С. Г. ШИЯТОВ

ДЕНДРОХРОНОЛОГИЯ верхней границы леса на УРАЛЕ

· НАУКА ·

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
УРАЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
Институт экологии растений
и животных

С. Г. ШИЯТОВ

ДЕНДРОХРОНОЛОГИЯ верхней границы леса на УРАЛЕ

Ответственный редактор
доктор биологических наук
П.Л. ГОРЧАКОВСКИЙ

МОСКВА
"НАУКА"
1986

УДК 630* 561.24:58.056

Шиятов С.Г. **Дендрохронология верхней границы леса на Урале.** – М.: Наука, 1986.

Изложены результаты многолетних исследований климатически обусловленных колебаний радиального прироста древесины у хвойных видов (лиственницы сибирской и сосны обыкновенной), произрастающих на верхнем пределе своего существования в различных природных провинциях Урала. Всего было построено и проанализировано 30 обобщенных и 8 генерализированных дендрохронологических рядов длительностью от 198 до 1010 лет. Подробно излагается методика исследований, в том числе новые методические разработки автора. Дан фоновый прогноз климатически обусловленных колебаний радиального прироста деревьев до 2010 г.

Для дендрохронологов, экологов, лесоведов, геоботаников, биогеографов и климатологов.

Табл. 12, ил. 30, библиогр. 220 назв.

Рецензенты:

В.Н. Данилик, Л.Ф. Семериков

Степан Григорьевич Шиятов

ДЕНДРОХРОНОЛОГИЯ ВЕРХНЕЙ ГРАНИЦЫ ЛЕСА НА УРАЛЕ

Утверждено к печати Институтом экологии растений и животных
Уральского научного центра Академии наук СССР

Редактор издательства *Е.К. Исаев.* Художник *Э.А. Дорохова*
Художественный редактор *И.Ю. Нестерова.* Технический редактор *Н.М. Бурова*
Корректор *З.Д. Алексеева*

Набор выполнен в издательстве на наборно-печатающих автоматах

ИБ № 31356

Подписано к печати 17.12.85. Т–14998. Формат 60x90 1/16. Бумага офсетная № 1
Гарнитура Пресс-Роман. Печать офсетная. Усл.печ.л. 8,5. Усл.кр.-отт. 8,8
Уч.-изд.л. 11,2. Тираж 850 экз. Тип. зак. 1161. Цена 1 р. 70 к.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство "Наука"
117864 ГСП-7, Москва В-485, Профсоюзная ул., д. 90

Ордена Трудового Красного Знамени 1-я типография издательства "Наука"
199034, Ленинград В-34, 9-я линия, 12

Ш $\frac{2004000000-032}{042(02)-86}$ 265-86-I

©Издательство "Наука", 1986 г.

ВВЕДЕНИЕ

Дендрохронологические методы в настоящее время широко используются для датировки и реконструкции многих природных явлений и процессов, которые оказывают существенное влияние на функционирование, продуктивность и динамику лесных экосистем. Достоинствами этих методов являются высокая разрешающая способность (датировка событий производится с точностью до года и даже сезона), возможность получения длительных (сотни и тысячи лет) и однородных рядов наблюдений. Широкому использованию дендрохронологических методов способствует также то обстоятельство, что древесные растения произрастают почти повсеместно в пределах зон умеренного и холодного климата, т.е. в районах, где выражена смена сезонов года и у деревьев формируются хорошо различимые годичные слои прироста.

Наиболее перспективны для дендрохронологических исследований те древесные растения, которые произрастают в неблагоприятных климатических и почвенно-грунтовых условиях и где четко проявляется действие лимитирующих факторов (верхние, полярные, южные и нижние пределы лесов, переходные зоны между массивами лесов и болот, между лесопокрытой территорией и водной поверхностью). Древесно-кольцевые серии, полученные с таких деревьев, обладают высокой чувствительностью и хорошо синхронизируются друг с другом. По ним наиболее легко и надежно производится реконструкция внешних факторов, которые оказывают наибольшее влияние на погодичную и многолетнюю изменчивость прироста древесных растений. Такими факторами в большинстве случаев являются климатические (температура воздуха, осадки, заморозки, продолжительность вегетационного периода).

В течение 1960–1975 гг. нами производился сбор образцов древесины и построение дендрохронологических рядов по хвойным видам древесных растений, произрастающих на верхнем пределе их распространения в различных природных провинциях Урала (Полярный, Приполярный, Северный и Южный Урал). Эти ряды использовались для реконструкции климатических условий прошлого и выявления периодов, благоприятных и неблагоприятных для произрастания древесной растительности в связи с изучением динамики верхней границы леса (Шиятов, 1962, 1965, 1970а, 1974, 1979, 1981; Полозова, Шиятов, 1979). В пределах отдельных провинций Уральской горной страны были выбраны наиболее типичные участки высокогорий, где хорошо выражен подгольцовый пояс. На Полярном Урале исследования проводились на массиве Рай-Из, в горах Черной, Яр-Кеу, Сланцевой и прилегающих к ним с востока невысоких сопках Малого Урала (в пределах зоны лесотундры), на Приполярном Урале – в районе горы Нерой-

ки и хребта Саленера (подзона северной тайги), на Северном Урале – в Кытлымском горном массиве (подзона средней тайги), на Южном Урале – на хребте Большой Таганай и массиве Иремель (зона лесостепи).

В пределеах Уральского высокогорного профиля, протяженность которого составила 1600 км (от верховьев р. Соби на севере до массива Иремель на юге), было получено 30 обобщенных и 8 генерализированных дендрохронологических рядов по лиственнице сибирской, ели сибирской и сосне обыкновенной. Анализ этих рядов представляет интерес во многих отношениях. На их основе можно выявлять закономерности погодичной и многолетней изменчивости климатически обусловленной доли прироста деревьев. Такие данные необходимы при оценке продуктивности лесных сообществ, изучении смен лесной растительности и динамики верхней границы леса. Дендрохронологические ряды представляют большую ценность для реконструкции климата далекого прошлого и изучения закономерностей его изменения, поскольку их длительность намного превышает длительность рядов инструментальных метеорологических наблюдений. Полученные дендрохронологические ряды могут быть с успехом использованы для точной датировки и выявления частоты повторяемости таких катастрофических явлений в горах, как лавины, сели, пожары, буреломы, а также для датировки исторических деревянных памятников и полуископаемой древесины.

Целью настоящей работы являлось изучение закономерностей климатически обусловленных колебаний радиального прироста хвойных древесных растений в высокогорьях Урала. Основные задачи исследования:

1. Выявить виды древесных растений, типы условий местообитания пригодные для проведения дендрохронологических исследований.

2. Изучить погодичную и многолетнюю изменчивость индексов прироста.

3. Установить, какие климатические факторы определяют изменчивость радиального прироста деревьев, и произвести реконструкцию изменений климата за последние несколько сотен лет.

4. Выявить возможность сверхдолгосрочного прогноза климатически обусловленных колебаний прироста древесных растений.

Уральский хребет в силу своего значительного меридионального простирания представляет собой уникальный район для решения поставленных задач. Во-первых, можно произвести сравнительный анализ изменений прироста древесных растений, произрастающих на верхнем пределе своего существования в различных широтных ботанико-географических зонах (от зоны лесотундры на севере до зоны лесостепи на юге). Во-вторых, верхнюю границу леса в различных природных провинциях Урала практически образуют одни и те же виды хвойных – лиственница сибирская и ель сибирская. Поэтому из рассмотрения исключается такой важный фактор, как различия в эколого-биологических свойствах объектов исследования. В-третьих, в высокогорьях можно легко подобрать контрастные типы условий местообитания (от сухих до заболоченных) и сравнить в них характер изменчивости радиального прироста. В-четвертых, лесная растительность в высокогорных районах Урала еще слабо нарушена хозяйственной деятельностью человека, в связи с чем здесь легче можно выявить природные закономерности в колебаниях радиального прироста деревьев. В-пятых, сбор полевых материалов и их камеральная обработка проводились по единым методикам, что также облегчает сравнительный анализ.

ГЛАВА I

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ И ОБЪЕМ ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ

Поскольку нас в первую очередь интересовали климатически обусловленные колебания прироста, то для проведения дендрохронологического анализа отбирались лишь такие модельные деревья, на прирост которых неклиматические факторы оказывали бы возможно меньшее влияние. Чтобы свести к минимуму влияние фитоценотических факторов, брались в основном одиночно стоящие деревья, а также деревья, росшие в рединах и редколесьях (рис. 1). Особое внимание обращалось на то, чтобы участки, на которых брались модельные деревья, не были пройдены пожаром в течение жизни хотя бы одного поколения деревьев. Это условие выполнялось без особых затруднений, так как в подгольцовом поясе всегда можно найти негоревшие участки. В горах Урала вблизи верхней границы леса древостои еще слабо нарушены хозяйственной деятельностью человека, и исключить влияние этого фактора не представляло особых трудностей. Кроме того, модельные деревья не брались на участках, где происходили существенные изменения почвенно-грунтовых условий в результате заболачивания, термокарста, меандрирования русла реки.

Для построения дендрохронологических рядов использовались лишь хвойные виды: лиственница сибирская (Larix sibirica Ledeb.), ель сибирская (Picea obovata Ledeb.), сосна обыкновенная (Pinus sylvestris L.). Хвойные наиболее пригодны для проведения дендрохронологического анализа, поскольку они наиболее долговечны, имеют хорошо различимые годичные кольца, а их прирост очень чувствителен к изменению внешних условий.

Лиственница сибирская и ель сибирская (рис. 2), являясь доминантами древесного яруса в подгольцовых мелколесьях, произрастают почти повсюду в пределах Уральского хребта и в различных типах условий местообитания. Это дает уникальную возможность сопоставить динамику прироста у одних и тех же видов на обширной территории.

Модельные деревья сосны обыкновенной брались лишь на Северном и Южном Урале, где она заходит в пределы подгольцового пояса. Для построения дендрохронологических рядов модельные деревья брались в следующих типах условий местообитания: сухих, свежих, проточно и обильно увлажненных, заболоченных и долинных курумах. В пределах таких типов местообитания выделяются группы ассоциаций или группы типов леса. Наш опыт работы в высокогорьях Урала показал, что ряды, полученные для близких ассоциаций, практически не отличаются друг от друга.

