

Авторский коллектив:

Т. А. Абрамова (МГУ), Т. Т. Битвинскас (ИБ АН Лит.ССР), Е. П. Борисенков (ГГО), Е. А. Ваганов (ИБФ СО АН СССР), В. И. Важов (ГНБС), А. Н. Варущенко (МГУ), С. И. Варущенко (МГУ), Т. В. Ващалова (МГУ), Л. Г. Высоцкая (ИБФ СО АН СССР), О. А. Дроздов (ЛГУ), Л. К. Ефимова (ГГО), А. Н. Золотокрылин (ИГАН), В. В. Иванов (ХГУ), А. Д. Канаева (ГГО), В. А. Климанов (ИГАН), П. В. Ковалев (ХГУ), А. П. Ковалев (ХГУ), Н. К. Кононова (ГИЗР), В. М. Котляков (ИГ АН СССР), А. Н. Кренке (ИГ АН СССР), В. Ф. Логинов (ГГО), М. Е. Ляхов (ИГАН), Ю. В. Мудров (МГУ), А. И. Оль (ГГО), В. М. Пасецкий (ГГО), В. Ф. Перов (МГУ), Л. Г. Полозова (ГГО), А. И. Попов (ХГУ), В. В. Попова (ИГАН), С. С. Савина (ИГАН), Б. И. Сазонов (ГГО), И. В. Сви́дская (ИБФ СО АН СССР), И. Б. Сейнова (МГУ), А. В. Ступнева (ИБ АН Лит. ССР), Н. В. Тулиль (МГУ), В. И. Турманина (МГУ), Н. А. Хотинский (ИГАН), А. Ф. Четвериков (ГГО), М. М. Чернавская (ИГАН), А. В. Шашкин (ИБФ СО АН СССР), Л. М. Шереметова (ГГО), А. В. Шнитников (ИО АН СССР).

Редколлегия:

Е. П. Борисенков, О. А. Дроздов, В. Ф. Логинов, Л. Г. Полозова

В монографии рассматриваются различные методы реконструкции климатов прошлого и их результаты. Исследуются особенности развития атмосферных процессов в период Европейского потепления (малый климатический оптимум), анализируются метеорологические экстремумы малого ледникового периода и современного потепления. Большое внимание уделено определению цикличности проявления особо опасных климатических экстремумов и их влиянию на экономику различных стран и государств.

Рассчитана на метеорологов, географов, историков и широкий круг читателей.

The monograph „Climatic Variations during the Last 1000 years“ considers different methods for reconstructing the past climates and their results. The distinctive features of atmospheric processes development during the European warming (Little Climate Optimum) are studied, the meteorological extremes of the Little Ice Age and the present warming are analyzed. Much thought is given to revealing the cyclicity of manifestation of particularly dangerous climatic extremes and their effect on the economies of different countries and states.

The monograph is intended for meteorologists, historians, geographers and wide circles of readers.

КАДМО ВІСІСІ
ЛІСТ ПАЛІСІ
BIBLIOTEKA
A 856731

К 1805040500-146 8-88(1)
069(02)-88

ISBN 5-286-00067-3

© Главная геофизическая обсерватория
им. А. И. Воейкова (ГГО), 1988

Предисловие

В книге представлены результаты работы Всесоюзного межведомственного семинара, организованного по инициативе Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова в 1979 г. Первый семинар состоялся в марте 1979 г. и был посвящен вопросам реконструкции климатических условий Европы за последнее тысячелетие. В семинаре приняли участие 50 специалистов из 18 научных организаций. Участники семинара отметили актуальность и своевременность его организации; в решении семинара констатирована необходимость продолжения и развития работ по реконструкции климатических условий прошлого на основании косвенных показателей климата.

В соответствии с решением первого семинара второй Всесоюзный семинар по инициативе проф. Г. К. Тушинского проходил в мае 1981 г. на Эльбрусской учебно-научной базе МГУ. Участвовало 55 специалистов из 17 научных учреждений. Семинар был посвящен всестороннему анализу, сопоставлению и обобщению косвенных показателей, характеризующих климат последнего тысячелетия, а также методическим вопросам. Семинар отметил успехи, достигнутые в исследовании климата прошлого за период с 1979 по 1981 г., что позволило поставить вопрос о создании коллективной монографии по истории климата за последнее тысячелетие.

