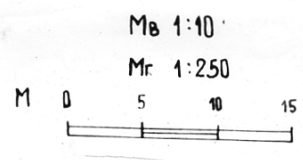
2.2. Объем научно-исследовательских материалов

Для научно-исследовательских выводов были использованы материалы - данные радиального прироста сосны ^ссобранные Т. Битвинскасом 1959-1962 гг. во время работы его в Лесоуправительной конторе Литовского "Леспроекта" 21 пр. пл. - 721 образец древесины.

После рекогносцировочных работ проведенных в Жемай-

тии был выбран научно-исследовательский объект в Плуингском районе апилинке Плателю - торфяное месторождение "Ужпелкю Тириялис" находящееся 3 км севернее г. Плателяй и 1 км от оз. Плателяй. Торфяное месторождение осушенное открытыми сборными канавами и эксплуатируется ручным способом - снимается 1-2-ой метр торфяной залежи для нужд сельского хозяйства в целях добычи торфяной подстилки. Общая площадь торфяника по данным торфяного фонда 36,7 га. Для дендрохронологических исследований было подобрана южная часть торфяного месторождения. Верхний слой торфа - малоразложившийся фушкун торф на глубине 1,5-2,0 м переходящий в сфагново-осоковый торф. На окраинах торфяника слой верхового торфа меньший, в контакте с грунтом подстиляется довольно значительным пластом ольхового торфа.

Торфяник "Ужпелкю Тириялис" в южной части имеет глубину до 7-ми метров. Для взятия образцов древесины в торфяной залежи были вырыты два шурфа в глубинной торфяного слоя до 1 м - первый на юго восточной окраине участка торфяника (длина 60 м, ширина 1 м), второй на юго западной окраине длиной 127 м и шириной 1 м. В юго восточной части торфяника с поверхности второго метра торфяной залежи (снятой во время эксплуатации малоразложившегося торфа) был вырыт шурф шириной 2 м, глубиной до 1 м и длиной 120 м (рис. 2). В этих трех шурфах, а также на поверхности эксплуатированной торфяной залежи, были спилены все оставшиеся пни сосны на площади составляющей 3,27 га (прил. 1, 4). Всего было взято во время экспедиций 1971-1972 годов 785 пней и стволов древесины. Примерно 35 % образцов древесины составляют только спилы для дендрохронологического анализа - осталь-



Диаметры взятых пней :

- От 5 см до 9,9 см -
- От 10 см до 14,9 см -
- От 15 см до 19,9 см -
- От 20 см до 24,9 см -
- От 25 см до 29,9 см -

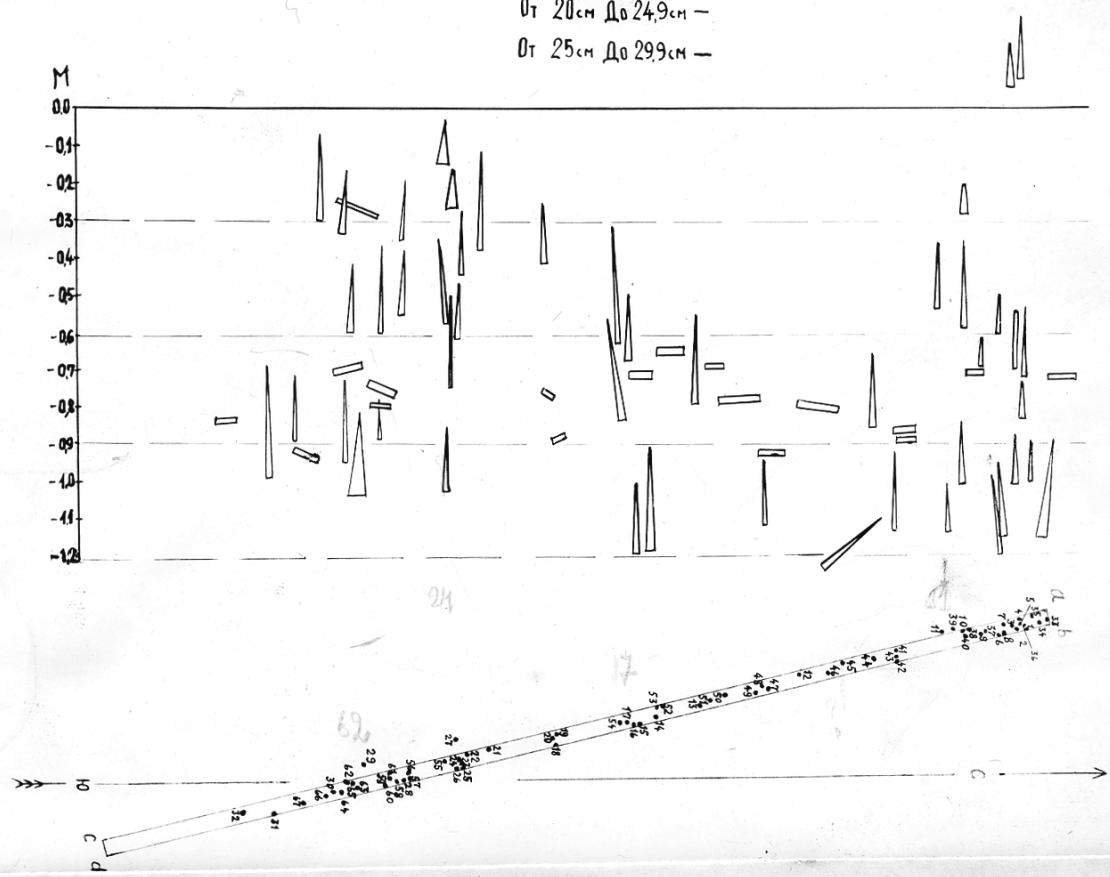


Рис. I. Распределение взятых пней и стволов древесины в торфянике "Ужпелко Тирямис" в первом метре торфяного слоя (шурф I).

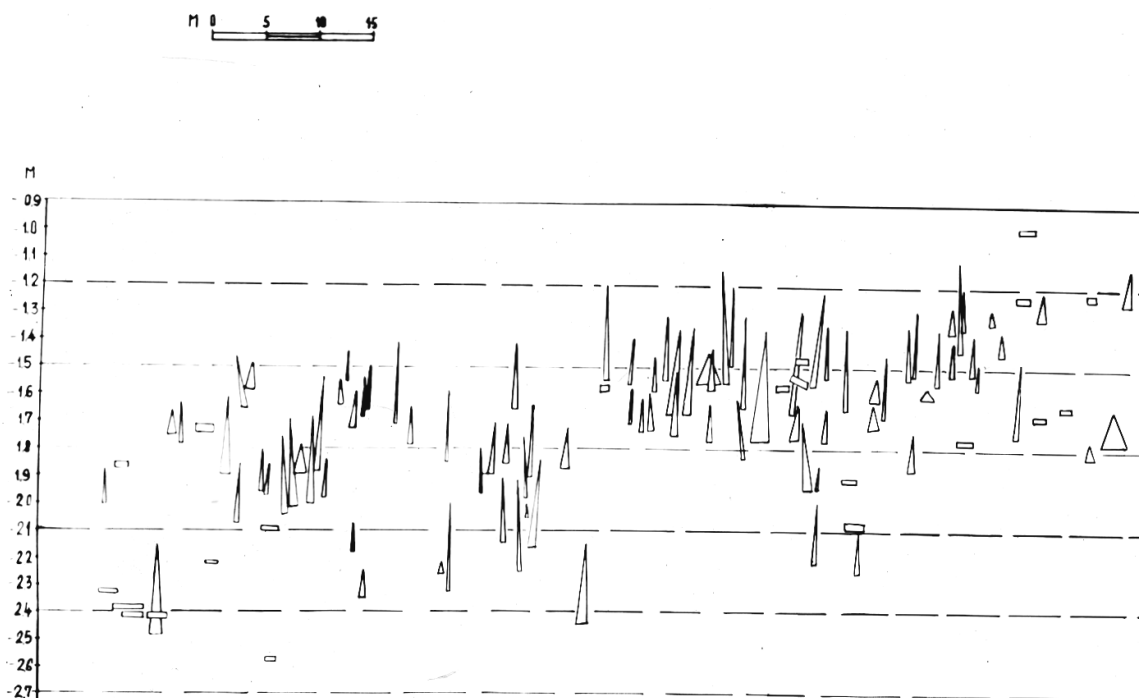


Рис. 2. Распределение взятых пней (стволов древесины) в торфянике "Ужпелкю Тирялис" во втором метре торфяного слоя (шурф 2)

ные образцы имеют достаточный остаток материала для радиоуглеродных исследований. Каждый образец — пень или ствол были привязаны к уровню и к месту с помощью нивелира и бусоли.

2.3. Методика обработки древесных образцов. Создание базы научно-исследовательской и деревообрабатывающей аппаратуры

Дендрохронологические исследования отличаются большой трудоемкостью. Они требуют определенной квалификации

не только научных сотрудников и инженеров, но и лаборантов, особенной тщательности и научной добросовестности исследователей.

Нужно отметить, что для достижения первого конечного этапа — построения достоверной дендрохронологической дендрошкалы по данным торфяного месторождения необходимо было: получить шлифовальную машину ШЛПС-2, для шлифовки спилов древесины; комплектовать радиоуглеродную лабораторию (только путем многих радиоуглеродных дат можно проверить достоверность построенной дендрошкалы); составить программы для подсчета и верификации дендрохронологических материалов на ЭВМ, что дает возможность одолеть колоссальное количество работы. Нами подсчитано, что при анализе всех 785 образцов древесины по двум радиусам и отдельному определению ранней и поздней древесины, придется сделать 942.000 измерений! Поэтому возникает и очень серьезный вопрос необходимости построения счетно-измерительных машин годичных слоев древесины. (Попытка Института получить несколько лет подряд заграничную аппаратуру изготовляемую в Швеции были тщетны).

Канд. геол. наук Кестутис Шулия в течение 1971 года комплектовал одну радиоуглеродную установку. Но были непреодолены трудности возникшие в связи с получением специальных помещений для радиоуглеродной лаборатории и наши специалисты по радиоуглероду не могут развить в необходимой степени радиоуглеродных исследований.

Инженер Малецкас подготовил стандартную программу для использования ЭВМ БЭСМ-4 в радиоуглеродных исследованиях. Также он подготовил проект счетно-измерительной машины годичных слоев, которая, если будет получена все не-

обходимое отечественное оборудование, будет пущена, к сожалению, только 1973 году. Был положительно решен вопрос шлифовки спилов древесины (пущена в работу шлифовальная машина ШЛПС-2). Ниже приводим некоторые данные о проведенной работе по конструированию измерительного прибора годичных колец и составления программы для ЭВМ БЭСМ-4.

2.4. Работы по созданию измерительного прибора годичных колец

Исследование древесины - трудоемкая работа, требующая многих часов утомительного труда. Особенно трудным является процесс измерения ширины колец годичного прироста. Использование микроскопов МБС-1 и МБС-2 непроизводительно, получаемые результаты измерений - относительные величины. Необходимо механизировать и автоматизировать процесс измерения, устранить недостатки микроскопического измерения.