Сухие местообитания приурочены к вершинам сопок, водоразделам и крутым склонам (более 15–20°) (рис. 3). Увлажнение грунтов происхо-

Рис. 1. Лиственничные редколесья на восточном склоне Полярного Урала (массив Рай-Из)

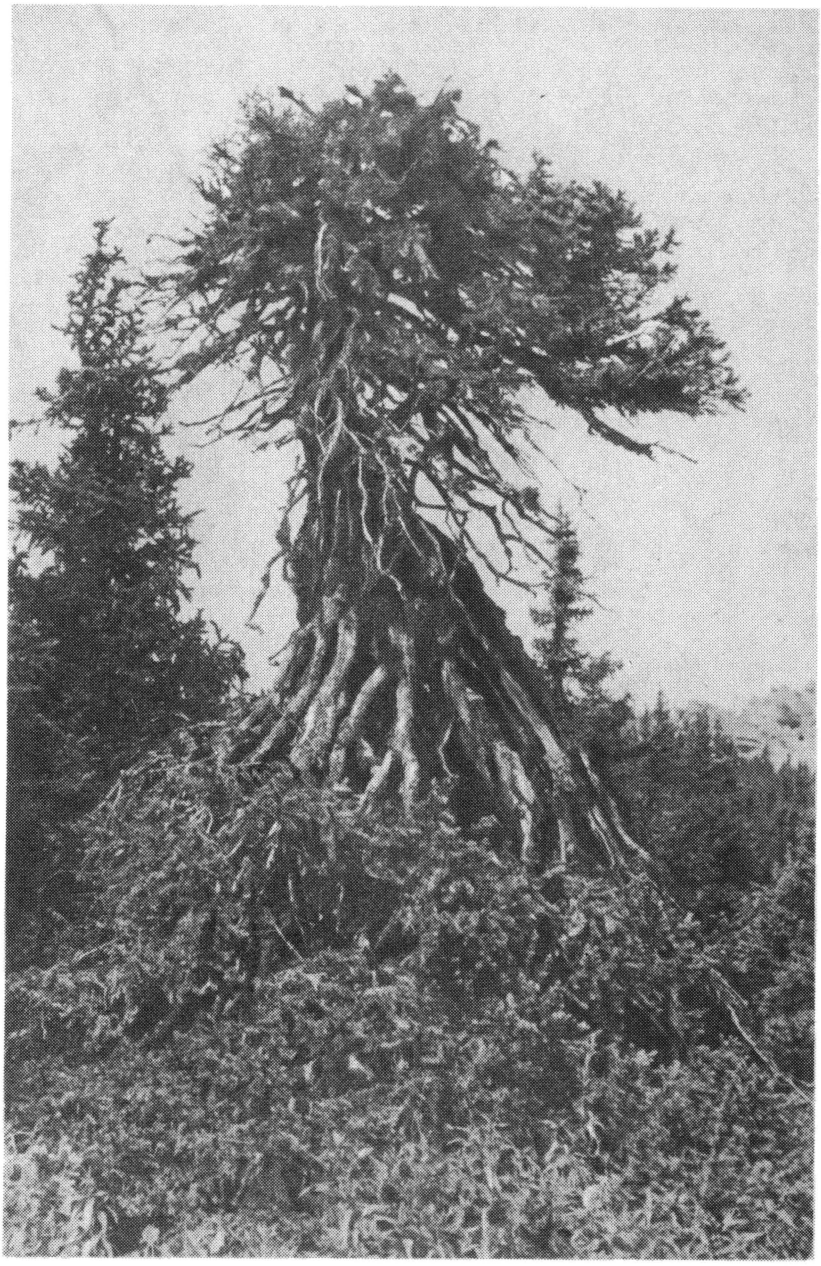


Рис. 2. 300-летняя ель сибирская вблизи верхней границы леса на горе Большой Иремель

Р и с. 3. Восточный склон горы Неройки (Приполярный Урал)

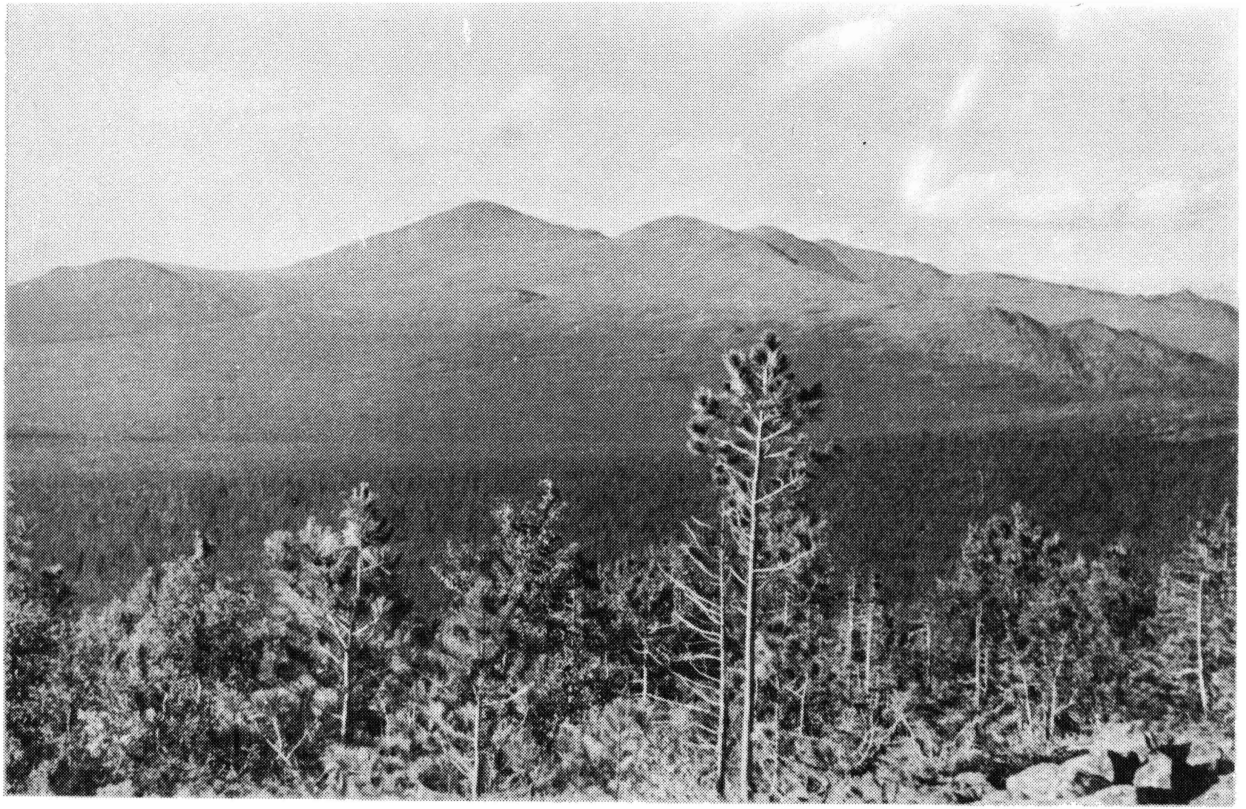


Рис. 4. Общий вид Тылайско-Конжаковско-Серебрянского хребта (Северный Урал)

дит в основном за счет атмосферных осадков. В засушливые периоды растения могут испытывать недостаток почвенной влаги. Здесь произрастают лишайниковые, мохово-лишайниковые и кустарничковые редколесья и криволесья из лиственницы сибирской и ели сибирской. Сомкнутость крон древесного яруса небольшая (не более 0,4–0,5), но в горах Южного Урала на сухих местообитаниях часто формируются труднопроходимые сомкнутые еловые криволесья.

Свежие местообитания расположены в средних и нижних частях пологих склонов, а также в неглубоких ложбинах на склонах различной экспозиции (рис. 4). Преобладают склоны крутизной 5–10(15)°. Весной и во время обильных дождей грунты бывают переувлажнены, так как через такие участки проходит поверхностный и внутрипочвенный сток воды. Растения не испытывают недостатка в почвенной влаге в течение почти всего вегетационного периода. На свежих местообитаниях произрастают зеленомошные лиственнично-еловые леса, редколесья и криволесья, часто с примесью березы извилистой. Иногда встречаются довольно сомкнутые елово-березовые древостои (сомкнутость крон до 0,5–0,8), особенно на Северном и Южном Урале.

Проточно и обильно увлажненные местообитания приурочены к берегам ручьев и ложбинам стока. Поскольку сток воды в горах часто происходит по всей поверхности пологих и слабо рассеченных склонов, то такие местообитания занимают большие площади в пределах подгольцового пояса. Для них характерно проточное и обильное увлажнение грунтов в течение всего вегетационного периода. Здесь произрастают разнотравные и высокотравные парковые леса, редколесья и редины из ели и лиственницы. Береза извилистая на таких местообитаниях часто образует довольно сомкнутые криволесья.

Заболоченные местообитания встречаются редко, в основном на Полярном и Приполярном Урале, где имеется довольно много пологих склонов и террас. Увлажнение грунтов избыточное и застойное. Здесь произрастают осоково-гипновые и сфагновые редины. Древесный ярус представлен отдельно стоящими и очень угнетенными деревьями лиственницы сибирской и ели сибирской.

Долинные курумы, или "каменные реки", встречены нами только на Южном Урале и представляют собой хаотическое нагромождение крупнообломочного материала из кварцитов и кварцитовых песчаников в пределах подгольцового и верхней части горно-лесного поясов (рис. 5). Они занимают пологие (до 10–15°) ложбины стока и тянутся у подножий склонов иногда на несколько километров в виде лент шириной до 100–200 м. Стекающая с гор вода не может пробить себе русло среди многотонных каменных глыб и поэтому течет между камнями в пределах всей ширины курума. Во время таяния снега и выпадения обильных дождей в ложбинах стока скапливается большое количество воды, которая смывает образующийся здесь мелкозем. Поэтому почвенный покров здесь отсутствует. Лишь в отдельных местах, в основном по периферии курумов, имеются небольшие пятна мелкозема между камнями, на которых поселяется сосна, ель и лиственница. Деревья растут одиночно или в виде небольших куртин и имеют очень угнетенный вид в связи с очень скудным минеральным питанием, резкими колебаниями влажности и температуры грунта. Высота