Третий семинар, состоявшийся в октябре 1983 г., был посвящен обсуждению структуры монографии. Отмечалось, что при ее составлении необходимо сконцентрировать внимание на дальнейшем согласовании результатов исследований авторов монографии и создании каталогов (сводок) климатических экстремальных периодов.

Монография составлена на основании материалов, представленных участниками семинара. Авторы отдельных глав, разделов, введения и заключения указаны в оглавлении.

При подготовке рукописных материалов их предварительный отбор и редактирование выполнялись проф. А. В. Шнитниковым, проф. О. А. Дроздовым и д-ром геогр. наук В. Н. Адаменко. Их замечания и предложения были обсуждены с авторами во время работы третьего семинара и в дальнейшем учтены ими.

Определение структуры и окончательное редактирование отдельных глав выполнено проф. О. А. Дроздовым (глава 2), проф.

роклиматохронологии. В различных научных учреждениях страны для работ в этом направлении созданы исследовательские группы.

Методы дендроклиматологии основаны на преимущественной зависимости годового радиального прироста дерева от комплекса метеорологических факторов и прежде всего от количества тепла и влаги. Влияние комплекса факторов, представляющих собою целостную систему, может характеризоваться свойствами эмерджентности, т. е. свойствами, которые не присущи составляющим ее элементам, взятым в отдельности, а возникают только в результате воздействия всего комплекса факторов. Каждая древесная порода в определенных экологических условиях отражает также определенный комплекс влияющих на ее прирост факторов внешней среды. Известные трудности дендроклиматологического анализа, связанные с взаимным влиянием деревьев друг на друга и изменчивостью реакции в зависимости от возраста деревьев, частично или почти полностью исключаются при расчете относительных величин годовых индексов радиального прироста, а также массовостью изучаемого материала.

При изучении климатических изменений с помощью годовых колец деревьев можно выделить две группы задач. В первой дендрохронологические данные деревьев, растущих в настоящее время, сопоставляются с определенными метеорологическими, гидрологическими, астрофизическими параметрами и определяются теснота этих связей, а также ритмичность (цикличность) рассматриваемых явлений. Следует подчеркнуть, что годовые кольца деревьев можно рассматривать как комплексное выражение природной продуктивности в том или другом году, и поэтому не всегда нужно придавать исключительное значение зависимости между приростом деревьев и определенными климатическими параметрами. Цикличность прироста, как правило, проявляется ярче цикличности в рядах температуры воздуха или количества осадков, и поэтому практически значимую информацию годовые кольца деревьев дают не менее важную, чем длительные ряды определенных метеорологических параметров (различные комплексы природных факторов могут дать одинаковую продуктивность).

Другой комплекс задач возникает при изучении длительных рядов годовых колец. От них, как правило, ожидается подтверждение, что в прошлые века климатические колебания происходили аналогично современным (что очень важно при долгосрочном прогнозировании условий среды) или они существенно отличались от современных условий. Дендроданные дают также представление о климатических трендах и их продолжительности.

Сложность использования длительных рядов состоит в том, что, как правило, для их построения приходится использовать относительно небольшое число образцов древесины. Это влечет за собой меньшую достоверность данных, а также необходимость

использования перекрестной датировки, которая в определенных условиях может себя не оправдать и исказить действительность.

Проверка в данном случае правильности дендрохронологии предусматривает получение сходных по динамике рядов на независимом материале. Скажем, чтобы убедиться в правильности построения многовековой основной хронологии по ископаемой древесине, следует иметь не менее трех объектов, сходных по условиям местопроизрастания.

На международных симпозиумах, проходивших в Тасоне (США) в 1974 г., в Лондоне в 1977 г., в Ливерпуле в 1980 г. и на всесоюзных совещаниях в Архангельске в 1978 г., Вильнюсе в 1981 г. и в Иркутске в 1983 г., была отмечена важность широких глобальных дендроклиматологических исследований во времени и в пространстве. Современное положение дендроклиматологических исследований как у нас, в Советском Союзе, так и за рубежом позволяет думать об организации и накоплении данных для освещения изменений климатов Земли на больших пространствах. В глобальном масштабе это реально сделать для пояса 70—40° с. ш. за последние 300—500 лет, глубокие «зонды» во времени можно осуществить даже за несколько тысячелетий.