В Дендроклиматохронологической лаборатории Института ботаники АН Литовской ССР конструируется прибор предназначенный для усовершенствования процесса измерения, предусматривая возможности дальнейшей автоматизации подготовки данных для машин^ной обработки. В соответствии с техническими и материальными возможностями выбран вариант изготовления прибора и его дальнейшего усовершенствования.

Принципиальная схема прибора представлена на рис. 3.

Прибор конструируется на основании измерительной машины ИЗМ-10М, используя основание, направляющие измерительные - предметные столы, другие подоб^еные приспособления. Нужные узлы и детали по оригинальным чертежам изготавлива-

ются в механических мастерских ИИТЭ АН Лит. ССР.

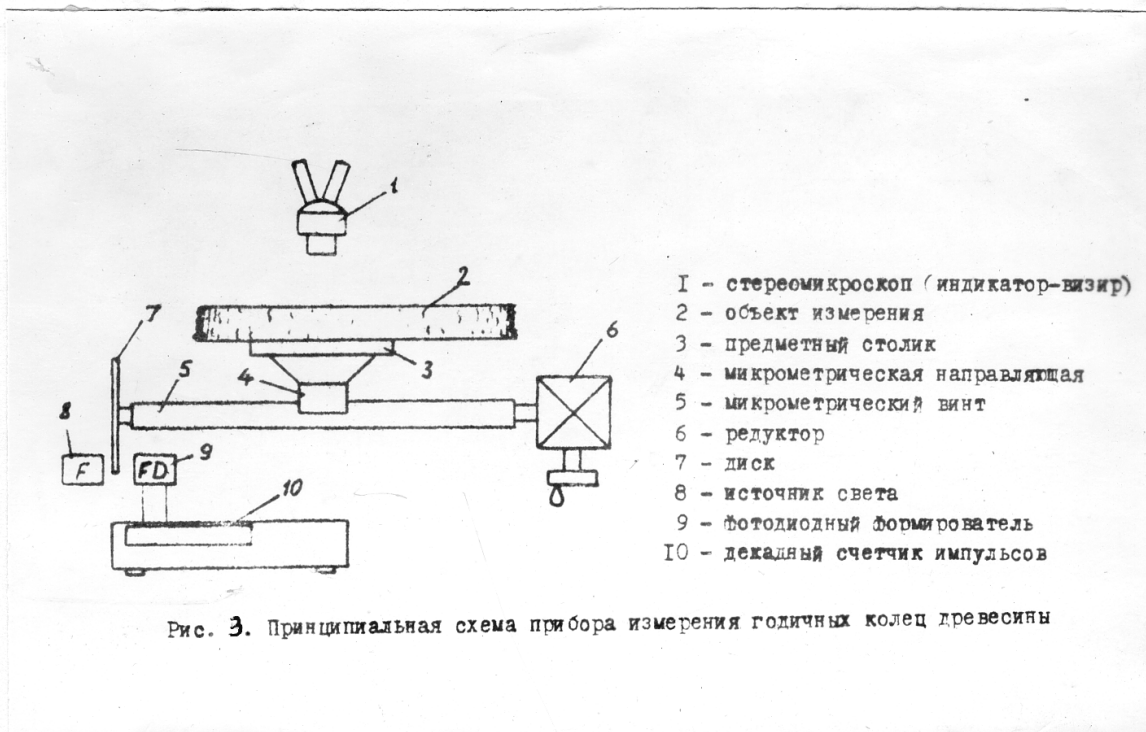


Рис. 3. Принципиальная схема прибора измерения годичных колец древесины

Сдвиг измерительного столика пропорционален числу поворотов (углу поворота) микрометрического винта 5. Используя диск 7, полный оборот поделен на 100 интервалов. Так как шаг микрометрического винта 1 мм, цена деления диска равна 0,01 мм. Таким образом остается сосчитать деления диска. Создана электрическая схема, считывающая деления диска как импульсы, формируемые фотодиодным преобразователем. Изготовление декадного счетчика импульсов по разработанной схеме задержано трудностями в доставке необходимых деталей. Другой вариант счетчика импульсов изготавливается в лаборатории Управляющих-вычислительных устройств ИИТЭ АН Лит. ССР.

В электрической схеме прибора предусматривается под-

ключение пишущих машин с последовательным кодом.

2.5. Алгоритм для статистической обработки информационного материала в дендроклиматохронологических исследованиях

В Дендроклиматохронологической лаборатории Института ботаники АН Литовской ССР создается унифицированная программа, предназначенная для вычисления статистических параметров, оценивающих результаты измерений ширины колец. Программа составляется в виде процедур. По мере надобности алгоритм и программу можно улучшать заменой процедур, расширять, вводя новые более эффективные.

Составленный алгоритм включает несколько вычислений: коэффициентов возрастных кривых, координат кривых, диагностического ряда, коэффициентов корреляции и верификации. Макроблоксхема алгоритма представлена на рис. 4.



Рис. 4. Макроблоксхема

Рост деревьев – случайный процесс, зависящий от комплекса разнообразных природных условий. Цель исследования – рост дерева преобразить и стационарный процесс, используя метод деривации индексов. Сущность метода: в зависимости от результатов измерений ширины колец годичного прироста подбирается эмпирическая формула, определяющая влияние возраста на формирование годичного кольца.

Отдельные образцы прироста годичных колец, в зависимости от потенциала в росте, могут существенно различаться

18,

усредненной шириной годичных колец. Ширина кольца изменяется и в зависимости от расстояния от центра. Максимальный прирост достигается к 5-10 годам роста. Затем ширина кольца уменьшается согласно экспоненциальному закону:

$$y = \alpha e^{-bx}, \quad \alpha > 0, \quad b > 0 \quad (1) \quad [22]$$

где y - ожидаемая ширина кольца, x - число лет, считая от года максимального прироста.

Индексы вводятся, как эквивалентные значения экспоненциальных кривых. Кривые формируются соответственно из результатов измерения серии колец определенного образца. Изменение трансформированных серий по существу зависит только от времени.

Уравнение (1) служит моделью, которая аппроксимирует средние изменения в приросте годичных колец. Ширину кольца представим через натуральный логарифм:

$$\ln y = \ln \alpha - bx \quad (2)$$

Введем обозначения:

$$z = \ln y, \quad \alpha = \ln \alpha, \quad \beta = b \quad (3)$$

Коэффициенты α и β вычислим методом наименьших квадратов.

Критерий оптимальности

$$f(\epsilon) = \sum_{i=1}^n (z_i - \alpha - \beta x_i)^2 \rightarrow \min \quad (4)$$

где z_i - реальная ширина кольца, сформированного в i -том году.

Продифференцировав, получаем:

$$\begin{cases} \frac{\partial f}{\partial \alpha} = -2 \sum_{i=1}^n (z_i - \alpha - \beta x_i) = 0 \\ \frac{\partial f}{\partial \beta} = -2 \sum_{i=1}^n (z_i - \alpha - \beta x_i) x_i = 0 \end{cases} \quad (5)$$

Решаем систему (5):

$$z_0 - \alpha - \beta x_0 = 0 \quad (6)$$

где $x_0 = \sum_{i=1}^n x_i$, (7)

$$z_0 = \sum_{i=1}^n z_i \quad (8)$$

Тогда

$$\beta = \frac{z_0 - \alpha}{x_0} \quad (9)$$

Соответственно решается второе уравнение из системы (5):

$$\sum_{i=1}^n z_i x_i - \alpha \sum_{i=1}^n x_i - \beta \sum_{i=1}^n x_i^2 = 0 \quad (10)$$

$$\alpha = \frac{(zx)_0 - \beta x_1}{x_0} \quad (11)$$

где $(zx)_0 = \sum_{i=1}^n z_i x_i$, $x_1 = \sum_{i=1}^n x_i^2$ (12)

Метод такой аппроксимации для многолетних серий недостаточно хорош, у кривой (I) нулевая асимптота, а ведь ширина кольца долговечного образца асимптотично приближается к величине больше нуля. По той причине используется уравнение:

$$y = ac^{-bx} + c, \quad \alpha > 0, b > 0, c > 0 \quad (13) \quad [23]$$

Для вычисления параметров формулы можно использовать следующий упрощенный метод.

Параметр c можно приближенно определить соотношением:

$$c = \frac{y_1 \cdot y_3 - y_2^2}{y_1 + y_3 - 2y_2} \quad (14)$$

c определяется со значениями функции для значений аргумента, образующих арифметическую прогрессию $x_2 - x_1 = x_3 - x_2$

Введем обозначения

$$X = x, \quad Y = \lg(y - c) \quad (15)$$

Это сводит подбираемую формулу к линейной:

$$Y = b \cdot \lg e \cdot X + \lg a \quad (16)$$

$$Y = b_1 \cdot X + b_2 \quad (17)$$

Параметры многочлена (17) вычисляются из системы уравнений:

$$\begin{aligned} b_2 + b_1 \sum_{i=1}^n X_i &= \sum_{i=1}^n Y_i \\ b_2 \sum_{i=1}^n X_i + b_1 \sum_{i=1}^n X_i^2 &= \sum_{i=1}^n Y_i X_i \end{aligned} \quad (18)$$

Тогда параметры формулы (13), оценивая преобразования (15), будут:

$$a = \text{antilog } b_2 \quad (19)$$

$$b = -\frac{b_1}{\lg e} \quad (20)$$

$$c = \frac{y_1 \cdot y_3 - y_2^2}{y_1 + y_3 - 2y_2} \quad (21)$$

Удобный и хороший метод для вычисления параметров формулы (13) изложен также в [23].

На рис. 5 представлена микроблоксхема процедуры для вычисления коэффициентов кривых. Стандартизированный индекс подсчитывается, как соотношение значения реальной кривой и выравненной по эмпирической формуле кривой:

$$I = \frac{z_{ij}}{y_{ij}} \cdot 100\% \quad (22) \quad [24]$$

На рис. 6 представлен логаритм вычисления значений реальных и стандартизированных кривых. Использованный метод — метод 21-летних скользящих по десятилетиям.

При необходимости выявить катастрофические годы (годы особенно малого прироста) используется процедура, микроблоксхема которой представлена на рис. 7.

Для вычисления корреляционных связей использован простой, но довольно эффективный метод — тендентный метод [25].