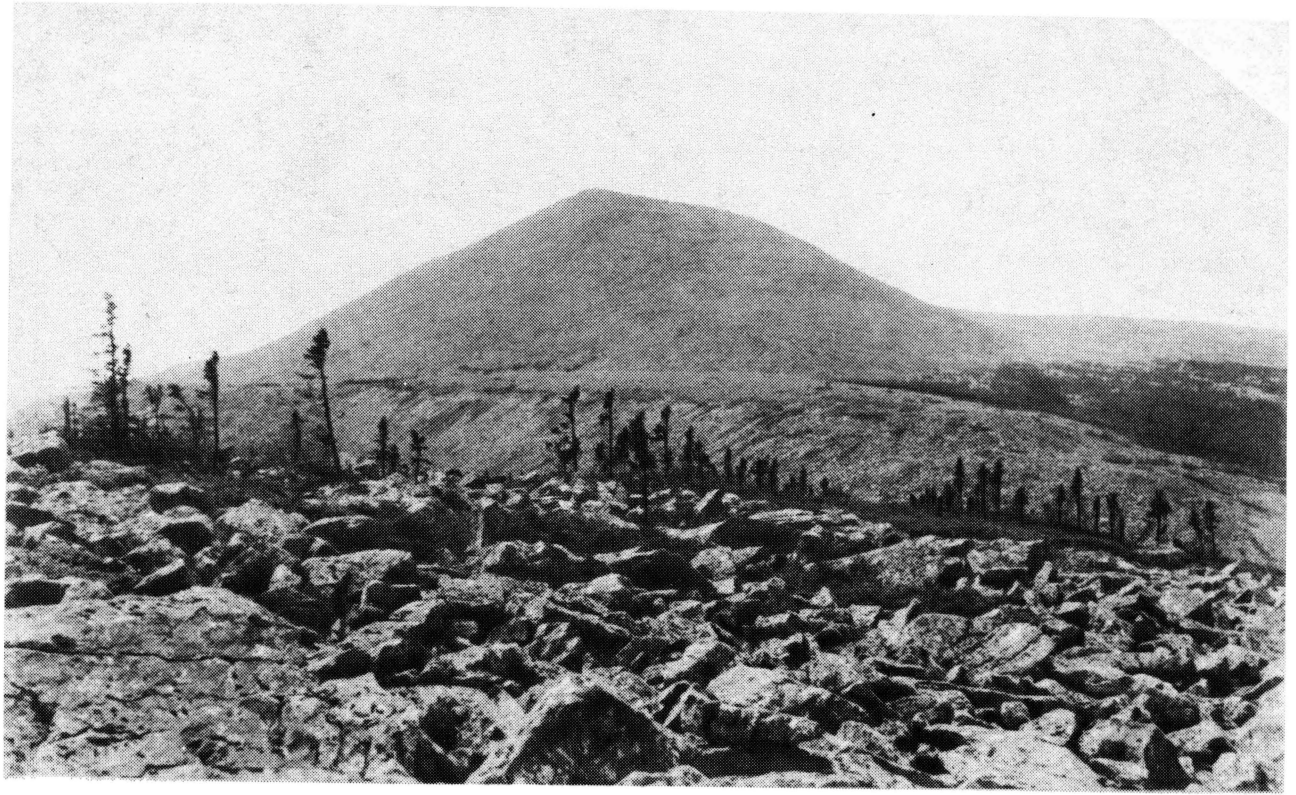


Рис. 5. Вершина горы Большой Иремель (Южный Урал)

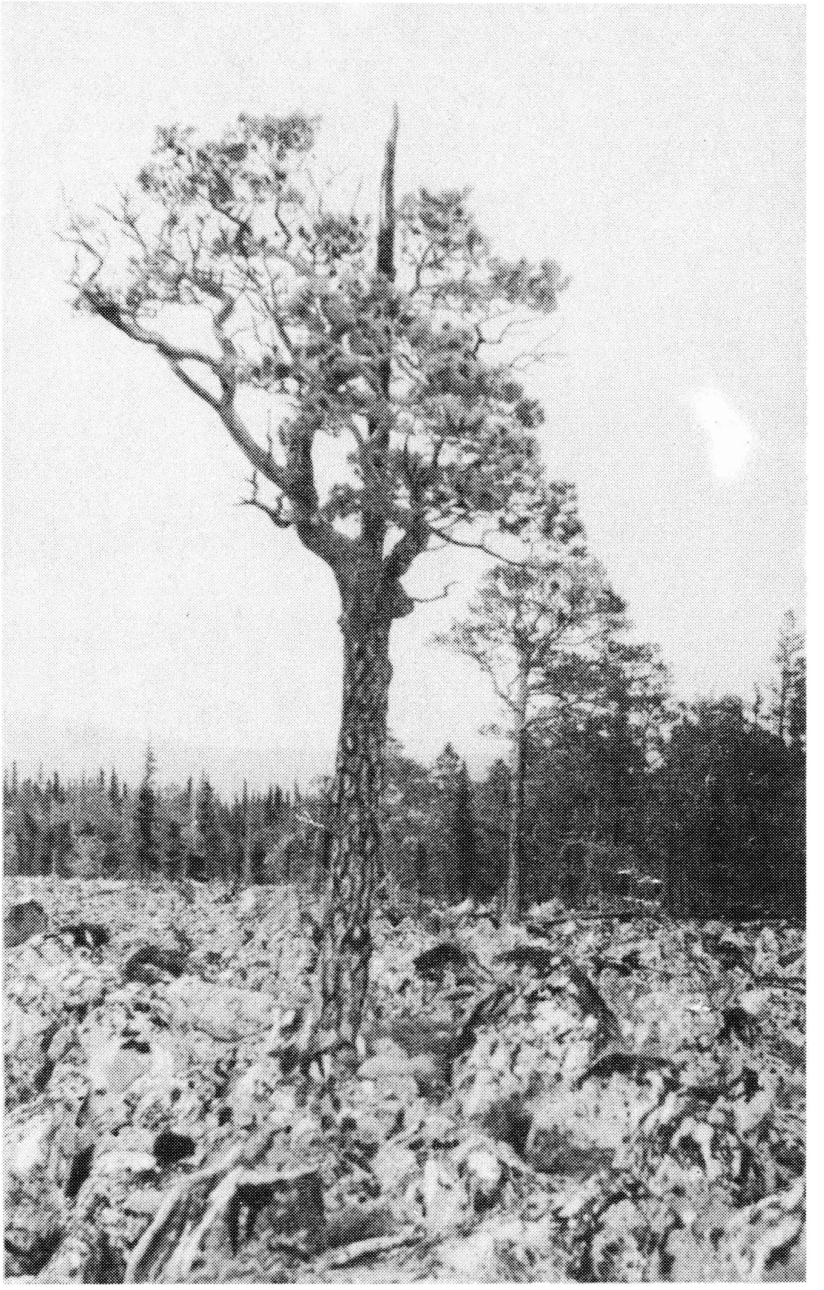


Рис. 6. 500–600-летние одиночные сосны, произрастающие на долинных курумах (Южный Урал, массив Иремель, верховье р. Тыгын)

деревьев не превышает 10–13 м, но зато они имеют очень большой возраст. Многие сосны достигают 400–500 лет, а некоторые из них еще более старые (рис. 6). На хребте Большой Таганай долинные курумы встречаются у подножия горы Малый Таганай, а на массиве Иремель – в верхнем течении р. Тыгын.

Модельные деревья для дендрохронологического анализа брались как на пробных площадях, так и маршрутным способом. Большинство моделей было отобрано маршрутным способом, так как только в этом случае можно найти необходимое количество старых и удовлетворяющих всем перечисленным условиям деревьев. Кроме того, взятие моделей на разных участках в какой-то степени нивелирует различия в приросте, обусловленные особенностями микроклимата того или другого участка. Модели брались в основном в верхней части подгольцового пояса. Лишь на Южном Урале, в типе условий местообитания "долинные курумы", модели брались в пределах верхней части горно-лесного пояса.

Для изучения радиального годичного прироста брались поперечные спилы и буровые образцы. Последние высверливались при помощи шведского возрастного бура по случайно взятому радиусу. При отборе моделей предпочтение отдавалось наиболее старым, стволовой формы роста и прямостоящим деревьям. Образцы древесины брались на высоте от 0,2 до 1,3 м в зависимости от выраженности прикорневых реек. Для каждого типа условий местообитания делалось обобщенное геоботаническое описание и, кроме того, проводилось измерение основных параметров каждого модельного дерева (форма роста, жизненность, фитоценотическое положение, форма и размер кроны, семеношение, высота и диаметр ствола, вид и количество взятых образцов древесины).

Для построения каждого дендрохронологического ряда по ныне живущим деревьям в большинстве случаев использовалось от 10 до 25 моделей. Лишь некоторые ряды были обеспечены небольшим количеством модельных деревьев (4–8 шт.). Годичный радиальный прирост был изучен у 448 шт. живых деревьев, в том числе на Полярном Урале у 59 шт., на Приполярном Урале у 68 шт., на Северном Урале у 143 шт. и на Южном Урале у 178 шт. Общее количество использованных моделей лиственницы сибирской и ели сибирской оказалось одинаковым (по 189 шт.), сосновых моделей было взято 70 шт. (табл. 1).

В связи с тем, что в районах наших исследований древесные растения живут не дольше 300–500 лет, то для построения длительных дендрохронологических рядов необходимо использовать древесину, которая была давно срублена или усохла на корню и сохранилась до наших дней. Большое количество древесины, отмершей 200–800 лет назад и сохранившейся на дневной поверхности до настоящего времени в виде стоящих и поваленных остатков стволов и корней, имеется в районе верхней границы леса на Полярном Урале (рис. 7). Древесина лиственницы сибирской сохранилась здесь благодаря сочетанию ряда условий, неблагоприятных для ее разложения (сильная смолистость, слабый контакт вывороченных пней с почвой, низкая активность дереворазрушающих грибов, краткость вегетационного периода и низкие температуры воздуха и почвы). С этой древесины было взято 23 спила, и дендрохронологический ряд по лиственнице был продлен до 960 года (ряд 1–4а). В других природных провинциях Урала давно

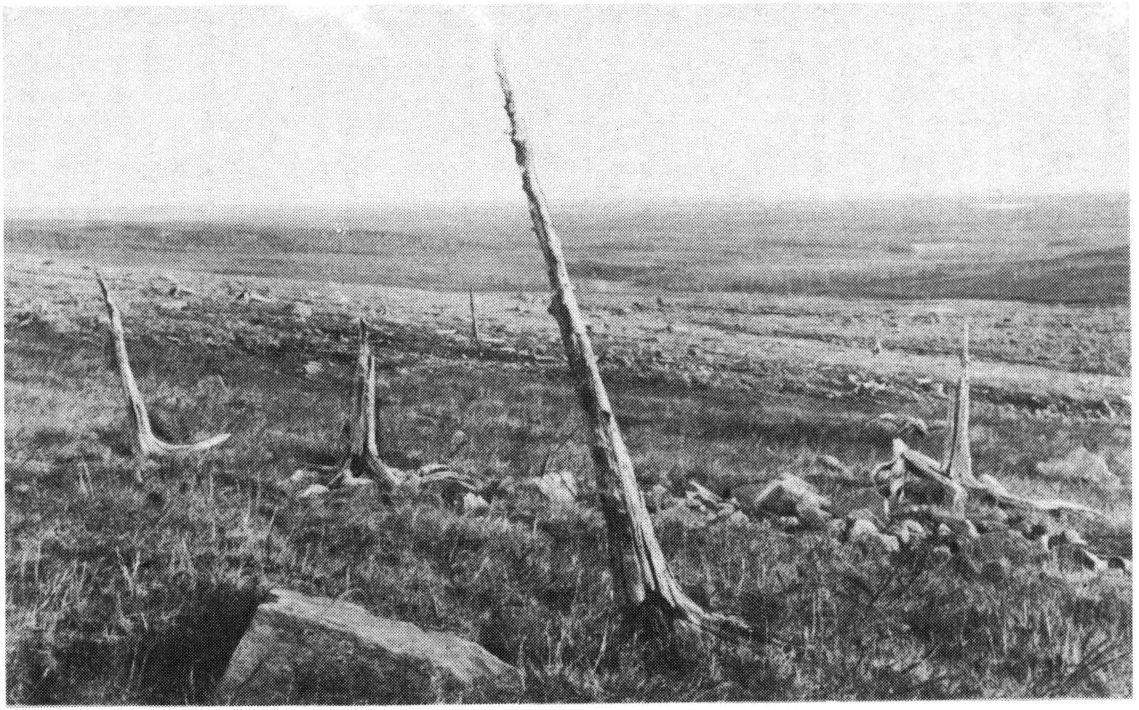


Рис. 7. Отмершие деревья лиственницы сибирской на восточном склоне массива Рай-Из (Полярный Урал) . Древесная растительность произрастала здесь во время раннесредневекового потепления климата (IX–XIII вв.). В это время верхняя граница леса редколесий поднималась выше в горы на 100–120 м по вертикали по сравнению с ее современным положением

отмершая древесина не использовалась для продления рядов в глубь веков.