Проведение подобных исследований станет возможным при наличии единого научного центра в стране с достаточным финансовым обеспечением для руководства и планомерной работы многих коллективов, оснащенных современной измерительной аппаратурой и вычислительной техникой, в различных районах страны.

1.1.1. Анализ хронологических рядов годовых колец деревьев

В современных советских и зарубежных дендроклиматологических исследованиях используется обычно не сама по себе метрическая ширина годовых колец деревьев, а их относительные значения, т. е. индексы прироста. Подобный прием преследует цель нивелировать влияние возраста деревьев и их биологического развития в начальный период жизни при математической обработке дендрометрических данных.

Дуглас [100] рекомендует получать индексы годового прироста как отношение ширины годового кольца к ее значению, осредненному по всем кольцам среза дерева.

В. Е. Рудаков [70] предлагает использовать в расчетах модульные коэффициенты годового прироста, которые представляют отношение фактической ширины кольца к средней скользящей величине из непосредственно примыкающих колец за 12 лет.

Т. Т. Битвинскас [5] считает, что корректирование дендрометрического ряда биологической кривой годового прироста можно проводить интерполированием среднего прироста из равных промежутков ряда (например, 5-летних) и в расчетах использовать

индексы годичного прироста, представляющие собой отношение фактической ширины годичного кольца к ее интерполированному за период значению.

Е. М. Фильрозе [89] для тех же целей также рекомендует использовать индексы, но полученные из отношения фактического годичного прироста к норме прироста соответствующих лет, вычисленной для разных этапов жизни дерева по способу наименьших квадратов.

С. Г. Шиятов [94] предложил определять относительный прирост путем построения так называемого коридора, а индексы рассчитывать из отношения расстояния от минимальной (нижней) линии до точки, указывающей толщину кольца, к ширине всего коридора. Во всех случаях указанные соотношения годичного прироста можно записать так:

$$y = \frac{a}{b} \cdot 100. \quad (1.1)$$

где a и b — коэффициенты.

Несмотря на сложность интерпретации дендрометрических индексов, анализ материалов указывает на синхронность изменчивости радиального прироста деревьев с внешними условиями, особенно с тепло- и влагообеспеченностью территории.

Для решения вопроса, какой из методов лучше отвечает дендроклиматологическим целям, В. И. Вазов с помощью каждого метода вычислил индексы, характеризующие годичный прирост сосны крымской (*Pinus pallasiana* Lamb.), произрастающей на южном склоне главной гряды Крымских гор, вблизи г. Ялты в урочище Иссары, на высоте 300 м над ур. м. После этого с целью установления преимуществ какого-либо метода была проведена корреляция индексов годичного прироста, полученных разными методами, с суммами осадков за весь вегетационный период и за его отдельные части. Полученные при этом связи характеризуются коэффициентами корреляции, приведенными в табл. 1.1. Уровень значимости этих коэффициентов корреляции, полученных методами Рудакова, Битвиньскаса и Фильрозе, составляет $P=0,99$, а методом Дугласа за два периода (апрель — июнь и июль — октябрь) $P=0,95$, т. е. уровень значимости ниже.

Во всех случаях индексы годичного прироста, полученные методом Рудакова, имеют более тесную связь с количеством осадков за различные периоды по сравнению с другими методами.

Коррекция биологической кривой текущего годичного прироста методом расчета периодических скользящих величин, предложенным В. Е. Рудаковым, показывает, что корректирующая скользящая кривая более адекватна кривой фактического текущего годичного прироста деревьев, что и обеспечивает большую приемлемость для дендроклиматического анализа индексов годичного прироста, рассчитанных по этому способу.

Преимущество метода «относительных значений» годичного прироста, используемого при дендроклиматических исследованиях, состоит в том, что он позволяет привести в сравнимую форму данные, полученные для разновозрастных деревьев, произрастающих в однотипных или различных местообитаниях. При этом возникает одна трудность: какой период брать для скользящего осреднения. Разная его продолжительность дает разную корреляционную тесноту связи полученных индексов с метеозементами. Чаще всего период осреднения находится путем подбора, а то и просто волевым решением. В последние годы П. В. Ковалев сов-

Таблица 1.1

Коэффициенты корреляции индексов годичного прироста, полученных разными методами, с суммами осадков за вегетационный период