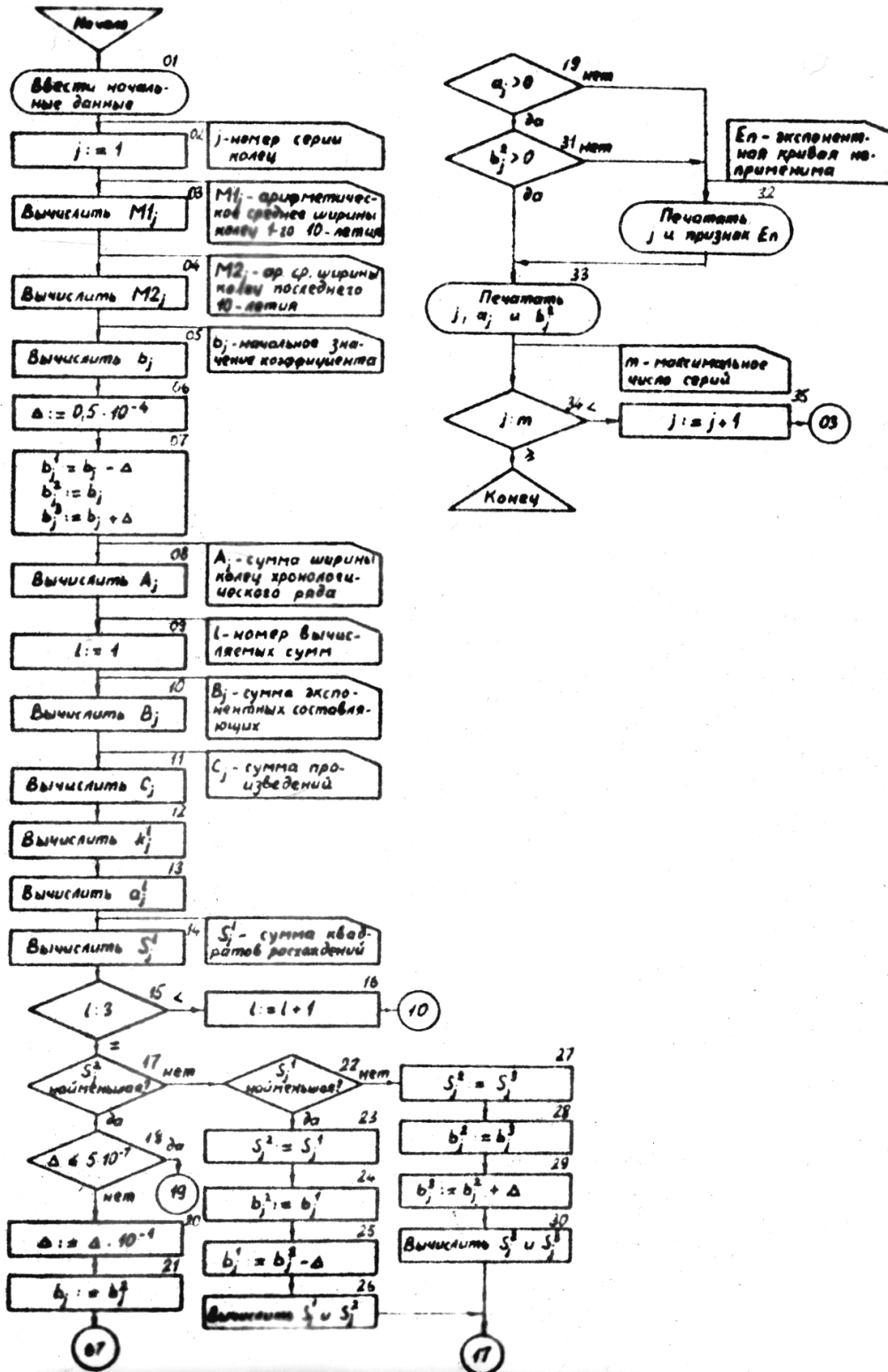


Рис. 5. Микроблоксхема макроблока А.

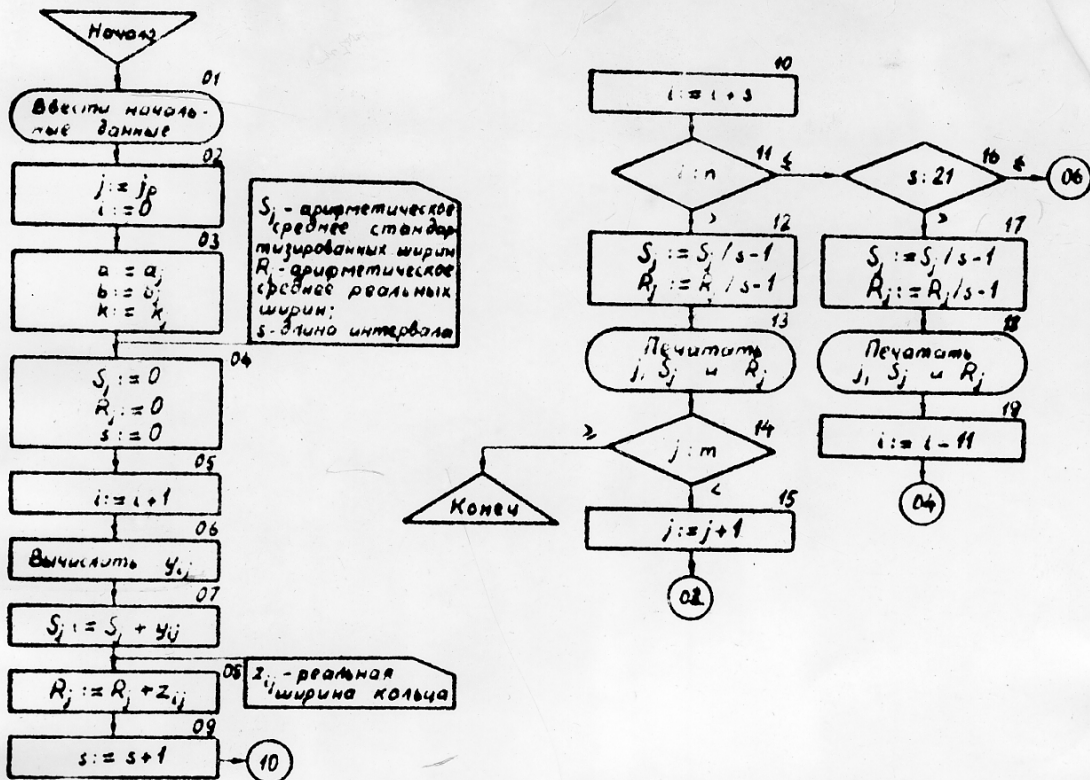


Рис. 6. Микроблокхема макроблока В

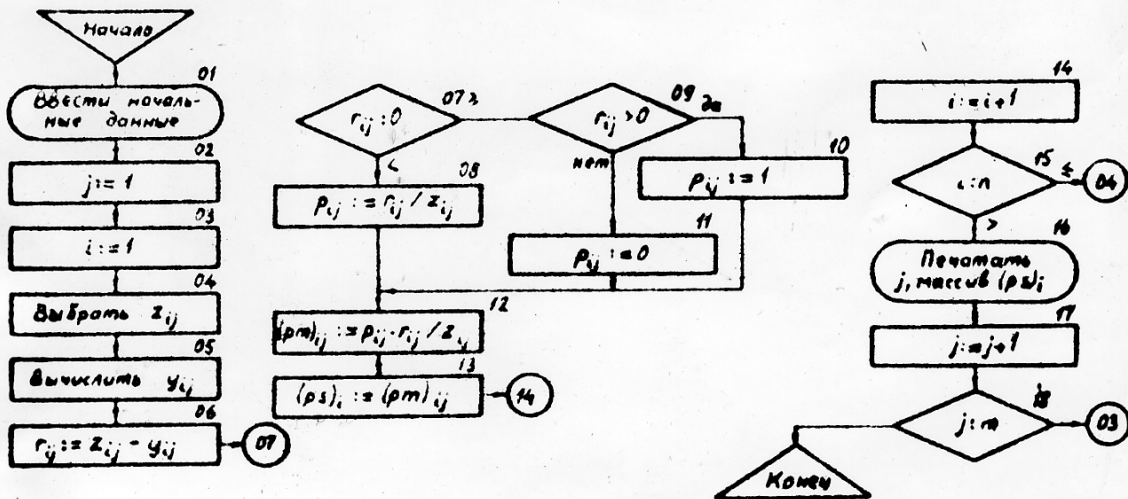


Рис. 7. Микроблокхема макроблока С

Метод можно использовать как для кривых абсолютных значений, так и для кривых индексов. Используя метод, можно:

- 1) вычислить критерий оценки корреляции между процессами,
- 2) вычислить значения, пригодные для сопоставления корреляций между группами процессов.

Вычисления проведенные тендентным методом, дают коэффициент t , оценивающий количества ковариаций переменных. Оценивается число совпадений в направлении изменения и степень соответствия.

Формулы и последовательность вычисления:

$$1) X_i = X_i - X_{i-1} \quad (23a)$$

$$Y_i = Y_i - Y_{i-1} \quad (23b)$$

$$2) +\Sigma = \sum_{i=1}^n X_i Y_i \quad (24)$$

$$3) -\Sigma = \sum_{i=1}^n X_i Y_i \quad (25)$$

$X_i > 0, Y_i > 0$ или $X_i < 0, Y_i < 0$
 $X_i < 0, Y_i > 0$ или $X_i > 0, Y_i < 0$

$$4) t\Sigma = (+\Sigma) + (-\Sigma) \quad (26)$$

$$5) T\Sigma = |+\Sigma| + |-\Sigma| \quad (27)$$

Соотношение алгебраической суммы и суммы абсолютных величин дает коэффициент t :

$$t = \frac{t\Sigma}{T\Sigma} \quad (28)$$

Используется тест, проверяющий возможность влияния больших изменений переменных:

- 1) $n(+XY)$ - число параллельных частей,
- 2) $n(-XY)$ - число частей противоположного изменения,
- 3) $L_s = \frac{\Sigma(+XY)}{n(+XY)} \quad (29)$

L_s - среднее изменений параллельной тенденции,

$$4) L_p = \frac{\sum (-XY)}{n (-XY)} \quad (30)$$

L_p - среднее изменений противоположных направлений,

$$5) L = \frac{L_s}{L_p} \quad (31)$$

Если $L > 1,00$, то амплитуды параллельных частей больше, чем противоположных частей. Если $L < 1,00$, правильно противоположное, $L \cong 1$ у кривых упорядоченного колебания.

Когда $L \gg 1$ (или $L \ll 1$), а

$$g = \frac{n (+XY)}{n (-XY)} \cong 1 \quad (32)$$

критерий оценки корреляции

$$T = \frac{t}{L} \quad (33)$$

Программа по данному алгоритму написана на языке АЛГОЛ, используется транслятор ТА-ИМ.

2.6. Особенности измерения и обработки годичных слоев сосны на болотах

Пни и стволы древесины, сохранившиеся в торфяных слоях болотах "Ужпелке Тирялис" вполне пригодны для дендрохронологического и радиоуглеродного анализа. В торфяном слое от стволов сосен и других видов деревьев, как правило, остается несгнивший комель (пень) древесины длиной от 10 до 40-45 см часто в конце конусообразно заостренный. В зоне интенсивного прироста торфяной залежи древесина остается совершенно здоровой, даже с остатками коры. В определенных горизонтах находится и многие совсем неразложившиеся стволы сосны, законсервированные в торфе после ветровалов.