Измерение ширины годичных колец производилось при помощи микроскопа МБС-2 с точностью 0,025 мм, а у моделей с очень узкими годичными кольцами – с точностью 0,015 мм. На спилах измерения проводились по двум противоположным радиусам. У моделей, с которых брались буровые образцы древесины, годичные кольца измерялись по одному радиусу.

Затем для каждого радиуса в арифметической шкале строился график изменения ширины колец, по которым осуществлялась окончательная датировка колец (относительная и абсолютная) при помощи метода перекрестной датировки (Douglass, 1919). В основе этого метода лежит исторически неповторимая изменчивость ширины годичных колец от года к году, связанная с влиянием общих и внешних лимитирующих факторов (в основном климатических). Метод перекрестной датировки позволяет определить пары колец, образовавшихся в один и тот же календарный год у разных деревьев, а также выявить выпавшие и ложные годичные кольца. При помощи метода перекрестной датировки производится относительная и абсолютная датировка колец не только у ныне живущих деревьев, но также и у деревьев, которые были срублены или отмерли в далеком прошлом.

При датировке древесины основную трудность представляло выявление очень узких (1–3 слоя клеток) и выпавших годичных колец. Чаще всего выпадало одно и лишь иногда 2–3 кольца подряд. Количество очень узких и выпавших колец составляло обычно не более 1–2% от их общего количества. Однако встречались модельные деревья, у которых количество таких колец доходило до 5–10%. В целом датировка годичных колец производилась без особых затруднений, так как модельные деревья, произрастающие на климатическом пределе своего существования, имеют высокочувствительные и синхронные кольцевые серии.

Абсолютная датировка годичных колец давно отмершей древесины лиственницы сибирской была осуществлена при помощи рядов, построенных по ныне живущим деревьям. Образцы этой древесины были сначала сдатированы относительно друг друга. Был получен "плавающий ряд" длительностью 782 года, который затем был перекрестно сдатирован с рядом, построенным по ныне живущим деревьям. Промежуток перекрытия между этими рядами оказался равным 201 году (с 1541 по 1741 гг.). В результате осуществления перекрестной датировки между современной и древней древесиной длительность рядов увеличилась в два раза.

Для построения всех дендрохронологических рядов (30 шт.) было измерено и обработано 91 817 шт. годичных колец. По видам древесных растений количество измеренных колец оказалось следующим: у лиственницы сибирской – 41 204 шт., у ели сибирской – 31 381 шт., у сосны обыкновенной – 19 232 шт. (табл. 1).

На величину годичного радиального прироста древесных растений оказывает влияние большое количество внутренних и внешних факторов. К первой группе относятся факторы, связанные с генетическими, физиологическими и возрастными особенностями организмов, с периодичностью семеношения, а ко второй группе – такие факторы, как климати-

Таблица 1. **Краткая характеристика дендрохронологических рядов (Виды древесных растений: Л – лиственница сибирская, Е – ель сибирская, С – сосна обыкновенная; древесина: Ж – живых деревьев, О – отмерших деревьев; типы условий местообитания: П – проточно и обильно увлажненные, Св – свежие, Сх – сухие, З – заболоченные, Д – долинные, курумы, В – все типы)**

Район сбора образцов древесины и его зональное положение	Номер ряда	Высота над уровнем моря, м	Вид древесного растения и древесины
Восточный склон Полярного Урала,	1	150–300	Л (Ж)
бассейн р. Соби (66°45′ – 66° 55′ с.ш.,	2	”	”
65° 15′ – 66° 05′ в.д.), Тюменская	3	”	”
область, зона лесотундры	4	”	”
	1–4	”	”
	1–4а	150–380	Л (Ж + О)
	5	150–300	Е (Ж)
Восточный склон Приполярного Урала,	6	550–700	Л (Ж)
гора Неройка (64° 30′ – 64° 55′ с.ш.,	7	”	”
59° 40′ – 60° 15′ в.д.), Тюменская	8	”	”
область, подзона северной тайги	6–8	”	”
	9	”	Е (Ж)
	10	”	”
	9–10	”	”
Северный Урал, Кытлымский массив	11	800–950	Л (Ж)
(59° 30′ – 59° 40′ с.ш.,	12	”	”
59° 00′ – 59° 20′ в.д.), Свердловская	13	”	”
область, подзона средней тайги	11–13	”	”
	14	”	Е (Ж)
	15	”	”
	16	”	”
	14–16	”	”
	17	680–700	С (Ж)
Южный Урал, хребет Таганай	18	900–1100	Е (Ж)
(55° 13′ — 55° 24′ с ш.,	19	”	”
59° 40′ – 60° 00′ в.д.), Челябинская	20	”	”
область, зона лесостепи	18–20	”	”
	21	600–650	”
	22	”	С (Ж)
	23	800–850	”
Южный Урал, массив Иремель,	24	1150–1300	Е (Ж)
(54° 30′ – 54° 35′ с.ш.,	25	”	”
58° 45′ – 58° 55′ в.д.),	26	”	”
Башкирская АССР, зона лесостепи	24–26	”	”
	27	900–1000	”
	28	”	Л (Ж)
	29	1000–1100	”
	30	900–1000	С (Ж)

Тип условий местообитания	Число		Длительность ряда	
	моделей, шт.	годичных колец, шт.	годы	лет
П	21	4901	1541–1968	428
З	8	1548	1594–1969	376
Сх	9	1683	1648–1964	317
Св	10	2120	1648–1964	317
В	48	10 252	1541–1969	429
В	71	14 662	960 –1969	1010
П	11	2089	1637–1969	333
Св	14	3157	1673–1970	298
Сх	18	3474	1683–1970	288
П	20	3790	1691–1969	279
В	52	10 421	1673–1970	298
П	12	1599	1681–1969	289
Св	4	789	1710–1969	260
В	16	2388	1681–1969	289
П	25	5069	1590–1969	380
Св	23	3975	1598–1969	372
Сх	22	4025	1599–1969	371
В	70	13 069	1590–1969	380
Св	23	4106	1676–1969	294
П	20	2580	1769–1969	201
Сх	19	2389	1772–1969	198
В	62	9075	1676–1969	294
Св	11	2824	1557–1969	413
Сх	16	2475	1735–1970	236
П	14	2002	1750–1970	221
Св	16	2390	1764–1970	207
В	45	6867	1735–1970	236
Д	10	2899	1564–1970	407
Д	19	6896	1488–1970	483
Сх	18	2503	1731–1970	240
Сх	5	923	1699–1973	275
П	14	2123	1709–1972	264
Св	15	2544	1720–1972	253
В	34	5590	1699–1973	275
Д	11	2473	1648–1973	326
Д	8	1503	1670–1973	304
П	11	1549	1770–1972	203
Д	22	6909	1469–1973	505

ческие, почвенно-грунтовые, фитоценотические, катастрофические, антропогенные и т.д.

При проведении дендроклиматических исследований основной задачей является выявление роли внешних и общих для данной популяции деревьев лимитирующих факторов. Другими словами, из рассмотрения необходимо исключить влияние таких факторов, как почвенно-грунтовые, фитоценотические, катастрофические, антропогенные и др., а также таких, как биологические особенности вида и возраст древесного растения. Это осуществляется при помощи тщательного отбора модельных деревьев и использования специальных методов обработки полученных данных.

Для выявления климатически обусловленной доли прироста исходные данные преобразуются в относительные величины при помощи особого приема, который называется стандартизацией. Суть его заключается в том, что графическим или аналитическим способом находится средняя динамическая норма прироста (или возрастная кривая), а затем вычисляются относительные величины (индексы прироста) путем деления абсолютной величины прироста за каждый год на среднюю норму прироста за тот же год. В связи с тем, что у полученных таким образом новых временных рядов исключена возрастная кривая, а также различия в величине годичного прироста, связанные с условиями местообитания, индексы прироста имеют примерно одинаковое среднее значение и примерно одинаковую вариабельность в пределах отдельных временных интервалов (Matalas, 1962).

Существует довольно большое количество способов (графических, аналитических) для определения возрастной кривой прироста, каждый из которых обладает определенными достоинствами и недостатками. Выбор того или другого способа зависит от задачи, поставленной перед исследователем, от района работ и от изучаемого вида древесного растения. Наиболее распространенными способами являются скользящее осреднение (Ording, 1941; Ruden, 1945; Рудаков, 1951, 1980), уравнение экспоненциальной функции и полиномиальная регрессия (Fritts, 1976). Довольно часто используется способ, при котором возрастная кривая вычисляется не для каждой модели отдельно, а для всей совокупности взятых моделей (Erlandsson; 1936; Битвинскас, 1965, а, б; 1974; Комин, 1970а).

Основным недостатком предложенных способов расчета индексов прироста деревьев является то, что они не позволяют выявлять длительные (вековые и сверхвековые) климатически обусловленные колебания прироста деревьев. Выявление последних важно для понимания хода многих важных природных процессов. В связи с этим на первом этапе исследований для этих целей нам пришлось использовать ряды абсолютных приростов, на основе которых можно произвести лишь качественную реконструкцию долговременных колебаний климата (Шиятов, 1962, 1965). Впоследствии нами был разработан способ, который дает возможность выявлять долговременные колебания и у стандартизированных серий прироста (Шиятов, 1970б, 1972).

Но прежде чем излагать суть предложенного способа, необходимо сначала рассмотреть некоторые особенности роста древесных растений, произрастающих на климатическом пределе своего существования.