Период выпадения осадков	Метод				
	Дугласа	Рудакова	Битвиньскаса	Фальрозе	Шиятова
IV—X	0,52±0,11	0,62±0,09	0,59±0,09	0,52±0,11	0,54±0,12
IV—VI	0,36±0,12	0,61±0,09	0,47±0,11	0,42±0,12	0,53±0,13
VII—X	0,33±0,13	0,48±0,10	0,48±0,10	0,43±0,12	0,38±0,14

местно с А. П. Ковалевым, В. В. Ивановым и А. И. Поповым предложили математический способ расчета периода осреднения по методу наименьших квадратов путем сравнения дисперсии, найденной по разностям приростов, с дисперсией отклонений фактических приростов от соответствующих скользящих средних приростов. Нахождение относительных показателей производится по программе, составленной для ЭВМ М-222. В программу закладываются данные измерений ширины годичных колец по всем радиусам, по которым производились измерения, по ним вычисляется средняя ширина и средняя площадь, а затем относительные показатели прироста по ширине годичных колец и по их площади. Последнее, как правило, дает возможность определять метеорологические условия прошлого несколько точнее, чем предыдущими методами. Это может быть объяснено тем, что с увеличением диаметра одна и та же масса образующейся древесины откладывается на большую поверхность и, следовательно, за счет этого уменьшается толщина годичного кольца, а это не учитывается при расчете показателя прироста по ширине годичных колец.

Блок-схема алгоритма расчета показателей прироста дерева по радиусу и площади приведена на рис. 1.1. Блок Б—1. В этом блоке производится ввод значений приростов по разным направлениям измерений и определяются средние приросты дерева. Блок Б—2. Вычисляются простые скользящие средние с периодом скольжения 3,5, ..., 21 год. Определяются средние квадратические

отклонения скользящих средних от истинных наблюдений и среднее квадратическое отклонение истинных наблюдений. Блок Б—3. Из условия минимизации разности между средними квадратическими отклонениями находится период скольжения и его характеристики. Блок Б—4. По выбранному периоду скольжения для данной скользящей средней вычисляются индексы прироста (линейного). Результаты выводятся на печать. Блок Б—5. Средние приросты (линейные) преобразуются в средние приросты по площади с проверкой на окончание расчетов. Затем расчеты повторяются начиная с блока Б—2.

Полученные (предлагаемым методом или любым другим способом) показатели прироста могут быть использованы для рас-

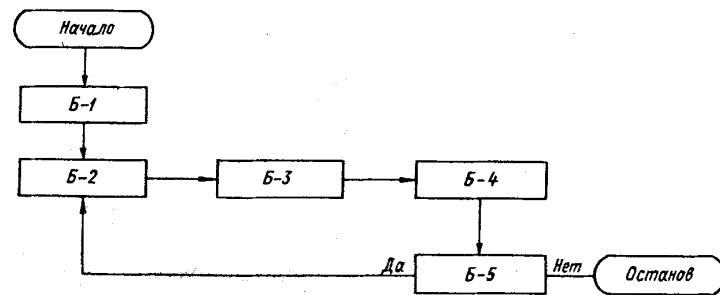


Рис. 1.1. Блок-схема алгоритма расчета индекса прироста годовых колец.

чета метеорологических условий прошлого. Между показателями прироста дерева и значениями метеорологических элементов на ЭВМ вычислялись линейные коэффициенты корреляции, которые обычно оказывались малыми (менее 0,5), что свидетельствует о слабой линейной связи между коррелируемыми рядами данных. Вычисленные на ЭВМ корреляционные отношения (η) тех же рядов данных показали тесную криволинейную связь между ними (см. табл. 1.3) с небольшой ошибкой (m) и высокими показателями достоверности (t), что свидетельствует о существовании между взятыми двумя рядами данных тесной криволинейной связи. Для расчета берутся лишь те метеорологические элементы, которые имеют тесную связь с показателями прироста.

Согласно известной теореме Вейерштрасса, любая криволинейная связь может быть аппроксимирована полиномом той или иной степени. Явное выражение связи второй, третьей и т. д. степеней мы находим на ЭВМ (рис. 1.2) по способу П. Л. Чебышева [57], используя формулы табл. 1.2. При этом кроме расчета коэффициентов полинома, программа позволяет выбирать степень полинома.