Более серьезную, но также разрешимую проблему составляет измерение годовичных слоев. Измерение годовичных колец проводится с микрокопом МБС-2, с точностью 0,05 мм. Измерения, как правило, проводятся по двум направлениям и рассчитывается средняя ширина годовичных колец для данного спиля (образца). Данные ширины годовичных колец откладываются на графике (миллиметровой бумаге). На вертикальной оси откладывается ширина годовичного кольца, а также ширина ранней и поздней (летней) древесины масштабом 1 мм - 10 см, и на горизонтальной - годы (измерения фиксируются и на графиках откладываются с сердцевины дерева к наружным слоям, с лева, на право). Методика расчета годовичных индексов с помощью ЭВМ была описана выше.

Данный отчет проиллюстрирован рядом графиков ширины годовичных колец из различной глубины торфяника "Ужпелку Ти-рялис".

Пни найдены в торфянном слое очень различного диаметра - от 35-40 см до 5-8 см. Большинство же пней бывает диаметра от 10 до 20 см, и, конечно, по росту и развитию они были когда-то деревьями У-Уа, реже IV бонитета. Мелкие годовичные слои очень хорошо рассматриваются через микроскоп МБС-2, только после шлифовки поверхности спиля самой мелкой шлифовальной шкуркой (№ 4-5). Необходимо отметить, эксцентричность годовичных слоев в нижних частях комлей сосен, растущих на болотах. Основная часть корневой системы, у большинства деревьев, бывает с трех сторон ствола и поэтому явно выделяется эксцентричность радиального прироста - в одном или в двух направлениях ширина годовичных слоев больше, чем в других сторонах. В большинстве исследованных

спилов, особенно на стороне меньшего роста, отмечены выпадающие или сливающиеся годовичные кольца. Поэтому, хотя измерения проводятся выборочно по двум направлениям (сторонам) наиболее широких годовичных колец, за основу берется то направление, в котором выпадение годовичных колец не отмечается. Число годовичных колец на спилах очень различное — от 50 до 250 лет, что вполне достаточно для построения сверхдлинной шкалы путем перекрестного датирования. Довольно представительное распределение образцов древесины и по относительной высоте. Если считать, что на каждом десятисантиметровом горизонте необходимо иметь около 10-ти образцов древесины, то таким требованиям отвечают относительные горизонты от 0,6 до 2,4 м и меньшее количество пней найдено только в самых верхних 0-0,6 м и в самых нижних горизонтах 2,4-2,6 м (рис. 9).

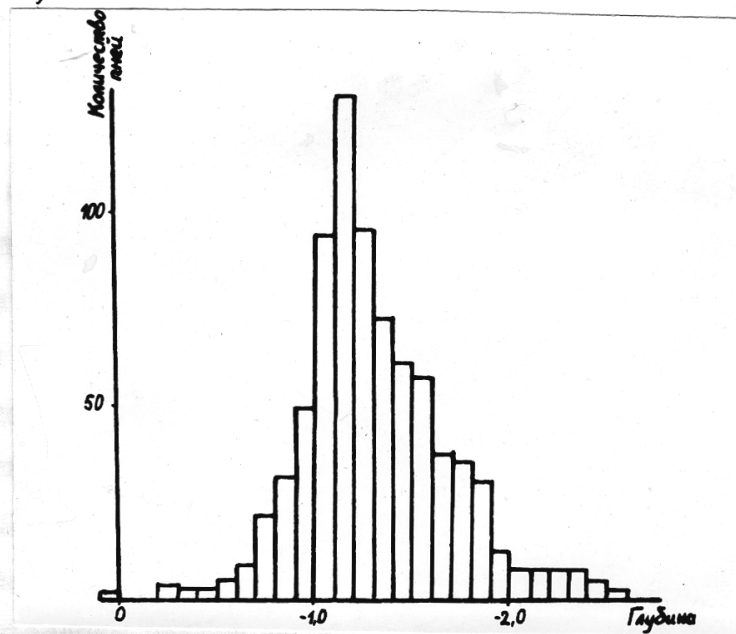


Рис. 9. Распределение количества взятых пней и стволов древесины по относительной высоте на торфянике "Ужпелкю Тирялис"

3. ИЗМЕНЧИВОСТЬ РАДИАЛЬНОГО ПРИРОСТА НАСАЖДЕНИЙ СОСНЫ И ЕГО ЗАВИСИМОСТЬ ОТ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ И СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ В СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ СССР

Проблема прогноза климатических изменений, основанных на изучении цикличности прироста деревьев, сводится к решению, по крайней мере, двух основных задач [26]:

а) разработка прогноза максимумов и минимумов солнечной активности (солнечных пятен);

б) установление связи между колебаниями климата и числами Вольфа.

В последние годы было выполнено ряд научных работ по многолетнему прогнозированию солнечной активности. При этом определяет, как правило, эпохи минимумов и максимумов солнечной активности и величину активности Солнца в этих эпохах в числах Вольфа.

Установление же связей солнечной активности с приростом деревьев особенно важно в восстановлении истории солнечной активности за несколько последних тысячелетий. В свою очередь, по закономерным изменениям годовичных приростов насаждений и прогнозам солнечной активности возможно определять будущие климатические условия.

Т. Битвинскас [27] проведены исследования связей прироста сосновых насаждений, произрастающих в центральной части Литвы, с солнечной активностью. Для подробного изучения были использованы данные об изменении прироста насаждений сосны в районе Каунаса. Для 400 приростных образцов, взятых возрастным буром в соснах на свежих, влажных и бо-

лотных местопроизрастаниях, были определены годовичные индексы методом скользящих двадцатилетних возрастных кривых по пятилетиям. Исследованиями были охвачены 1848-1958 годы. Этот период включает пять 22-летних циклов. По месячным данным чисел Вольфа были вычислены их значения за гидрологические годы (сентябрь-август месяцы). Полученные характеристики солнечной активности приведены в табл. I.

Основные (II-летние) солнечные ритмы имеют среднюю продолжительность II,1 года. Длина циклов довольно сильно меняется от 7,3 до 17,1 года. Динамика прироста сосны на почвах нормального увлажнения (B_2) в Каунасских окрестностях за последние 155 лет тоже в среднем характеризуется периодичностью в II,1 год. Изменчивость отдельных ритмов от их максимума до максимума прироста составляет 6-15 лет, а от минимума до минимального прироста - 5-24 года. На влажных местопроизрастаниях B_3-C_3 за последние 147 лет продолжительность ритмов сосны составляла в среднем 13,4 года (считая по максимумам прироста), а по минимумам - 10,3 года. Длина ритмов была от 5-ти до 18-ти лет. На болотных почвах продолжительность ритмов радиального прироста сосны за 123 года равнялась в среднем 20,4 года, т. е. она была близка к 22-летним солнечным ритмам. Амплитуда изменчивости укладывалась в 15-31 год.

Т. Битвинскас [27] сопоставил индексы годовичного прироста с числами Фольфа (рис. 10). Из рисунка видно, что максимальные величины 22-летних циклов солнечной активности (с) в большинстве случаев совпадают с вторичным максимумом прироста сосны на болотных почвах (b). После максимумов солнечной активности (e) прирост сосны на бо-

Таблица I

Числа Вольфа за периоды гидрологического года (от 1-го сентября до 31 августа)

Десятиц летия	Годы десятилетия									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1750	92,0	61,6	45,2	36,6	14,7	8,0	11,5	22,6	46,4	49,5
1760	63,6	78,8	64,0	49,8	47,1	25,1	13,3	24,4	56,6	88,4
1770	102,0	86,1	77,77	73,3	38,1	8,7	12,4	59,0	149,0	136,2
1780	98,8	77,4	43,6	29,0	10,4	16,0	57,4	117,4	141,2	121,3
1790	103,0	71,2	63,2	52,8	41,2	28,2	23,8	8,2	3,7	7,6
1800	9,6	27,4	43,4	41,0	44,4	49,3	32,8	17,1	6,2	5,8
1810	0,5	0,5	4,4	8,3	14,9	26,6	45,5	45,5	32,4	24,6
1820	21,2	7,8	6,3	0,09	6,1	15,3	27,0	36,4	63,6	63,4
1830	65,0	47,5	34,8	11,5	77,7	32,2	106,0	147,0	114,5	83,0
1840	73,5	45,9	24,8	16,8	13,4	31,0	51,5	73,3	131,2	107,9
1850	74,0	66,1	58,2	45,4	24,2	12,3	3,7	12,1	43,3	84,9
1860	89,6	85,0	65,0	48,9	46,3	36,5	19,9	5,1	22,7	66,4
1870	119,2	127,4	97,5	84,1	51,2	23,5	11,3	12,5	5,8	3,7

Продолжение

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1880	21,4	50,1	57,7	59,2	72,0	57,2	32,9	13,1	7,9	7,3
1890	4,5	24,5	64,8	80,8	83,7	65,2	47,9	31,7	26,0	18,2
1900	10,6	4,3	6,99	22,6	38,9	52,9	63,7	55,2	53,1	43,6
1910	29,5	10,9	2,87	2,48	5,36	37,3	54,2	86,1	90,6	73,9
1920	41,1	31,9	17,4	5,6	12,9	27,9	65,7	71,4	76,4	63,5
1930	48,1	27,5	13,9	7,6	14,2	34,7	99,1	122,2	108,3	96,5
1940	73,0	52,8	38,5	20,1	7,6	24,2	82,5	140,2	141,5	133,1
1950	110,3	68,5	41,8	20,2	4,9	17,8	94,5	171,7	202,7	176,8
1960	122,3	71,5								

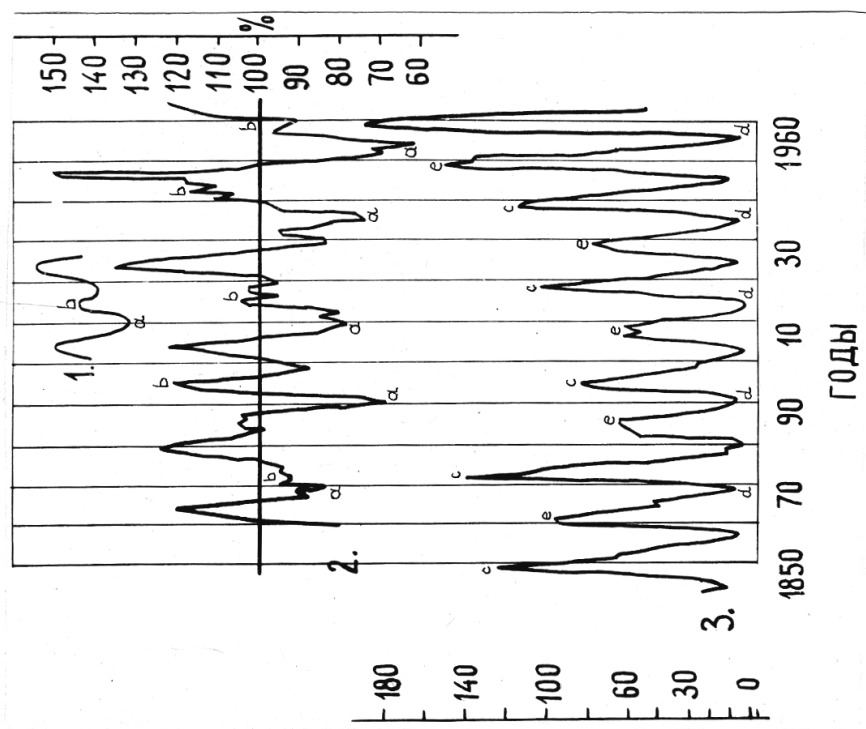


Рис. 10. Ход радиального прироста древесины сосны на болотных почвах и солнечная активность: 1 - модель 20-летнего цикла годичного прироста в сосновых насаждениях (Северо-восточная Литва); 2 - изменчивость прироста сосновых насаждений в годичных индексах (Швенчионельский лесхоз Лит. ССР); 3 - изменчивость солнечной активности в числах Вольфа за гидрологический год (сентябрь-август).