Анализ хода радиального прироста у большого количества модельных

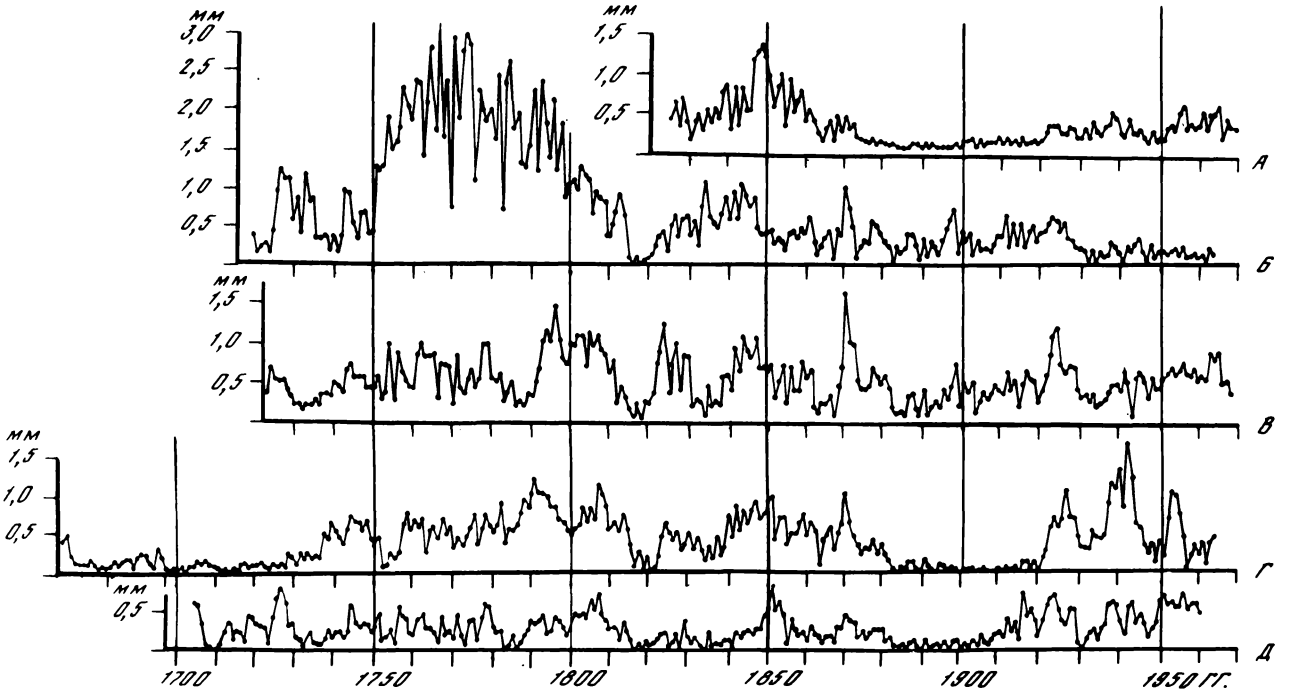


Рис. 8. Наиболее типичные случаи выраженности кривой "большого периода роста" у деревьев, произрастающих на верхнем климатическом пределе их распространения.

А, Б, В, Г и *Д* – кривые изменения ширины годичных колец у различных модельных деревьев

деревьев, произрастающих на верхнем пределе их существования, показал, что у них не наблюдается такого четко выраженного изменения ширины годичных колец с возрастом, какой мы видим у деревьев, растущих в благоприятных условиях. На рис. 8 приведены наиболее типичные случаи выраженности возрастной кривой у лиственницы сибирской, растущей на климатическом пределе своего существования. Так, например, у лиственницы, произрастающей на заболоченном местообитании (*А*), возрастная кривая прослеживается довольно четко. Максимум прироста у нее наблюдался через 25–30 лет после образования центрового кольца. Затем последовало быстрое снижение величины прироста до минимальных величин (вплоть до выпадения колец в основании ствола), а затем некоторое его увеличение в течение последних 50 лет. У следующей модели (*Б*) изменение ширины годичных колец с возрастом прослеживается лучше, но максимальный прирост наступил несколько позднее (через 50–60 лет после формирования центрового кольца). У модели *В* уже не видно четкого изменения величины прироста с возрастом. Видно лишь, что максимальные величины прироста были в тот период, когда дерево находилось в средневозрастной стадии (примерно между 100–170 годами). На следующем графике (*Г*) показан довольно часто встречающийся случай, когда лиственница продуцирует наиболее широкие кольца в 300-летнем возрасте. т.е. в самом конце своей жизни. Визуально здесь уже не прослеживается влияние возраста на изменение величины прироста. Ширина годичных колец у таких деревьев зависит в основном от колебаний внешних (главным образом климатических) условий. Наконец, на самом нижнем графике (*Д*) мы видим, что у этой лиственницы с возрастом не изменяются ни максимальная величина прироста, ни размах его колебаний от года к году. Такой характер изменения ширины годичных колец характерен для очень угнетенных деревьев, особенно для тех, которые испытывали сильное угнетение на начальных этапах онтогенеза. Дополнительные примеры, показывающие выраженность возрастной кривой у изученных моделей, приведены на рис. 9 (1А, 2А, 3А).

Слабая выраженность, а то и отсутствие кривой большого периода роста наблюдается у тех деревьев, которые произрастают в пессимальных условиях (фитоценотических, почвенно-грунтовых, климатических и др.). Это свидетельствует о том, что у таких деревьев величина годичного прироста в большей степени лимитируется внешними, а не внутренними факторами, что генетически обусловленные потенции роста реализуются лишь частично. Возрастная кривая лучше всего прослеживается у тех деревьев, которые произрастают в наиболее благоприятных почвенно-грунтовых условиях – вдоль берегов ручьев и рек, на склонах южных экспозиций, на почвах легкого механического состава. На переувлажненных, сильно ветрообдуваемых и очень сухих местообитаниях кривая большого периода роста проявляется слабее. Выраженность возрастной кривой зависит также и от вида древесного растения: у ели сибирской она проявляется лучше, чем у лиственницы сибирской. Кроме того, степень выраженности этой кривой зависит от того, в каких условиях (благоприятных или неблагоприятных) росло и развивалось дерево на начальных этапах онтогенеза. Так, например, у лиственницы, выросшей на заболоченном местообитании (рис. 8 *А*), кривая большого периода роста проявилась потому, что дерево появилось, а затем и росло несколько десятков лет в течение сравнительно теплого

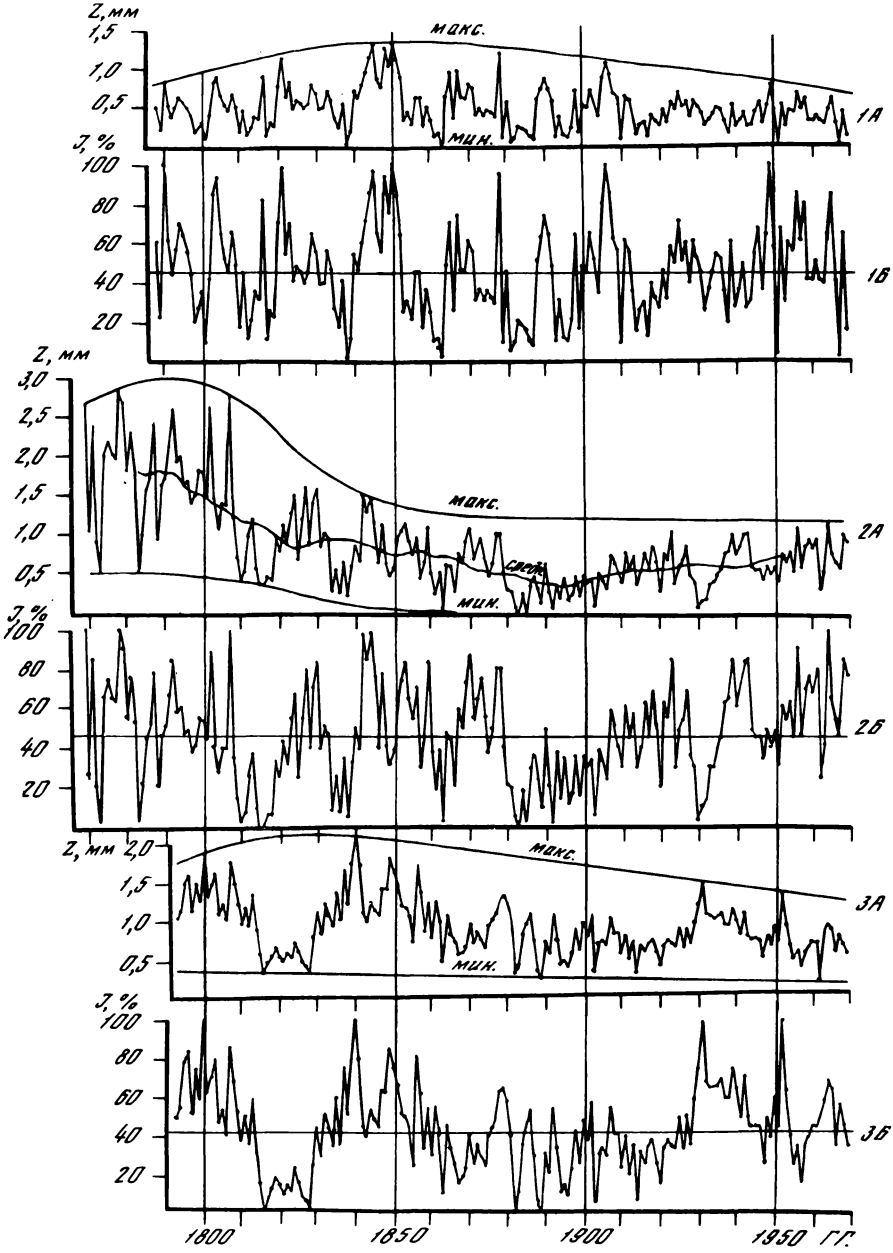


Рис. 9. Кривые максимально и минимально возможного прироста, проведенные для расчета индексов прироста по способу коридора (1А, 2А и 3А –абсолютные значения прироста тех же моделей)

климатического периода (середина XIX в), в то время как у лиственницы, выросшей на более благоприятном местообитании (рис. 8 *Д*), возрастная кривая совершенно не прослеживается, поскольку это дерево появилось и завершило первые этапы онтогенеза в период похолодания климата конца XVII – начала XVIII вв.

Отмеченная нами (Шиятов 1962, 1965, 1967) слабая выраженность возрастной кривой у деревьев, произрастающих на верхней границе леса, впоследствии была подтверждена для других районов (Кнорре, Ловелиус, Норин, 1971; Мухамедшин, Сартбаев, 1972).

Другой интересной особенностью возрастной кривой у деревьев, растущих в пессимальных условиях, является гораздо более позднее наступление возрастного максимума прироста по сравнению с деревьями, растущими в оптимальных условиях. Он чаще всего наступает в возрасте 50–120 лет, а то и позднее, в то время как в благоприятных условиях – в возрасте до 20–40 лет. Об изменении характера возрастной кривой в зависимости от ряда внутренних и внешних факторов писал автор теории циклического старения и омоложения растений Н.П. Кренке (1940). Он, в частности, отмечал, что в некоторых случаях возрастную кривую можно не обнаружить.

Анализ графиков изменения ширины годичных колец также показал, что у деревьев, которые испытали угнетение в течение своей жизни, возрастная тенденция прироста лучше прослеживается в том случае, когда мы соединим плавной линией наиболее высокие максимумы или наиболее глубокие минимумы прироста, а не тогда, когда мы вычислим среднюю динамическую норму прироста. Это, например, хорошо видно из графика 2А, приведенного на рис. 9. Средняя норма прироста, вычисленная при помощи 31-летней средней скользящей, имеет волнообразный вид, следуя за длительными повышениями и понижениями прироста, которые обусловлены как влиянием возраста, так и внешних факторов. Линии, соединяющие экстремальные величины прироста, можно провести плавно, не принимая во внимание подъемы и спады прироста невозрастного происхождения.