Повышение степени полинома прекращается, если в дальнейшем оно незначительно изменяет отношение критерия корреляционного уравнения к его основной ошибке (см. табл. 1.2). В основном получается связь в виде полиномов второй и третьей степени. Полученные формулы применяются для расчета значений метеорологических условий времени роста дерева по соответствующей программе. При этом иногда независимый фактор — показатель прироста дерева — выходит за пределы применимости формулы, поскольку она выведена только для ряда показателей прироста, соответствующего по времени имеющемуся ряду метео-

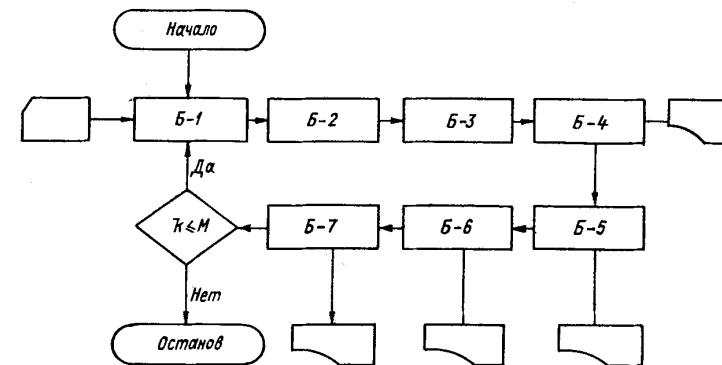


Рис. 1.2. Блок-схема алгоритма для определения степени полинома и его коэффициентов.

рологических наблюдений. За пределами ряда могут встретиться показатели прироста, которые больше и меньше максимальных и минимальных показателей прироста, использованных при составлении уравнения. Расчеты метеорологических условий по таким, не вошедшим в расчет уравнения, показателям прироста будут неточны, причем ошибки их определения увеличиваются с увеличением степени полинома.

Ниже приводится описание блок-схемы алгоритма для определения степени и коэффициентов аппроксимирующего полинома.

Блок Б—1. Вводятся исходные данные: N — число наблюдений, $x_1, x_2, \dots, x_N$ — значения независимой переменной (ранжированные по возрастанию), $y_1, y_2, \dots, y_N$ — значения зависимой переменной (ранжированные по x_i). Блок Б—2. Вычисляется корреляционное отношение между x и y . Блок Б—3. Вычисляются центральные моменты для переменной до 6-го порядка, а также смешанные моменты yx^i до 3-го порядка. По соответствующим формулам определяются величины $r_x^i, r_{yx}^i, a_1, a_2, a_3, b_1, b_2$, используемые

Таблица 1.2

Формулы, используемые при расчете метеорологических условий прошлого по годовичным кольцам деревьев [57]

Уравнение	Основная ошибка критерия	Критерий	Основная ошибка критерия	Отношение критерия к его основной ошибке
Линейное уравнение $y_1 = \bar{y} + r_{yx}^{(1)} \frac{\sigma_x}{\sigma_y} (x - \bar{x})$	$\sigma_{yx}^{(1)} = \sigma_y \sqrt{1 - r_{yx}^2}$	$\xi_1 = \eta_{yx}^2 - r_{yx}^2$	$\sigma_{\xi_1} = \sqrt{\frac{\xi_1}{n}}$	$\frac{\xi_1}{\sigma_{\xi_1}}$
Уравнение 2-го порядка $y_2 = y_1 + \sigma_y \frac{b_1}{a_1} \left[\left(\frac{x - \bar{x}}{\sigma_x} \right)^2 - r_x^{(3)} \left(\frac{x - \bar{x}}{\sigma_x} \right) - 1 \right]$	$\sigma_{yx}^{(2)} = \sigma_y \sqrt{1 - r_{yx}^2 - \frac{b_1^2}{a_1}}$	$\xi_2 = \xi_1 - \frac{b_1^2}{a_1}$	$\sigma_{\xi_2} = \sqrt{\frac{\xi_2}{n}}$	$\frac{\xi_2}{\sigma_{\xi_2}}$
Уравнение 3-го порядка $y_3 = y_2 + \sigma_y \frac{a_1 b_1}{a_2 a_3} x \left\{ \left(\frac{x - \bar{x}}{\sigma_x} \right)^3 - r_x^{(4)} \left(\frac{x - \bar{x}}{\sigma_x} \right) - r_x^{(3)} - \frac{a_2}{a_1} \times \right. \\ \left. \times \left[\left(\frac{x - \bar{x}}{\sigma_x} \right)^2 - r_x^{(3)} \left(\frac{x - \bar{x}}{\sigma_x} \right) - 1 \right] \right\}$	$\sigma_{yx}^{(3)} = \sigma_y \sqrt{1 - r_{yx}^2 - \frac{b_1^2}{a_1} - \frac{1}{a_1} \frac{a_1 b_1}{a_2 a_3} \left \frac{a_1 b_1}{a_2 a_3} \right }$	$\xi_3 = \xi_2 - \frac{1}{a_1} \frac{a_1 b_1}{a_2 a_3} \left \frac{a_1 b_1}{a_2 a_3} \right $	$\sigma_{\xi_3} = \sqrt{\frac{\xi_3}{n}}$	$\frac{\xi_3}{\sigma_{\xi_3}}$