лотных местопроизрастаниях падает особенно резко и достигает самых низких значений (а) в годы "спокойного Солнца".

Попытка рассмотреть связи вековой солнечной активности с изменчивостью радиального прироста сосны на болотных почвах по четным и нечетным одиннадцатилетним циклам отдельно не дала удовлетворительных результатов (условимся считать началом 22-летних циклов годы максимальных значений нечетных 11-летних периодов солнечной активности, тогда четные 11-летние периоды попадают в центр 22-летних цик-

лов). В рассматриваемом периоде (1848-1958 гг.) максимальные значения чисел Вольфа по четным циклам, как правило; меньше, чем по нечетным. Восемь условных участков (фаз) солнечной активности в 22-летнем цикле обозначены следующим образом:

a) максимум солнечной активности в нечетном периоде II-летнего цикла;

b) максимум солнечной активности в четном II-летнем периоде солнечной активности;

c) первый минимум солнечной активности (между нечетными и четными максимумами);

d) второй минимум солнечной активности (между четными и нечетными максимумами);

ac и bd - снижающиеся части 22-летнего цикла солнечной активности;

cb и da - повышающиеся части 22-летнего цикла солнечной активности (см. рис. 13).

Во всех случаях в фазы максимальной и минимальной солнечной активности мы выделяли [27] участки по три года, с наибольшими и наименьшими величинами чисел Вольфа. "Спукки" и "подъемы" солнечной активности характеризовались данными за 2-4-7 лет, в зависимости от длины снижения или повышения ветви солнечной активности. Амплитуды прироста насаждений сосны были рассчитаны как разность наибольшего и наименьшего годовичного индекса прироста в фазе, суммировались за весь 22-летний цикл, делились на число лет в цикле и в результате определялась средняя годовичная изменчивость прироста сосны в индексных процентах во время 22-летних циклов солнечной активности. Полученные данные приведены в

табл. 2.

Данная таблица свидетельствует о том, что между амплитудами колебаний солнечной активности и изменчивостью радиального прироста имеется заметная связь. В табл. 3 мы приводим характеристику этих материалов в процентах. За 100 % приняты средние вековые амплитуды (см. 5-9 периоды).

Оказалось, что связь между средней величиной уровня изменчивости солнечной активности и 22-летних циклах (x) и средними амплитудами индексов прироста сосны в тех же 22-летних циклах (y) хорошо аппроксимируется линейными выражениями. Эта связь представляется семейством следующих уравнений:

1) для сосняков черничных, усл. местообитания

$$B_3-C_3 \quad y = 1,43x - 44,6 \quad (r = 0,81 \pm 0,14), \quad (34)$$

где r - коэффициент корреляции;

2) для сосняков брусничных, усл. местообитания

$$B_2 \quad y = 1,03x - 6,7 \quad (r = 0,94 \pm 0,03), \quad (35)$$

3) для сосняков сфагновых, усл. местообитания

$$A_{4-5} \quad y = 1,26x - 31,6 \quad (r = 0,89 \pm 0,09), \quad (36)$$

4) среднее для совокупности всех сосняков

$$y = 1,15x - 19,4 \quad (r = 0,98 \pm 0,02). \quad (37)$$

В последнее время солнечная активность более или менее надежно прогнозируется на 1-2 цикла, делаются попытки прогнозировать и на несколько одиннадцатилетних циклов. В прогнозах указываются максимальные уровни солнечной активности предполагаемых минимумов. Средний уровень солнечной

Таблица 2

Средние амплитуды колебаний годовичных индексов прироста сосны в связи с изменением солнечной активности по 22-летним циклам (окрестности г. Каунаса)

Годы	Исследования период число лет в периоде	Амплитуда солнечной активности в числах Вольфа	Средняя амплитуда колебаний годовичных индексов прироста сосны в различных местопроизрастаниях в %			
			в среднем	во влажных	в болотных	средняя
1848-1871	23	112	8,0	5,3	9,5	7,6
1871-1894	23	86	6,6	4,1	5,6	5,4
1894-1918	24	76	5,9	2,4	4,1	4,1
1918-1937	19	89	5,2	6,5	6,5	6,1
1937-1958	21	149	11,5	7,9	9,9	9,8
В среднем	22	97	7,4	5,2	7,1	6,6

Таблица 3

Средние амплитуды годичных колебаний индексов прироста сосны и солнечной активности в % от средних вековых величин (окрестности г. Каунаса)

№ периода	Годы	Число лет в периоде	Солнечная активность в 22-летних циклах в % от среднего уровня	Средние амплитуды колебаний прироста сосны в % от столетнего уровня в различных местонахождениях (А)		в среднем во взаимных в биологических условиях													
				в северных		в южных		в северных		в южных		в северных		в южных		в северных		в южных	
				А	Прог-ноз	А	Прог-ноз	А	Прог-ноз	А	Прог-ноз	А	Прог-ноз	А	Прог-ноз	А	Прог-ноз	А	Прог-ноз
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12								
1	1761-1779	18	96	93			85		85										
2	1779-1805	25	89	84			74		86										
3	1805-1830	25	53	44			25		42										
4	1830-1848	18	104	92	101	110	95	88	104										
5	1848-1871	23	112	108		102		134											
6	1871-1894	23	86	89		79		76											
7	1894-1918	24	76	80		46		58											

Продолжение

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
8	1918-1937	19	89	70		125		92		92	
9	1937-1958	21	149	155		152		139		149	

активности предлагается определять по формуле (38):

$$A_w = \frac{a_1 + b_1 + a_2}{3} - \frac{c_1 + d_1}{2} \quad (38)$$

где a_1, b_1, a_2 - годовые величины чисел Вольфа наивысшей и c_1, d_1 - наименьшей активности Солнца. Таким образом, от величины A_w в уравнениях (34, 35, 36, 37) в линейной зависимости находится годовая изменчивость радиального прироста в 22-летних циклах. Коэффициент величины „х“ и свободный член уравнения определяют соотношение между амплитудами изменчивости солнечной активности и амплитудами радиального прироста в этих циклах. Уравнения (34-37) показали сравнительно хорошую связь (коэффициенты корреляции $r = 0,8-0,98$) между изменчивостью солнечной активности и изменчивостью прироста в 22-летних циклах солнечной активности (22-летний цикл приходится на № 9 и 4 табл. 3). В табл. 3 также помещается реконструкция (обратный прогноз) изменчивости прироста древесины за время, предшествовавшее 1848 году по установленной линейной связи. Ошибка прогноза по четвертому 22-летнему периоду составляет 4-18 % (табл. 3).

Установленную закономерность для окрестностей Каунаса можно сформулировать так: колебания уровня солнечной активности (в числах Вольфа) и средняя амплитуда колебаний годовых индексов прироста насаждений сосны в 22-летних циклах солнечной активности находятся в тесной линейной связи. Авторами по аналогичной методике были также осреднены данные годовых индексов сосны из различных районов Литовской ССР с целью определения их связи с солнечной активностью за все девять 22-летних цикла (табл. 4).

Оказалось, что и здесь имеется удовлетворительная линейная аппроксимация между колебаниями годовичного прироста и солнечной активности. Наибольшие отклонения от линейной зависимости дала изменчивость прироста в I-ом и 8-ом 22-летних циклах (коэффициент корреляции линейной связи $r = 0,81 \pm \pm 0,05$, уравнение связи выражается формулой $y = 0,87x + + 17,84$).

Имеющиеся данные позволили также проследить линейную зависимость между изменчивостью годовичных колец деревьев сосны и изменчивостью солнечной активности в Новгородской области и в Карельской АССР (табл. 4), но они менее удовлетворительны, чем в предыдущем случае ($r = 0,69 \pm 0,06$ для Новгородской области; $r = 0,19 \pm 0,03$ для Карельской АССР).

Определенную прогностическую ценность имеет изменчивость радиального прироста в различных фазах солнечной активности. В табл. 5 показаны амплитуды (разности) прироста сосновых насаждений в индексных процентах в различных фазах солнечной активности за 1848-1958 годы (окрестности г. Каунаса).

По данным таблицы, видно, что сравнительно пониженной изменчивостью прироста отличаются участки максимумов солнечной активности a, b , а также участки минимумов солнечной активности c . Все ветви возрастающей и снижающейся солнечной активности (за исключением фазы d/a) отличаются сравнительно большей изменчивостью прироста. Повышенной изменчивостью отличается также фаза d - второй минимум солнечной активности.