Линию, которая соединяет наиболее высокие максимумы, мы назвали **кривой максимально возможного прироста** (или максимальной кривой), а линию, которая соединяет наиболее глубокие минимумы, – **кривой минимально возможного прироста** (или минимальной кривой). Эти кривые показаны на графиках 1А, 2А, 3А (рис. 9).

Возрастные тенденции изменения прироста деревьев наиболее полно выражены у максимальной кривой, поскольку в благоприятные годы величина прироста резко возрастает (так называемый компенсационный рост), приближаясь к абсолютному максимуму, свойственному данному индивидууму, данному виду, данному возрасту и данным условиям местообитания. Как видно из графиков изменения ширины годичных колец (рис. 8 и 9), даже в периоды длительных (вековых) снижений прироста в отдельные годы формируются очень широкие кольца.

Совсем другую картину мы видим, когда анализируем минимальную кривую. Здесь четко фиксируется абсолютный минимум прироста – это выпавшее годичное кольцо. В течение тех периодов жизни дерева, когда минимальные значения прироста незначительны (доли мм), минимальная кривая сливается с осью абсцисс, как это видно из рис. 9 (график 2А).

Возрастная тенденция прироста у этой кривой прослеживается лишь в пределах тех периодов жизни дерева, когда ширина годичных колец превышала 0,2–0,3 мм и когда вероятность появления выпадающих колец незначительна. У большинства деревьев, произрастающих на климатическом пределе своего существования, минимальную кривую провести обычно не удается из-за незначительного прироста и слабой выраженности возрастной тенденции. В этом случае роль минимальной кривой выполняет роль абсцисс (см. рис. 9, график 1А).

При нанесении на график кривых минимально и максимально возможного прироста образуется полоса (или коридор), в пределах которой расположены точки, показывающие изменение ширины годичных колец в отдельные годы. Как видно из рис. 9, ширина коридора закономерно изменяется с возрастом дерева и своей максимальной величины достигает в период наиболее интенсивного прироста. Таким образом, возрастные изменения прироста проявляются не только через максимальную и минимальную кривые, но и через ширину коридора, который показывает диапазон реакции прироста дерева на колебания внешних факторов.

Отмеченные особенности роста деревьев на верхней границе леса необходимо учитывать при оценке степени благоприятности местообитаний для роста и развития деревьев, интенсивности действия лимитирующих факторов, при отборе моделей для дендрохронологического анализа, при разработке способов вычисления индексов прироста и т.д. В частности, отбрасывание центровых годичных колец, образовавшихся до момента наступления возрастного максимума, практикуемое многими дендрохронологами при определении средней нормы прироста (Битвинскас, 1974; Fritts, 1976), не подходит для наших условий, так как максимальный прирост наступает поздно и пришлось бы выбрасывать значительное количество колец, которые содержат самую древнюю и тем самым очень ценную информацию. Точно так же для таких деревьев малопригодны способы нахождения средней нормы прироста и вычисления индексов прироста, используемые для деревьев с хорошо выраженной возрастной кривой.

С учетом отмеченных выше особенностей прироста древесных растений, произрастающих на климатическом пределе своего произрастания, нами разработан способ расчета индексов прироста, отличающийся от общепринятого тем, что в качестве возрастной кривой используется не средняя динамическая норма прироста, а кривые максимально и минимально возможного прироста. При расчете индексов прироста во внимание принимается пространственное положение точек в пределах коридора. Для упрощения расчетов ширина коридора принимается равной 100%, но можно 200%. В этом случае индексы прироста изменяются в пределах от 0 до 100%. Другими словами, точкам, лежащим на минимальной кривой, дается значение индекса, равное 0%, а точкам, лежащим на максимальной кривой, – 100%. Расположенные между этими кривыми точки имеют значения индексов от 1 до 99%.

Вычисление индексов прироста производится по следующей формуле:

$$I = \frac{l_{\text{fact}} - l_{\min}}{l_{\max} - l_{\min}} \cdot 100,$$

где I – индекс прироста, l_{fact} – ширина годичного кольца, $l_{\min}$ – расстоя-

ние между осью абсцисс и минимальной кривой, l_{max} – расстояние между осью абсцисс и максимальной кривой.

Этот способ расчета индексов прироста является графическим, поскольку положение кривых максимально и минимально возможного прироста, а также расстояние от оси абсцисс до этих кривых определяется на графике. Способ является эмпирическим, так как кривые проводятся на основе фактических данных. Положение точки в пределах коридора ($l_{fact}-l_{min}$) соотносится с шириной коридора в том же году ($l_{max}-l_{min}$). В связи с этим предложенный способ расчета можно назвать "способом коридора". Примеры расчета индексов прироста при помощи этого способа у трех модельных деревьев приведены на рис. 9.

Достоинствами способа коридора являются:

1. Наглядность и возможность проверки правильности отбора моделей.

2. Можно выявлять не только кратковременные (внутривековые), но и длительные (вековые, сверхвековые) климатически обусловленные колебания прироста.

3. В рядах индексов прироста отсутствует неоднородность, связанная с изменением темпов прироста в течение жизни дерева, поскольку индексы изменяются в строго ограниченном диапазоне (от 0 до 100%) независимо от того, был прирост высоким или низким. В случае же расчета индексов прироста на основе средней нормы прироста такая неоднородность возникает, так как при высоких значениях средней нормы прироста дисперсия рассчитанных на ее основе относительных величин снижается, а при низких значениях, наоборот, увеличивается.

4. Длительность исходного временного ряда не сокращается.

5. Не требуется проведения сложных расчетов при проведении кривых и вычислении индексов прироста.

Недостатками этого способа являются:

1. Некоторая неопределенность и субъективизм при построении кривых максимально и минимально возможного прироста. Однако роль этих факторов можно свести к минимуму, если для построения обобщенного ряда будет использовано достаточное количество моделей.

2. Необходим внимательный просмотр образцов древесины на предмет выявления особо широких годичных колец, состоящих из креневой, тяговой и раневой древесины.

Техника проведения максимальной и минимальной кривых и вычисления индексов прироста при помощи способа коридора такова. Сначала строится график изменения ширины годичных колец для каждого модельного дерева. Затем при помощи лекала и линейки проводится максимальная кривая по наиболее высоким максимумам прироста и минимальная кривая – по наиболее глубоким минимумам, как это показано на рис. 9. При этом кривые не должны быть волнообразными, а образуемый ими коридор не должен иметь перетяжек. Обе кривые проводятся с учетом имеющихся представлений о закономерностях изменения прироста с возрастом, т.е. прирост сначала увеличивается, достигает своего максимума, а затем снижается до конца жизни дерева. Такие кривые легче всего проводить на графиках, полученных со старых моделей, так как у них возрастная кривая прослеживается более отчетливо.

При проведении максимальной кривой не следует принимать во внима-

ние максимумы прироста, образованные креневой (для хвойных), тяговой (для лиственных) и раневой древесиной. Если такие кольца имеются и их ширина выходит за пределы коридора, то индексы для них можно не вычислять или же давать максимальную величину (100%). Годичные кольца, образованные креневой, тяговой или раневой древесиной, хорошо распознаются по анатомическим признакам при их рассмотрении под микроскопом (Раздорский, 1949; Яценко-Хмелевский, 1954). Такие кольца целесообразно выявлять во время их измерения, делая соответствующие пометки в ведомости замеров.

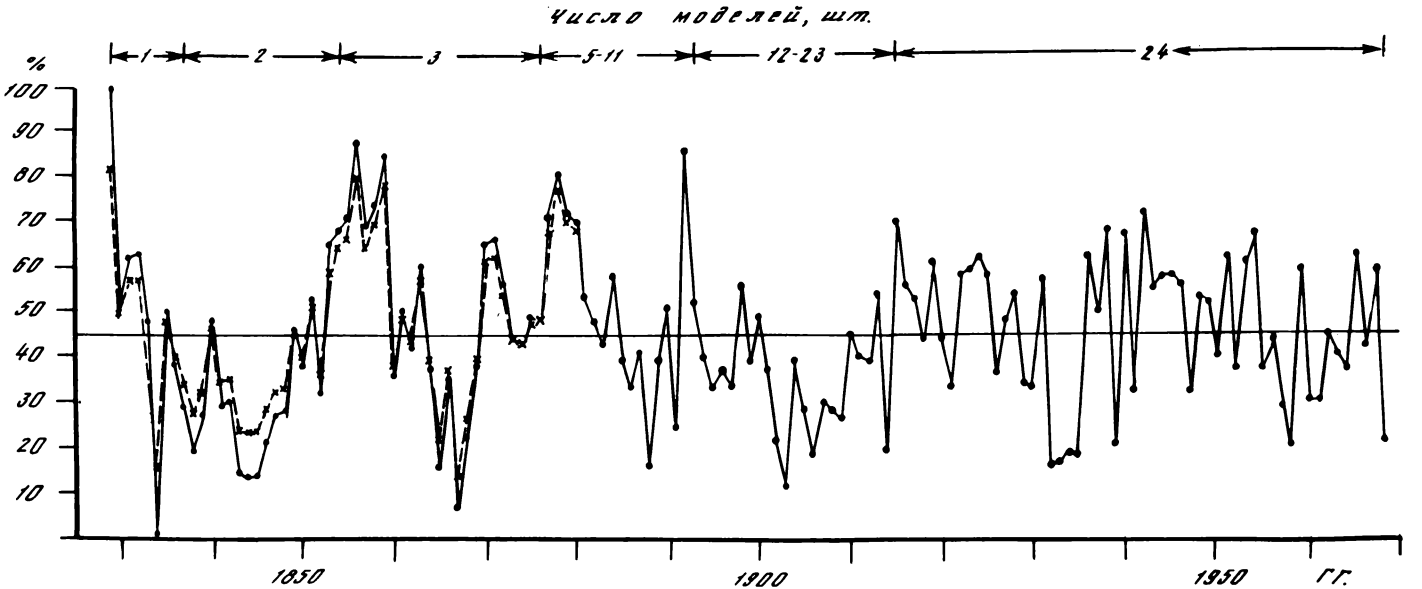
Минимальная кривая обычно повторяет изгибы максимальной кривой. В том случае, когда минимумы прироста становятся незначительными (доли мм), она сливается с осью абсцисс, т.е. становится прямой линией. На рис. 9 приведены три наиболее типичных случая выраженности минимальной кривой. Так, на рис. 9, 1А она совершенно не прослеживается и ее роль выполняет ось абсцисс. Частичная выраженность минимальной кривой в молодом возрасте показана на рис. 9, 2А. Наконец, на графике 3А она прослеживается в течение всего изученного интервала времени, но имеет вид прямой линии.

Исходные данные для вычисления индексов прироста снимаются с графика при помощи линейки или кусочка миллиметровой бумаги. При этом определяются две величины: (1) расстояние от минимальной кривой до точки, показывающей ширину годичного кольца, и (2) ширина коридора за тот же год. Индекс прироста вычисляется путем деления первой величины на вторую.