для определения коэффициентов полиномов (см. табл. 1.2). Блок Б—4. Печатаются характеристики для рядов наблюдений x , y , σ_x , σ_y , моменты и другие. Блок Б—5 определяет коэффициенты линейной аппроксимирующей функции и ее характеристики. Результаты выводятся на печать. Блок Б—6. Определяет коэффициенты полинома второй степени, используя полученные в блоке Б—5 результаты, и его характеристики. Результаты выводятся на печать. Блок Б—7. Определяет коэффициенты полинома третьей степени и его характеристики, используя результаты, полученные в блоке Б—6. Результаты печатаются.

Программа может рассчитывать несколько вариантов. Поэтому после блока Б—7 производится проверка на окончание числа рассчитываемых вариантов и возможно или повторение, начиная с блока Б—1, или остановка.

В качестве примера данные программы использованы для расчета сумм положительных температур (T) по метеостанции Теберда на Кавказе по показателям (индексам) прироста сосны (I) для валидации, т. е. контроля соответствия расчетных данных с фактическими. В результате расчетов на ЭВМ была получена такая формула связи (кубическое уравнение):

$$T = 2692,16 - 22,99I + 0,382I^2 - 0,001722I^3. \quad (1.2)$$

По этому уравнению были рассчитаны трендовые значения положительных температур за период с 1674 по 1961 г. (см. приложение 1). Рассчитанные суммы положительных температур и фактические за период метеорологических наблюдений на станции приведены в приложении 2. Как видно из таблицы, среднее расхождение между фактическими и расчетными данными не превосходит 141 °С, т. е. не больше 6—7 % средней суммы положительных температур. Следует заметить, что расчеты сумм положительных температур по годовым приростам сосны-3 в основном отражают тенденции имеющегося ряда фактических наблюдений: сумма T_{ϕ} за период 1926—1943 гг. (18 лет) равна 46 088 °С, а за период 1944—1963 гг. (18 лет) — 42 603 °С, что явно показывает тенденцию к снижению сумм положительных температур. Сумма T_p за те же периоды равна 44 408 и 44 252 °С соответственно, что также указывает на имеющуюся тенденцию к снижению сумм положительных температур*.

В настоящее время дискуссионным является вопрос о числе модельных деревьев, необходимых для обоснованного вывода о метеорологических условиях прошлого. Одни ученые (см., например, [6]) считают необходимым исследование осредненных

* Из этого примера и материалов расчета сумм положительных температур (приложение 1) видно, что величины T_p значительно нивелированы и разности сумм температур за два 18-летия составляют $T_{\phi} = 3475$ °С и $T_p = 156$ °С, что свидетельствует о большом занижении расчетных сумм температур по сравнению с фактическими. — Прим. ред.

годовых приростов многих деревьев, другие [44, 70] полагают, что следует брать отдельные деревья, являющиеся хорошими метеорологическими индикаторами.

Рассмотренные выше материалы Ковалева с сотрудниками, так же как и данные других исследователей, показывают, что прирост деревьев, растущих даже в непосредственной близости друг от друга, по-разному отражает влияние метеорологических условий. Это свидетельствует о значительном колебании связи между показателями годовых приростов деревьев и метеорологическими данными за совпадающие сроки (табл. 1.3), а также о значительных различиях, получаемых при сравнении рассчитанных по показателям прироста метеорологических условий прошлого с фактическими данными.