Снова возникает вопрос, являются ли эти закономерности изменчивости радиального прироста характерными и для дру-

Таблица 4

Средние амплитуды колебаний годовых индексов прироста сосны на минеральных почвах нормального увлажнения $A_2-B_2-C_2$ (%) в связи с изменением солнечной активности по 22-летним циклам

22-летним циклам

Годы	Число лет в нем	Амплитуда солнечной активности в числе Вольфа	Литовская ССР		Новгородская область	Карельская АССР	Средняя	
			Окрестности г. Каунаса	Среды по Литве				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
I	1761-1779	18	96		92		66	79
2	1779-1805	25	89		72		75	79
3	1805-1830	25	53		80	68	102	84
4	1830-1848	18	104	105	110	111	93	105
5	1848-1871	23	112	108	132	96	110	113
6	1871-1894	23	86	89	98	82	103	94
7	1894-1918	24	76	80	70	100	92	87
8	1918-1937	21	70	112	112	126	134	125
9	1937-1958	21	149	155	138	124	114	125

Таблица 5

Амплитуда радиального прироста сосны (%) по типам условий нестопроизрастания в различных фазах солнечной активности 1848-1958 гг. (окрестности г. Каунаса)

Фаза солнечной активности	Свежие	Влажные	Болотные	Среднее
a	16	14	14	15
b	17	9	15	14
c	13	14	11	13
d	27	16	21	21
a c	31	20	22	24
c' b	14	15	34	21
b' d	20	17	22	20
d' a	16	8	17	14
Средняя по пяти циклам	19	14	19	18

Таблица 6

Изменчивость радиального прироста насаждений в различных фазах солнечной активности

Районы и оценки по районам	Фаза солнечной активности										Средние за 22-летний цикл	
	a	a/c	c	c'b	b	b.d	d	d'a	a	10		
I	2	3	4	5	6	7	8	9		10		
Средняя амплитуда годичных индексов в отдельных фазах с. а. . %												
Наушасские окрестности,												
Лг. ССР	16	31	13	14	17	20	27	16		19,3		
Новгородская область	21	29	19	25	19	26	22	27		23,5		
Суоярви,												
Кар. АССР	17	29	19	23	19	26	20	20		21,2		
Среднее	18	30	16	21	18	24	23	21		21,0		

Продолжение

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Средние амплитуды годовых индексов в % от средней изменчивости в 22-летних циклах										
Каунасские окрестности,										
Лит. ССР	-17	+61	-32	-27	-12	+4	+40	-13	0	
Новгородская область	-11	+24	-20	+6	-19	+11	-6	+15	0	
Суоярви,										
Кар. АССР	-20	+37	-25	+8	-11	+23	-6	-6	0	
Среднее	-16	+40	-26	-4	-14	+13	+9	-2	0	
Оценка районов по категориям прогностической ценности										
Все районы	I	I	I	III	II	I	III	III	III	
Отдельные районы	III	III	II	II	III	I	I	I	III	

гих областей Советского Союза. В табл. 6 рядом с литовскими данными изменчивости годовых колец в отдельных фазах солнечной активности сопоставляются дендрохронологические данные сосны, взятые в Новгородской области и Карельской АССР, на свежих (нормально увлажненных) типах условий местопроизрастания. Оказывается, что наибольшей амплитудой изменчивости радиальный прирост сосны отличается в фазах солнечной активности $a \downarrow c$ и $b \downarrow d$, наименьшей — c и a . Такие же самые изменения наблюдаются во всех трех районах проведенных дендроклиматологических исследований. Но в некоторые фазы солнечной активности в данных районах наблюдались и особенности, характерные только одному из этих районов. Например, если в Литве обнаруживается 40 % повышение изменчивости радиального прироста сосновых насаждений в фазе d , то есть во втором минимуме 22-летнего цикла, то в Карелии и в Новгородской области она была на 6 процентов ниже в сравнении с вековым уровнем. Авторами была сделана попытка на основании исследований во всех трех географических районах (Литва, Новгород, Карелия) определить прогностическую ценность каждой фазы солнечной активности. Первой категорией отмечены фазы солнечной активности прогностически наиболее ценные (табл. 6).

В табл. 6 также показаны средние величины амплитуд радиального прироста и их отклонения в процентах от средней изменчивости в 22-летних циклах солнечной активности. Несомненную прогностическую ценность имеет и определение трендов — тенденций изменчивости ширины годовых колец к расширению или наоборот — к сужению. Эти тенденции (степень их преобладания в отдельных фазах солнечной активнос-

ти) выражены процентным соотношением преобладающих тенденций к тенденциям „в меньшинстве“.

Как видно по данным табл. 7, на нормально увлажненных почвах только в трех фазах солнечной активности во всех районах исследований синхронно преобладают повышенные тенденции (в фазах а и $b \downarrow a$) и один раз пониженные — $a \downarrow c$. В отдельных фазах наблюдаются преобладание определенных тенденций (снижение или повышение ширины годовых колец сосны) только в некоторых районах исследований. Например, в фазе „с“ в условиях Литовской ССР преобладали тенденции снижения на 17%, в Новгородской области более часты тенденции повышения (на 19%), в Карельской АССР (Суоярви) положительные тенденции уже преобладают на 226%.

Обратная картина наблюдается в фазе солнечной активности „а“ — в Литве преобладают положительные тенденции изменчивости прироста из года в год (72%), в Новгородской области они определяются только 18%, в Карельской АССР тенденции уже сугубо отрицательные и их преобладание оценивается — 18%.

Своеобразная закономерность наблюдается в радиальном приросте сосны на болотных почвах. В Швенчионельских лесах Литовской ССР в шести фазах солнечной активности подряд ($b \downarrow a$, a , $a \uparrow a$, a , $a \downarrow c$, c) преобладают тенденции повышения радиального прироста. Но зато в фазах солнечной активности с b и b проявляется резкие тенденции снижения прироста, определяющие 20–22-летнюю ритмичность радиального прироста на болотных почвах Литовской ССР (рис. 10).

В табл. 8 показано распределение годовых индексов в фазах солнечной активности по их величине. В первую груп-

Таблица 7

Преобладающие тенденции повышения и понижения (тренды) в радиальной приросте насаждений сосны (%) в различных районах Северо-Запада Европейской территории

СССР в отдельных фазах солнечной активности

Районы	Фазы солнечной активности										Период (лет)
	a	a/c	c	c/b	b	b/d	d	d/a			
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Лип. ССР, Кау- насские окрест- ности, сосняки брусничным	+33	-15	-17	-72	+17	+9	-80	+71	100		
Венчонегь- ский, сосняки сфагновые	+600	+72	+67	-200	-75	+20	+50	+50	100		
Новгородская обл., сосняки брусничники	+11	-20	+29	+27	-6	+25	+5	+18	180		

Продолжение

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кар. АССР, Суо- ярви, сосняки чернично-брус- ничники, сосни- ки чернично- кисличники	+11	-13	+226	-56	+33	+100	-85	-185	250
Среднее	+18	-16	+79	-32	+15	+44	-53	-31	
Число случаев преобладающих тенденций и их направление	+3	-3	+2	-2	+2	+3	-2	+2	

Таблица 8

Распределение величины годичных индексов (%) в различных фазах солнечной активности за 1848-1958 гг. в окрестностях г. Каунаса и за 1749-1968 гг. в районе Суоярви

Фазы солнечной активности	Условия местопроизрастания и распределение годичных индексов											
	Окрестности г. Каунаса						Суоярви					
	Болотные			Влажные			Нормального увлажнения			Нормального увлажнения		
	< 90	90-110	> 110	< 90	90-110	> 110	< 90	90-110	> 110	< 90	90-110	> 110
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
a	16	56	28	17	67	16	11	67	22	25,4	56,0	18,7
a+b	28	50	22	16	78	6	33	47	20	21,4	56,4	22,0
c	20	33	47	20	60	20	6	67	27	22,0	54,0	24,0
c+b	29	14	57	13	67	20	13	47	40	32,0	56,0	12,0
b	40	27	33	20	33	47	20	60	20	30,6	51,0	18,1
b+d	50	38	12	6	75	19	21	65	14	19,4	48,0	35,5

Продолжение

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
d	60	40	-	40	53	7	40	53	7	21,2	52,4	26,5
d a	31	46	23	31	69	-	38	31	31	27,1	57,7	15,3
Среднее	34,2	38,0	27,8	20,4	62,7	16,9	22,7	54,4	22,9	24,9	54,0	21,1

пу отводятся все годовичные индексы ниже 90 %, во вторую - от 90 до 110 %, в третью - выше 110 %. По данным этой таблицы видно, что в условиях Литовской ССР (в Каунасских окрестностях) за последнее столетие можно особенно выделить фазу солнечной активности d. Во время этой фазы во всех трех условиях местопроизрастания сосновые насаждения в 95 случаях из 100 отлагали узкие или средние по ширине годовичные слои. В других фазах таких выразительных отклонений от средних многолетних данных незамечено хотя, в фазе b+d на болотных местопроизрастаниях величины годовичного прироста сосны очень близки к фазе d. Не случайный характер носит также распределение годовичных индексов сосны по их величине в среднем для всех фаз солнечной активности. Из табл. 8 видно, что наибольшее количество годовичных индексов сосны средней величины найдено во влажных условиях местопроизрастания - 62,7 %, когда в условиях нормального увлажнения их было 54,4 %, в болотных условиях местопроизрастания - 38 %. Из этих данных можно сделать вывод, что наиболее часто экстремальные влияния среды на годовичный радиальный прирост сосны проявляются на болотных, реже - на почвах нормального увлажнения, наименее - на влажных условиях местопроизрастания. Количество годовичных индексов сосны средней величины из Суоярвского района (Карелия) очень близко к проценту годовичных индексов сосны, росшей в Каунасских окрестностях (54,4%). Но в Карелии зависимость разности распределения величин годовичных индексов от отдельных фаз солнечной активности еще менее выразительна. Немного большими отклонениями от средних величин отличаются совокупности годовичных индексов в фазах солнечной активности c+b, b и b+d.

Подведем некоторые итоги наших исследований:

1. Зависимость между средними амплитудами солнечной активности и средними амплитудами изменчивости радиального прироста сосны в 22-летних циклах солнечной активности в условиях Литвы хорошо описывается линейным законом и удовлетворительно для северных широт.

Представляет большой интерес дальнейшие исследования этой связи в более южных и восточных районах от Литовской ССР. Эту связь можно надежно проследить только на массовых дендроклиматологических материалах.

2. Амплитуды изменчивости годовичного прироста сосны в некоторых фазах солнечной активности также имеют довольно высокую прогностическую ценность во всех трех исследованных районах — в Литовской ССР, в Новгородской области и в Карелии.

Также во всех 8-ми фазах солнечной активности 22-летнего цикла были прослежены тренды. Это позволит, возможно, при дальнейшем накоплении дендрохронологического материала восстановить цикличность солнечной активности за то время, когда наблюдений за солнечной активностью не велось.

При надежных прогнозах на I-2 22-летние цикла солнечной активности, установленные закономерности могут стать основой для количественного определения вероятности воздействия природных (климатических) факторов на изменчивость радиального прироста насаждений в отдельных фазах и в отдельных циклах солнечной активности для отдельных территориальных районов.

Причинная связь резкой изменчивости годовичного радиального прироста сосны в болотных условиях было выражено

нами гидротермическим показателем такого типа:

$$O = \frac{t_0}{0,25 V_0 K} \quad (39)$$

где t_0 - средняя температура вегетационного года (сентябрь-август), V_0 - осадки за вегетационный год.

K - коэффициент запаса влаги рассчитан по формуле:

$$K = \frac{1}{\sum V_3 + \sum V_2 + \sum V_1 + \sum V_0} \quad (40)$$

где V_3, V_2, V_1, V_0 - суммы осадков за 4 вегетационные года.

Динамика радиального прироста сосны на болотах следует с опоздыванием на два года, в сравнении с данными комплексного показателя O (O - „oikos“ среда).

4. ДЕНДРОХРОНОЛОГИЯ НА СЛУЖБЕ АСТРОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Цели и задачи программ выполняемых дендрохронологических исследований в Институте ботаники АН Литовской ССР по хоздоговорам с Физико-техническим Институтом АН СССР им. А.Ф. Иоффе были подробно изложены в отчете под названием "Вариации содержания радиоуглерода в атмосфере Земли и дендрохронологические и дендроклиматологические исследования" в 1970 г. Как составная часть исследования эти входили и в данную работу.