Подсчет средних значений индексов прироста для отдельных моделей при помощи способа коридора показал, что они в абсолютном большинстве случаев меньше 50% (чаще всего от 40 до 47%), хотя лимиты изменяются от 0 до 100%. Это связано с особенностями годичного прироста древесных растений на климатическом пределе своего существования. Как уже отмечалось выше, действие лимитирующего фактора ниже критического уровня уже не фиксируется в приросте деревьев (выпавшее кольцо). Максимальные приросты такого четкого ограничения не имеют. Поэтому у угнетенных деревьев преобладают узкие годичные кольца и кривые распределения абсолютных величин прироста имеют обычно левую косость.

После того как отдельно для каждой модели вычислены индексы прироста, производится их усреднение и тем самым исключаются из рассмотрения или сводятся к минимуму индивидуальные различия в росте деревьев. Обычно определяется среднее арифметическое значение для каждого календарного года. В результате этой операции получаем **обобщенный дендрохронологический ряд**. Однако такой ряд еще нельзя использовать для реконструкции климатических условий, поскольку он обладает существенной неоднородностью, связанной с усреднением недостаточного и неодинакового количества модельных деревьев в пределах отдельных его временных интервалов.

Дендрохронологический ряд можно считать однородным (т.е. имеющим примерно одинаковые статистические показатели в пределах отдельных его временных отрезков), если при сборе и обработке исходных данных были соблюдены следующие условия: образцы древесины брались в пределах однородного климатического района, в определенном типе условий



Р и с. 10. Обобщенные индексы прироста у ряда по ели, полученные путем усреднения по календарным годам (сплошная линия) и после внесения поправок (пунктирная линия)

местообитания, с одного вида древесного растения, на одной высоте ствола, а расчет прироста проводился по одной методике. Кроме того, необходимо, чтобы обобщенный ряд на всем своем протяжении был представлен достаточным числом повторностей (или модельных деревьев).

Если первые из перечисленных выше условий более или менее учитываются при построении дендрохронологических рядов, то этого нельзя сказать относительно последнего условия. Как правило, для получения обобщенных рядов используются разновозрастные модельные деревья. Поэтому средние значения индексов прироста в пределах отдельных отрезков ряда определяются путем использования неодинакового числа повторностей. Это приводит к возникновению неоднородности. Сам факт ее существования отмечен в литературе сравнительно давно (Schulman, 1956). Однако до сих пор она совершенно не изучена и не разработаны методы устранения ее влияния. Почти все полученные до настоящего времени дендрохронологические ряды, особенно длительные, содержат эту неоднородность.

В чем же проявляется рассматриваемая неоднородность рядов?

Внимательный просмотр и анализ обобщенных рядов, полученных разными авторами, показывает, что лимиты и размах вариации (или диапазон колебаний) индексов прироста возрастают с уменьшением числа повторностей. В случае использования образцов древесины с ныне живущих деревьев ряд обычно имеет вид затухающей гармоники, так как самый ранний его отрезок представлен всего одной или несколькими моделями, в то время как самый поздний – всеми взятыми для обработки моделями. На рис. 10 (сплошная линия) показан усредненный ряд индексов прироста, полученный по 24 модельным деревьям ели сибирской. Как видно из рис. 10, в пределах отрезка ряда, обеспеченного одной моделью (1829–1836 гг.), индексы прироста колеблются от 0 до 100%; в пределах отрезка, обеспеченного 2–3 моделями (1837–1875 гг.), – от 6 до 88%; в пределах отрезка, обеспеченного 5–11 моделями (1876–1892 гг.), – от 15 до 86%, а в пределах отрезка, обеспеченного 12–24 моделями (1893–1968 гг.), – от 11 до 72%. Другими словами, диапазон колебаний индексов прироста в правой части графика сократился на 39% (сверху на 28%, а снизу на 11%) по сравнению с левой частью графика. Такое изменение лимитов и диапазона колебаний индексов прироста характерно для большинства полученных до сих пор рядов. В качестве примера можно указать на ряды полученные Н.В.Ловелиусом (1972, рис. 1) и А.А.Молчановым (1976, рис. 48, 49, 50). При использовании археологической и ископаемой древесины обобщенные ряды обычно имеют вид пульсирующей гармоники, так как распределение количества модельных деревьев в пределах отдельных временных отрезков у таких рядов самое разнообразное и ненаправленное.

В связи с изменением количества используемых моделей меняются не только лимиты и размах вариации индексов прироста, но и такие показатели меры варьирования, как дисперсия, среднее квадратичное отклонение и коэффициент вариации. В дальнейшем мы будем пользоваться только коэффициентом вариации, как наиболее удобным при различного рода сопоставлениях.

На рис. 11 показано, как изменяется коэффициент вариации в зависимости от количества использованных моделей. Для построения этого гра-

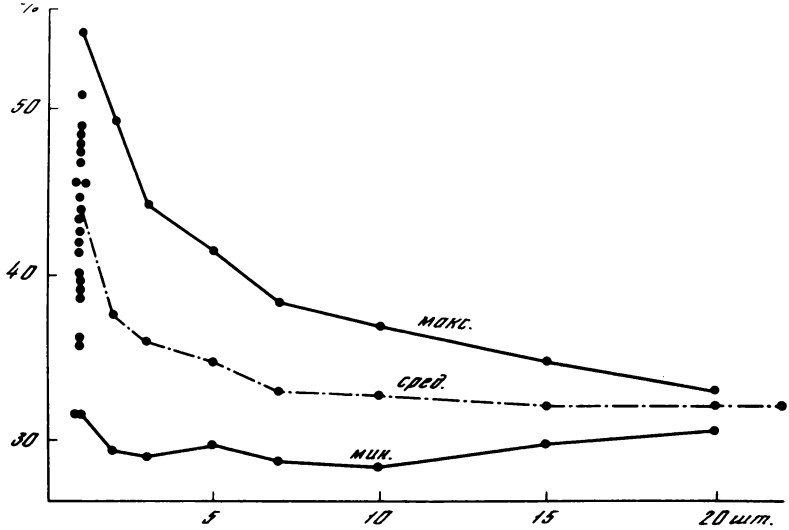


Рис. 11. Изменение максимальных, минимальных и средних значений коэффициента вариации индексов прироста в зависимости от количества использованных модельных деревьев

фика было использовано 22 модельных дерева лиственницы сибирской. Сведения о возрасте отдельных моделей и коэффициентах вариации индексов прироста приведены в табл. 2. Самая старая модель содержит 287 годичных колец (с 1683 по 1969 гг.), а самая молодая – 172 кольца (с 1798 до 1969 гг.). Коэффициент вариации вычислялся как путем использования всех имеющихся у каждой модели колец, так и путем использования последних 172 колец. Как видно из табл. 2, какого-либо существенного и направленного изменения коэффициента вариации при использовании всех колец и колец лишь за последние 172 года не наблюдается. У большинства моделей коэффициент вариации изменился до ± 1–2% и лишь у отдельных моделей – до ± 4,7–5,1%. Отсюда можно сделать вывод, что на основе использования данных за последние 172 года, т.е. за промежуток времени, охватываемый всеми моделями, с достаточной степенью точности определяется коэффициент вариации индексов прироста у отдельных моделей.

Для получения полной картины изменчивости коэффициента вариации в связи с изменением количества использованных моделей необходимо сделать просчет огромного количества вариантов, которые могут быть получены путем комбинирования имеющихся 22 моделей. Чтобы уменьшить объем вычислительных работ, мы применили выборочный метод, основанный на предположении, что на основе сочетания моделей, обладающих максимальными, минимальными и средними значениями коэффициента вариации, можно получить новые ряды, которые будут иметь уровень изменчивости, близкий к абсолютным величинам. Кроме того, определение коэффициента вариации индексов прироста производилось лишь для 2, 3, 5, 7, 10, 15 и 20 моделей.

На рис. 11 приведены три кривые, которые показывают изменение максимальных, минимальных и средних значений коэффициента вариации.

Таблица 2. Коэффициент вариации индексов прироста у отдельных модельных деревьев лиственницы сибирской, использованных для построения обобщенного дендрохронологического ряда

Номер модели	Число годичных колец, шт.	Коэффициент вариации		
		Всего ряда	За последние 172 года	Разница
9	287	39,0	35,8	– 3,2
2	254	44,0	41,8	– 2,2
11	245	42,0	43,9	+ 1,9
12	243	45,5	47,1	+ 1,6
86	235	32,1	31,5	– 0,6
10	230	49,6	54,3	+ 4,7
84	230	43,3	39,4	– 3,9
91	227	48,2	48,0	– 0,2
83	226	44,1	42,2	– 1,9
20	216	48,9	48,7	– 0,2
82	216	34,1	31,5	– 2,6
24	213	41,2	36,1	– 5,1
25	213	52,0	50,8	– 1,2
79	211	45,0	47,5	+ 2,5
80	207	45,6	45,6	0,0
23	204	47,8	48,5	+ 0,7
81	204	38,1	39,5	+ 1,4
76	202	40,6	39,8	– 0,8
19	193	46,0	45,6	– 0,4
77	189	38,8	40,0	+ 1,2
78	187	44,4	44,6	+ 0,2
16	172	42,4	42,4	0,0
В среднем	–	43,3	42,9	– 0,4

Плавное изменение кривых и почти равное удаление лимитов от среднего значения свидетельствуют о том, что на основе выборочного метода можно получить достаточно полное представление о размахе колебаний коэффициента вариации. Как видно из табл. 2 и рис. 11, диапазон колебаний коэффициента вариации у отдельно взятых моделей за последние 172 года довольно большой (от 31,5 до 54,3%). С увеличением количества использованных моделей максимальные и средние величины, а также диапазон колебаний коэффициента вариации существенно сокращаются. Так, максимальные значения снизились от 54,3 (1 модель) до 32,7% (20 моделей), т.е. на 21,6%; средние значения – от 42,9 (1 модель) до 31,9% (22 модели), т.е. на 11,0% диапазон колебаний – от 22,8 (1 модель) до 2,4 (20 моделей), т.е. на 20,4%. Минимальные значения коэффициента вариации сначала также снижаются, а затем, начиная с 10 моделей и более, повышаются (см. рис. 11).

Наиболее сильное снижение коэффициента вариации индексов прироста происходит в левой части графика, где количество использованных моделей невелико (до 10 шт.). При дальнейшем увеличении числа повторностей

средние значения коэффициента вариации снижаются лишь на десятые доли процента, т.е. на величины, которыми из практических соображений можно пренебречь.

Расчеты зависимости между коэффициентом вариации индексов прироста и количеством использованных моделей нами были произведены для всех полученных дендрохронологических рядов. Оказалось, что у большинства рядов значимое изменение коэффициента вариации происходит лишь в том случае, когда количество используемых моделей меньше 7–10 шт.

Таким образом, мы видим, что у отрезков обобщенных рядов, обеспеченных недостаточным и неодинаковым количеством моделей, существенно увеличиваются все показатели меры варьирования индексов прироста по сравнению с отрезками, обеспеченными достаточным количеством моделей. В результате этого ряды становятся неоднородными. Размах варьирования индексов прироста в малообеспеченных моделями отрезках ряда возрастает до 20–35%.