Таблица 1.3

Показатели связи прироста деревьев из Домбая (Кавказ) с метеорологическими данными

Дерево	Показатель тесноты связи	T	$y_{гид}$	$y_{л}$	$y_{з}$	$\bar{t}$	$y_{г}$
Пихта-1	η	0,73	0,73	0,85	0,76	0,80	0,70
	m	0,12	0,12	0,09	0,11	0,10	0,12
	t	6,3	6,1	9,6	6,8	7,8	5,7
Пихта-3	η	0,94	0,87	0,73	0,90	0,93	0,78
	m	0,06	0,09	0,12	0,07	0,07	0,11
	t	16,2	10,1	6,3	12,0	14,2	7,3
Пихта-4	η	0,73	0,61	0,56	0,65	0,68	0,58
	m	0,11	0,12	0,13	0,12	0,11	0,13
	t	6,8	5,0	4,3	5,5	6,0	4,6
Сосна-3	η	0,86	0,88	0,78	0,88	0,92	0,83
	m	0,09	0,08	0,11	0,08	0,07	0,09
	t	9,8	10,7	7,3	10,8	14,0	8,7

Примечание. T — сумма положительных температур, $y_{гид}$ — осадки за гидрологический год, $y_{л}$ — осадки за летний период, $y_{з}$ — осадки за зимний период, $\bar{t}$ — средняя годовая температура, $y_{г}$ — годовое количество осадков, η — корреляционное отношение, m — ошибка корреляционного отношения, t — показатель достоверности (статистика Стьюдента).

Как видно из табл. 1.3, использование для дендроклиматического анализа показателей осредняемого прироста деревьев приводит к ухудшению индикационных возможностей приростов по сравнению с показателями прироста отдельных деревьев — хороших индикаторов, что, по мнению Ковалева с сотрудниками, убедительно решает вопрос в пользу применения в дендроклиматологии отдельных модельных деревьев*. Но используемые для

* Этот вывод нельзя считать бесспорным, поскольку при выборе отдельного дерева — хорошего индикатора метеорологических условий — не исключены случайности и ошибки, так же как и при построении шкалы для данного района

дендроклиматических исследований деревья должны быть сверены с имеющейся для этого района дендрохронологической шкалой или (если шкалы нет) с другими деревьями из данного района на предмет возможного обнаружения ложных и выпадающих годовичных колец.

1.1.2. Одномерные и многомерные методы математической статистики, используемые в дендроклиматологии

Анализ результатов дендроклиматических исследований в разных регионах земного шара свидетельствует о чрезвычайной сложности процесса прироста: значительной доле региональных и локальных составляющих в общей изменчивости и неустойчивости характерных особенностей во времени. Наряду с региональными элементами изменчивости обнаружены и глобальные тенденции в вариациях ширины колец, например синхронное снижение прироста во многих районах земного шара (на верхней границе леса) в период маундеровского минимума солнечной активности, глобального похолодания климата на рубеже XVII и XVIII вв. [110, 111] или синхронное увеличение прироста сосны в эпоху максимума солнечной активности в вековом цикле по всему географическому профилю Мурманск — Карпаты [7]. Синхронность наблюдается не только в тенденциях, но и в изменении амплитуд квазиритмов прироста в разных районах. Отмечена синхронность изменения вековых и сверхвековых квазиритмов Уральского и Полярного профилей [95]. Все это позволяет предположить наличие глобальной (на биосферном уровне) составляющей процесса прироста сосны в отдельные временные периоды, когда фактор среды, определяющий эту глобальную тенденцию, достигает экстремальных значений.

Анализ процессов прироста на уровне элементарных составляющих — квазиритмов — позволяет выделить наиболее часто встречающиеся ритмы прироста: 10—12, 14—18, 20—25, 30—40, 70—90 и 200—300 лет. Отмечается увеличение периода квазиритма с юга на север [78, 95], а также при увеличении увлажненности почвы [6, 28]. Принимая во внимание многоуровневую структуру биологической организации (биосфера — биоценоз — вид — организм — орган — клетка — ген), порождающую в свою очередь целый спектр биологических ритмов (автоколебаний), являющихся

по отдельным модельным деревьям. Не известно, что будет являться критерием «хорошего индикатора», если несколько отобранных деревьев дадут различные результаты. Осреднение годовых приростов, хотя и снижает несколько индикационные возможности деревьев, но дает более надежные результаты. По-видимому, категорические рекомендации здесь неуместны. В каждом конкретном случае задача должна решаться, исходя из имеющихся возможностей: использование массового материала для регионального хронологического ряда или отдельных деревьев там, где других вариантов нет. — Прим. ред.