Хоздоговора по научно-исследовательским темам "Поиск высоковозрастных деревьев сосны в СССР и изготовление для радиоуглеродных лабораторий в необходимом количестве точно датированной древесины, строганной по отдельным годичным

кольцам" и "Разработка методики разделения годичных колец ели, лиственницы, тополя, дуба и изготовление датированных годичных колец этих древесных пород, растущих в сходных условиях местопроизрастания, для радиоуглеродных исследований", выполненные за 1971-1972 гг. являются продолжением работ по проблеме "Астрофизические явления и радиоуглерод" (руководитель проблемы д. ф.-м. наук Г. Е. Кочаров), которые выполнялись ^в 1968-1970 годах.

В задачу полевых исследований 1971-1972 гг. входило продолжение полевых работ по созданию дендрохронологического профиля Карпаты - Литовская ССР - Мурманская обл. Материалы в Литве, Латвии, Псковской, Новгородской и Ленинградской областях, в южной и средней Карелии были собраны 1968-1969 годах. ^в 1971 году были заложены пробные площади со взятием образцов древесины в насаждениях Северной Карелии, в Мурманской обл., а на юге - в Белорусской ССР и в Карпатах Украины. Всего было заложено и описано 15 пробных площадей, взяты 1133 образца (цилиндрика) древесины.

Для обеспечения радиоуглеродных лабораторий СССР, участвующих в проблеме "Астрофизические явления и радиоуглерод" достаточным количеством древесины (сосны) датированной по календарным годам, проверенной соответствующими дендрощкалами, тщательно и чисто разделенной по отдельным годичным кольцам (годам), были изготовлены образцы точно датированной древесины за годы 1530-1563 и 1584-1592 (43 образца). Для получения древесины была использована модель К-1, 1968 г. уже служившая для радиоуглеродных исследований в зоне вспышки сверхновой 1604 г.

До сих пор Дендроклиматохронологическая группа Инсти-

тута ботаники АН Лит. ССР разделяла годичные кольца древесины сосны обыкновенной (*Pinus silvestris*). На этот раз была поставлена задача изучить пригодность и разработать методику разделения древесины (годичных колец древесных пород ели обыкновенной (*Picea excelsa*), лиственницы (*Larix* sp.), тополя (*Populus* sp.) и дуба (*Quercus robur*), чтобы установить насколько одинаково изменяются вариации C_{14} в годичных кольцах различных древесных пород (не имеют ли они различную избирательную способность в отношении C_{14}). Для этого зоной разделения был избран одинаковый период времени (1905-1914 гг.), все деревья использованные для разделения росли в сравнительно одинаковых условиях (относительно богатые, нормально увлажненные условия местопроизрастания (B_2)).

Для этой цели были подобраны и спилены модели сосны, ели, дуба, тополя и лиственницы.

После разделки моделей на спилы и последующей сушки, образцы отшлифовались, годичные кольца измерялись. Строились графики серий годичных колец по отдельным радиусам образцов древесины. Производились расчет годичных индексов годичных колец, верификация графиков и датировка. Выделялись зоны строганья. Путем строганья изготовлено точно датированной древесины ели, тополя, сосны, дуба и лиственницы за годы 1905-1914. Всего 50 образцов со средним весом 715 грамм. Образец строганной точно датированной древесины показан на рис. 14.

Опыт Дендроклиматохронологической лаборатории показывает, что для получения точно датированной древесины очень пригодна сосна обыкновенная (*Pinus silvestris*). Как показал

опыт разделения нескольких сотен годичных колец очень хорошо раскалывается (строгается) по стыкам соседних годичных колец, четко разделяется на позднюю и раннюю древесину соседних годичных слоев. Хотя производительность колки древесины очень и очень зависит от ширины годичных слоев (годичные кольца уже 0,3-0,4 мм трудно делимы и сама производительность при строгании узких годичных слоев очень резко падает), производительность колки (строгания) также зависит от толщины древесных спилов. В случаях, когда годичные кольца не уже 1-го мм (раскалывание древесины проводится с помощью долота), оптимальная толщина древесных спилов 8-10 см. Хорошо, как показал наш опыт, колются и древесина других хвойных, например, ели и лиственницы. Там, где нет необходимых возрастов сосен, рекомендуем использовать лиственницу (*Larix* sp.), которая в таежных районах достигает высоких возрастов (до 1000 лет) и по качеству раскалывания мало уступает сосне обыкновенной, но нужно отметить, что можно довольно успешно разделять годичные кольца и лиственных древесных пород. (В нашем опыте были использованы дуб (*Quercus robur* L.) и тополь (*Populus* sp.). Граница ранней и поздней древесины дуба определяется структурными особенностями строения годичного кольца. Ранняя и поздняя древесина дуба остается того же цветного оттенка, да и высушенная древесина колится труднее, чем хвойные, особенно раскопанная из отложений земли или торфа или долго пролежавшая в воде. Можно определять и разделять годичные кольца и тополей, даже и очень четко. Но линия раздела является настолько узкой, что ее определение и четкое раскалывание вместе с трудностями нахождения самых границ годичных колец некомпен-

сируется даже и очень широкими годичными кольцами. Годичные кольца дуба, как показал наш опыт, вполне целесообразно использовать в четко датированных радиоуглеродных исследованиях проводимых по проблеме "Астрофизические явления и радиоуглерод", особенно тогда, когда по различным причинам для характеристики определенных периодов времени не можем использовать древесину хвойных пород.

Резюмируя выше сказанное, можно сделать вывод о том, что для изучения периодов времени, в которых очевидцами были хвойные древесные породы, целесообразно использовать именно эти древесные породы. В Советском Союзе видимо, без особых трудностей погодичная информация по древесине хвойных будет получена за последние 1000-1200 лет. Есть очень серьезные причины надеяться, что стволы дубов, найденные в речном русле и отложениях реки Нерис (Виляя) даст достаточно информацию за второе и третье тысячелетие до наших дней. Так например, радиоуглеродной лабораторией И-та Зоологии и ботаники АН СССР датированные Смогдонские образцы дуба имеют такие возраста:

1) Та - 160 - 650 лет \pm 60 лет.

2) Та - 161 - 1045 лет \pm 60 лет.

Радиоуглеродная лаборатория Геологического И-та Лит. ССР определила возраст одного образца

$V_s - 53 - 2270 \pm 60$ лет.

По мнению белорусских геологов эта информация может быть продолжительностью до 5000 лет! В Лендроклиматокронологической лаборатории И-та ботаники АН Лит. ССР уже имеется коллекция около 100 образцов смогдонских дубов и они, конечно, являются ценным источником информации о событиях

в природе проходивших в сотнях и тысячах лет тому назад. Интересно заметить, что во время прочистки реки Припять также в массовом количестве находят стволы исполинных дубов. Из этого можно судить, что „открытие“ древнего Сморгоньского леса не является каким то исключением, что, видимо, многие древние русла Европейской части СССР таят в себе массу утопленных деревьев и тем самым, ценнейшую информацию об бывших климатических условиях.

Как выше в отчете было описано, Дендроклимахронологическая лаборатория⁶ 1971 году начала работу над созданием высоковозрастных дендрошкал по болотной сосне. Какую ценную информацию в себе таит древесина законсервированная в торфяных месторождениях, можно судить уже по следующему примеру: в радиоуглеродной лаборатории Геологического Института АН СССР были определены возрасты двух образцов древесины шпешей сосны с глубины I-го метра осушенного торфяника "Тирялис" (Плунгский район, Литовской ССР).

Дата № 490 имеет возраст 880 ± 50 лет;

дата № 491 - 1100 ± 50 лет.

Предполагается, что по дендрохронологическим данным торфяника "Тирялис" удастся построить дендрошкалу за 2000-2500 лет. Некоторые работы проведены раньше в других странах (Huber, Minaut) позволяют надеяться, что с образцов древесины методом перекрестного датирования с помощью радиоуглеродного метода не только можно успешно датировать образцы древесины, но также вполне возможно построение абсолютных дендрошкал за несколько последних тысяч лет. Правда, имеется малая вероятность, что за весь период существования торфяника древесная растительность торфяника неподвергалась

бы стихийным бедствиям (ветровалам, пожарам, нашествиям энтомо-фито вредителей, рубкам человека и т. д.) и надеются сразу получить непрерывные ряды информации было бы довольно смело. Поэтому заранее приходится настроиться на длительные исследовательские работы, которые придется проводить параллельно или поочередно на 2-4 объектах - торфяниках, с последующей верификацией отдельных дендрошкал между собой. Ценность построения дендрошкал по "болотным" соснам видим в том, что они являются пока единственным достоверным источником информации о событиях в природе проходивших I-6 тысяч, а то и более, лет, назад в Европе, то есть, на период, о котором пока имеем особенно мало информации.

Ниже в таблице 9 показаны данные об использованных модельных деревьях для получения точно датированных годичных колец дендроклиматохронологической лаборатории И-та ботаники за 1968-1972 гг. в целях проблемы "Астрофизические явления и радиоуглерод".

Кроме этого были изготовлены эталоны древесины дуба из модели Л-6-1970 и сосны из модели Л-2-1968 за 1845-1855 гг. а также изготовлены 32 образца древесины дуба для радиоуглеродного датирования извлеченных из песчанно-гравийных отложений реки Немис (Вилия) около города Сморгонь Белорусской ССР.

По данным таблицы видно, что уже имеется ряд годичных колец за последние 438 лет, что позволяет восстановить ряды радиоуглеродных вариаций в атмосфере Земли не только во время всплеск сверхновых; но также получить информацию о влиянии на накопление C_{14} в атмосфере промышленности.

Таблица 9

Модели деревьев использованные для получения точно датированных годовичных колец

№ п/п	Древесная порода ^х Название модели ^{хх}	В каком месте взята модель	За какие годы датированы годовые кольца	Год раздел- ки годовичных колец	Замечание
1	2	3	4	5	6
1	С Л- 5-1969	Пренайский лесхоз	1968-1899	1970	
2	С Л- 4-1969	"	1899-1845	1970	
3	С Л- 2-1968	Паманга	1844-1777	1969	
4	С Л- 3-1968	Подкранге	1773-1744	1969	
5	С Л- 1-1968	Марцинконис	1743-1713	1972	
6	С Л- 1-1968	"	1712-1688		Венника сверхновой
7	С Л- 3-1968	Совдозеро	1788-1615	1972	"
8	С Л- 1-1968	Лактколемпи	1615-1593	1968	

^хС - сосна, Д - дуб, Е - ель, Г - тополь, И - лиственница, Лс - лиственница.

^{хх}Буквы означают район взятия образца: Л - Лигва, К - Карелия;

Числа - номерная модель. Год взятия модели.

Продолжение

I	2	3	4	5	6
9	С К- 1-1968	Лактиколампи	1592-1582	1971	Венника сверхновой
10	С К- 2-1968	Совдозеро	1583-1564	1968	
11	С К- 1-1968	Лактиколампи	1563-1530	1971	
12	Д Л-11-1971	Пренайский лесхоз	1914-1905	1971	Падение Гунгузского метеорита
13	Е Л- 8-1970	Каунасский лесхоз	1914-1905	1971	"
14	С Л- 7-1970	"	1914-1905	1971	"
15	Лс Л- 9-1970	"	1914-1905	1971	"
16	Г Л-10-1970	Варенский лесхоз	1914-1905	1971	"

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Знание закономерностей динамики прироста сосновых насаждений, их связей с климатическими факторами и солнечной активностью позволит нам расшифровать бывшие климатические условия за большой период времени.

После создания абсолютных дендрошкал построенных отдельно по годовичным кольцам формировавшимся на нормально увлажненных местопроизрастаниях и отдельно - на болотных условиях местопроизрастания можно будет получить следующую информацию:

а) о ритмике радиального прироста в прошлых тысячелетиях. Если будет установлено, что ритмы прироста средней длины (11-летние, 22-летние, 88-летние) проявлялись и в прошлом, созданные дендрошкалы станут чрезвычайно полезными для прогностики изменений климатических условий продолжительностью не менее чем 100 лет;

б) должны быть выявлены ритмы более длинные (нескольких столетий, даже тысячелетий) хотя методика их выявления пока остается невыработанной;

в) чрезвычайно перспективным методом остается сочетание дендрохронологических исследований с радиоуглеродными. Особенно важное то обстоятельство, что двумя независимыми методами (дендрохронологическим и радиоуглеродным) можно определить влияние солнечной активности на биосферу Земли.

Дендроклиматохронологическая лаборатория уже 5-ый год активно включалась в решение проблемы "Астрофизические явления и радиоуглерод", дала точно датированные годовичные

кольца за последние 438 лет, что позволяет восстановить ряды радиоуглеродных вариаций в атмосфере Земли не только во время всплеск сверхновых, но также получить информацию о влиянии солнечной активности на образование C^{14} , эффекты влияния на накопление C^{14} в атмосфере промышленности и испытаний атомного и водородного оружия.

Накопленные и проанализированные данные из торфяника «Уинелло Гирянис» показывают, что дендрохронологические исследования торфяных месторождений является весьма перспективным методом и обязательно должен быть продолжен в Дендроклиматохронологической группе Института ботаники АН Литовской ССР.

6. ЖИТЕПАТҮРА

1. E k l u n d B. Meddelanden från Statens skogsforskningsinstitut, 44, No 8, Stockholm, 1955.
2. E k l u n d B. Meddel. från. Stat. Skogsforskningsinstitut, Stockholm, 47, No 1, 1958.
3. W e i t l a n d J. Jahrringchronologische Untersuchungen an Laubbaumarten Norddeutschlands. Mitt. Bundesforsch.-Anstalt Forst-u. Holzwirtsch. "Reinbek b." Hamburg, No 48, 1960.
4. H u b e r B. Die Naturwissenschaften, 35, 5, 1948.
5. J a z e w i t s c h V. Fortw. Centralbl., Hamburg, 1953.
6. H u b e r B., S i e b e n l i s t V., N i e s s W. Jahrringchronologie Hessischer Eichen, "Budinger Geschichtshlätter", 1965.
7. V i n š B. Použití letokruhových analyz k prukazu škod. Ustav Vedeckotechnických informací NZLVH, Ročník 8, (XXXV), "Lesnictví", Číslo 4, 1962.
8. H o l m s g a a r d E. Jahrringsanalysen dänischer Waldbäume, "Det Forstlige forsegsvesen i Danmark", B. 12, 1955.
9. H o l m s g a a r d E. "Hetsantutkimus-laiktoksen julkaisuja", No 5, 1962.
10. S c h u l m a n E. Dendroclimatic Changes in Semiarid America, Tuscon Univ. of Arizona, 1956.
11. F r i t t s H.C. Monthly Weather Rev., 93, 1965.
12. Г.Б. Горгинский Г.Б. В сб.: "Экспериментальное изучение биогеоценозов тайги", "Наука", Л., 1969.
13. К о с т и н Г.Е. В сб.: Материалы всесоюзного совещания - научной конференции по вопросам дендрохронологии и ден-

дроклиматологии, 1968.

14. Ш и я т о в С.Г. В сб.: "Доклады первой научной конференции молодых специалистов - биологов", Свердловск, 1962.
15. Б и т в и н с к а с I.I. Доклады ИСХА, вып. 99, М., 1964.
16. F e r g u s o n C.W. Science, 159, No 17, 1968.
17. V o n H u b e r B. und M e r z W., München "Germania" Halbband 1, 1962.
18. V o n H u b e r B. und M e r z W., München "Germania", Halbband 1, 1963.
19. К о л ч и н Б.А. Дендрохронология Восточной Европы. АН СССР, Ин-т Археологии, изд-во "Наука", М., 1965.
20. M u n a u t A.V. Etude paleo-ökologique d'un gisement tourbeux situe a Terneuzen (Pays-Bas) Berichten van de Rijks dienst voor het Ondheidkundig Bodemonderzoek. J. 17, 1967.
21. Ш у л и я К.С. Датирование по радиоуглероду голоцена Литвы. Автореферат кандидатской диссертации, М., 1969.
22. F r i t t s H.C. Computer Programs for Tree-Ring Research. "Tree-Ring" Bulletin", vol. 25, Arizona, 1963
23. F r i t t s H.C., M o s i m a n n J.E. and B o t t o r f f Ch.D. A Revised Computer Program for Standartizing Tree-Ring Series. "Tree-Ring Bulletin", vol. 29, Arizona, 1969.
24. Б и т в и н с к а с I.I. Динамика прироста сосновых насаждений Литовской ССР и возможности его прогноза. Автореферат дисс. на соиск. уч. степени канд. с/х наук, М., 1966.
25. G l o s k W.S. A Rapid Method of Correlation for Continuous Time Series. "American Journal of Science", vol. 240, 1942.

26. Геллер Е.В. Проблемы физической географии. I. 13, 46-57, М.-Л., 1948.
27. Витвинская Т.Т. "Mūsų gamta", Nr. 3, p. 41-42, 1964.
28. Витвинская Т.Т. "Mūsų girios", Nr. 9(158), 12, 1961.
29. Витвинская Т.Т. "Mūsų gamta", Nr. 3, 41, 1964.
30. Бигвинская И.И. Доклады ИСХА, вып. 103, 385, 1965.
31. Бигвинская И.И. Динамика прироста сосновых насаждений Литовской ССР и возможности его прогноза. Дисс. на соиск. уч. ст. к. с/х наук, М., ИСХА, 1965.
32. Витвинская Т.Т. "Mūsų gamta", No 1, 12, 1967.
33. Бигвинская И.И. Материалы всесоюзного совещания - научной конференции по вопросам дендрохронологии и дендроклиматологии (7-8 июня 1968 г.), Вильнюс, 3, 1968.



Прил. 1. Схема торфяника "Ужпелыко Тирялис"

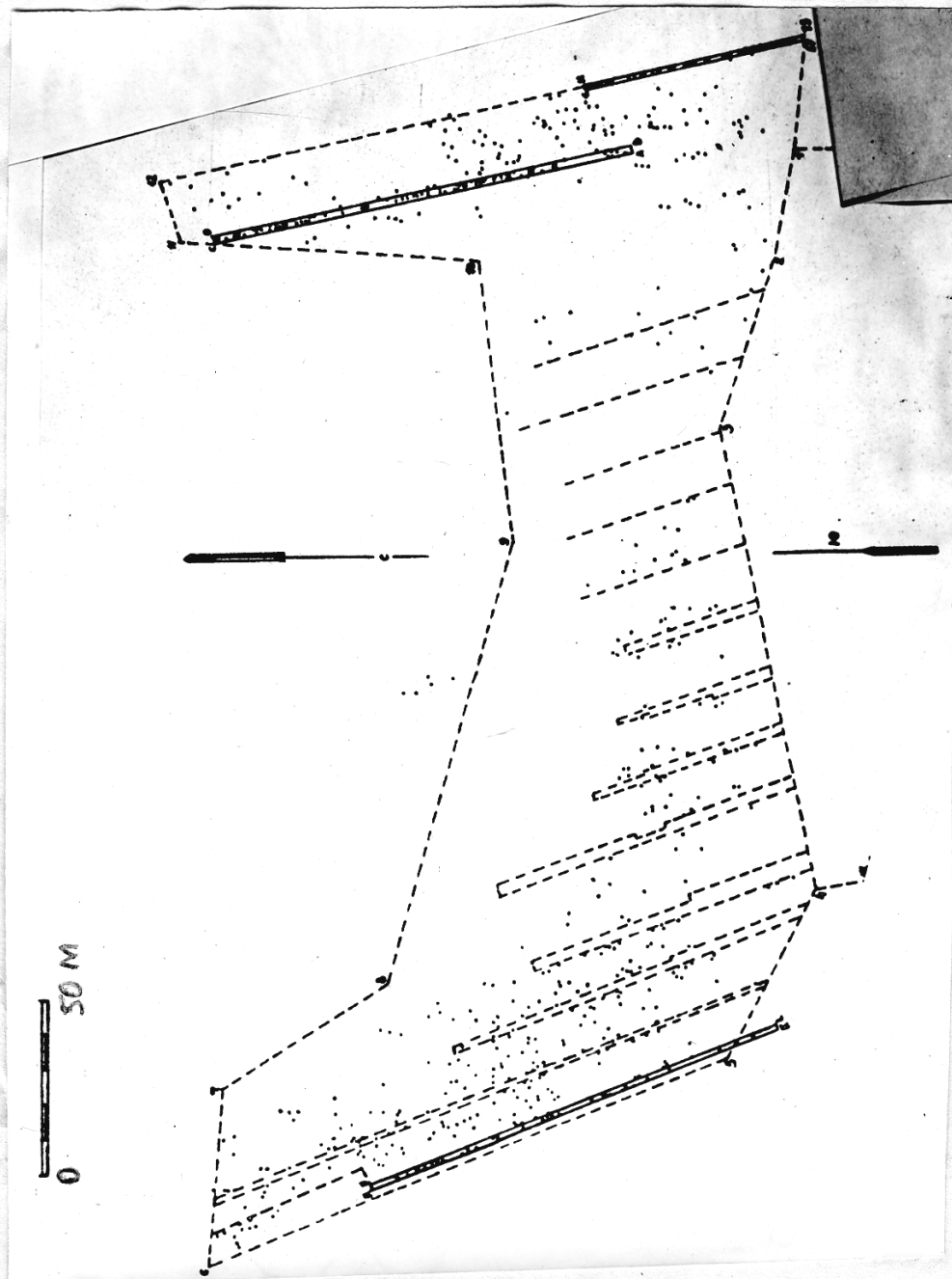


Рис. 2. Распределение сосновой древесины (на схеме отмечено точками) в исследуемой
площадке "Углекислотный лес".