Снижение уровня изменчивости индексов прироста с увеличением числа повторностей следует из закона больших чисел. Согласно этому закону средние величины занимают промежуточное положение между минимальными и максимальными значениями признака и при возрастании числа повторностей они располагаются все ближе и ближе к математически ожидаемому значению (Кендалл, Стьюарт, 1966), т.е. дисперсия распределения средних величин сокращается с увеличением количества использованных моделей.

Рассматриваемая неоднородность является существенным недостатком обобщенных дендрохронологических рядов. Если ее не учитывать, то можно прийти к ложным заключениям, особенно при реконструкции климатических условий и определении меры сходства рядов. Действительно, большая величина индексов прироста, обеспеченная малым числом повторностей, еще не свидетельствует о том, что климатические условия в этот год были более благоприятными по сравнению с годом, когда величина индекса прироста была хотя и меньшей, но обеспечена большим числом повторностей.

Устранить влияние рассматриваемой неоднородности в рядах можно тремя способами. Наиболее легкий, но не всегда приемлемый способ – исключение из рассмотрения тех отрезков ряда, которые обеспечены недостаточным количеством моделей. При этом отбрасывается, как правило, наиболее древний, а потому и наиболее ценный отрезок ряда, который содержит хотя и менее точную, но весьма ценную информацию о колебаниях условий прошлого. Этот способ можно применять в тех случаях, когда не стоит задача построения как можно более длительных рядов. Однородные ряды можно также получить путем отбора одновозрастных моделей. Однако осуществить это практически очень трудно, так как не всегда удается найти достаточное количество старых деревьев. Но если такая возможность имеется, то нужно использовать ее в максимальной степени. Наконец, влияние этой неоднородности можно устранить путем внесения соответствующих поправок в индексы прироста, которые получены путем усреднения недостаточного количества повторностей. В этом случае сохраняется максимально возможная протяженность ряда и устраняется его неоднородность. Следует отметить, что устранение влияния неоднородности у временных

рядов путем внесения поправок очень широко практикуется в климатологии (Дроздов, 1956).

Для устранения влияния неоднородности дендрохронологических рядов мы предлагаем использовать эмпирико-статистический метод (Шиятов, 1980). Суть его заключается в том, что обеспеченные различным количеством моделей отрезки ряда приводятся к одному уровню изменчивости. Другими словами, вариабельность индексов прироста, обеспеченных недостаточным количеством моделей, необходимо снизить до нормы, характерной для отрезков ряда, обеспеченных достаточным количеством моделей.

Ниже будет проведен расчет поправок на примере ряда по ели сибирской, представленного на рис. 10. Для построения этого ряда было использовано 24 модельных дерева, которые содержали от 54 до 140 годичных колец. Представленность моделями отдельных отрезков ряда показана на рис. 10 и в табл. 3.

Для определения величины поправок прежде всего необходимо установить, как изменяется коэффициент вариации индексов прироста в зависимости от количества использованных моделей. Такие данные легче всего было бы получить на основе отрезков обобщенного ряда, представленных различным количеством моделей. Однако протяженность таких отрезков обычно невелика (от одного года до нескольких десятилетий) и, естественно, получить надежные статистические показатели на основе коротких отрезков ряда невозможно. Поэтому определение коэффициента вариации мы проводили следующим образом: для одной модели использовались все кольца самой старой модели (№ 30, 1829–1968 гг., коэффициент вариации С = 58,5%), для двух моделей – средние значения индексов прироста за интервал перекрытия двух самых старых моделей (№№ 30 и 24, 1837–1968 гг., С = 57,2%), для трех моделей – средние значения индексов прироста за интервал перекрытия трех самых старых моделей (№№ 30, 24 и 40, 1854–1968 гг., С = 49,9%) и т.д. (см. табл. 3). В качестве нормы использовался коэффициент вариации индексов прироста, который был получен путем усреднения 13–24 моделей (1894–1968 гг., С = 38,2%). Иначе говоря, строились новые ряды на основе усреднения индексов прироста у 2, 3, 5 и т.д. (до 12) самых старых моделей и для них определялось значение коэффициента вариации. Затем находилось отклонение коэффициента вариации от нормы для каждого сочетания моделей (см. последнюю колонку табл. 3). Как видно из табл. 3, существенное увеличение коэффициента вариации по сравнению с нормой (от 5,4 до 20,3%) наблюдается у рядов, обеспеченных шестью и менее моделями.

После этого проводится расчет поправок по форме, приведенной в табл. 4. В колонки 1, 2 и 3 вносятся сведения, характеризующие отрезок обобщенного ряда, обеспеченный недостаточным количеством моделей (календарные годы, индексы прироста, количество моделей). Затем вычисляются отклонения индексов прироста за каждый год от среднего значения (для рассматриваемого ряда оно равно 45%). Эти сведения приводятся в колонке 4. В колонку 5 записываются величины отклонений коэффициента вариации от нормы для сочетаний разного количества моделей, заимствованные из табл. 3.

Специально проведенные расчеты показали, что для того, чтобы снизить коэффициент вариации ряда на 1%, необходимо уменьшить величину откло-

Таблица 3. Коэффициент вариации (*C*) индексов прироста в зависимости от количества использованных моделей

Номер моделей	Число моделей, шт.	Длина ряда, использованного для определения *C*
		годы
30	1	1829–1968
30, 24	2	1837–1968
30, 24, 40	3	1854–1968
30, 24, 40, 32, 33	5	1876–1968
30, 24, 40, 32, 33, 41	6	1878–1968
30, 24, 40, 32, 33, 41, 45	7	1879–1968
30, 24, 40, 32, 33, 41, 45, 21	8	1881–1968
30, 24, 40, 32, 33, 41, 45, 21, 26	9	1882–1968
30, 24, 40, 32, 33, 41, 45, 21, 26, 42	10	1884–1968
30, 24, 40, 32, 33, 41, 45, 21, 26, 42, 29	11	1885–1968
30, 24, 40, 32, 33, 41, 45, 21, 26, 42, 29, 22	12	1893–1968
Все модели	13–24	1894–1968

нений индексов прироста от среднего значения на 1,6–2,0%. Последнюю величину мы назвали переводным коэффициентом. Для конкретного ряда этот коэффициент является величиной постоянной (колонка 6).

В колонке 7 приведены значения поправочного коэффициента, который указывает, на сколько процентов следует уменьшить величину отклонений индексов прироста от среднего значения, чтобы получить требуемую поправку. Поправочный коэффициент определяется путем перемножения данных, приведенных в колонках 5 и 6. Величина поправок за каждый год (колонка 8) представляет собой произведение отклонений индексов прироста (колонка 4) на поправочный коэффициент (колонка 7), деленное на 100. Знак поправки всегда противоположен знаку отклонения индекса прироста от среднего значения. Как видно из табл. 4, величина поправки зависит от величины превышения коэффициента вариации от нормы и величины отклонения индекса прироста от среднего значения. В пределах отрезка ряда, обеспеченного 8–12 моделями, поправки столь незначительны (менее единицы), что их можно не принимать во внимание. Значимые величины поправок получены лишь для отрезка ряда, обеспеченного 1–7 моделями (табл. 4). Полученные поправки суммируются (с учетом знака) с исходными значениями индексов прироста (колонка 2), в результате чего получаем исправленные значения индексов прироста (колонка 9).

Далее следует произвести проверку правильности устранения неоднородности дендрохронологического ряда. Для этого необходимо определить значение коэффициента вариации индексов прироста у исправленного отрезка ряда. Ряд можно считать однородным, если коэффициент вариации исправленного отрезка ряда отличается от нормы не более чем на ± 1–2%. Так, у рассматриваемого ряда до внесения поправок коэффициент вариации у отрезка ряда, обеспеченного 1–12 моделями (1829–1893 гг.), составлял 45,9%, а после внесения поправок – 36,5%, т.е. стал близким к норме

Длина ряда, использованного для определения *C* лет	*C*	Отклонение *C* от нормы, %
140	58,5	+ 20,3
132	57,2	+ 19,0
115	49,9	+ 11,7
93	46,0	+ 7,8
91	43,6	+ 5,4
90	42,4	+ 4,2
88	41,2	+ 3,0
87	39,5	+ 3,1
85	38,4	+ 0,2
84	38,8	+ 0,6
76	37,1	– 1,1
75	38,2	0,0

(38,2%). Если окажется что после внесения поправок коэффициент вариации значительно отличается от нормы, то необходимо произвести перерасчет цифр в колонках 7–9. Для этой цели следует увеличить или уменьшить значение переводного коэффициента на десятые доли. Например если коэффициент вариации исправленного отрезка ряда оказался значительно выше нормы, то нужно увеличить значение переводного коэффициента до 1,7–1,8 (иногда до 1,9–2,0).

Исправленные значения индексов прироста у рассматриваемого ряда показаны на рис. 10. Из графика видно, что отклонения исправленных индексов прироста от среднего значения не превышают отклонений, характерных для отрезка ряда, обеспеченного достаточным количеством моделей, т.е. ряд стал однородным.

При публикации обобщенных дендрохронологических рядов необходимо обязательно указывать, каким количеством моделей обеспечены отдельные отрезки ряда. В этом случае можно дать оценку неоднородности ряда и тем самым избежать неверных заключений и выводов.

После того, как в обобщенные ряда были внесены поправки на неоднородность, проводилось уточнение среднего значения индексов прироста всего ряда. Обычно оно не отличалось от значений, вычисленных до внесения поправок. Исправленные средние значения (M_1) для всех полученных рядов приведены в табл. 5. Как видно из этой таблицы, у обобщенных рядов, как и у рядов для отдельно взятых моделей, средние значения индексов прироста неодинаковы и всегда ниже 50%. Естественно, что сопоставлять такие ряды трудно и неудобно. Поэтому для всех рядов мы произвели перевод значений индексов прироста в другую систему отсчета, при которой у всех рядов среднее значение равно 100%. Для этой цели усредненные и исправленные величины индексов прироста за каждый год делились на среднее значение индексов прироста для всего ряда. Так, например, для

Таблица 4. Вычисление поправок для устранения неоднородности дендрохронологического ряда по ели сибирской

Год	Индексы прироста	Число моделей, шт.	Отклонение индексов от среднего значения, %	Отклонение коэффициента вариации от нормы, %	Переводной коэффициент	Поправочный коэффициент	Поправка	Исправленные индексы прироста
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1893	52	12	+7	−1,1	1,6	1,76	0	52
1892	86	11	+41	0,6	1,6	0,96	0	86
1891	24	11	−21	0,6	1,6	0,96	0	24
1890	51	11	+6	0,6	1,6	0,96	0	51
1889	39	11	−6	0,6	1,6	0,96	0	39
1888	15	11	−30	0,6	1,6	0,96	0	15
1887	41	11	−4	0,6	1,6	0,96	0	41
1886	33	11	−12	0,6	1,6	0,96	0	33
1885	39	11	−6	0,6	1,6	0,96	0	39
1884	58	10	−13	0,2	1,6	0,32	0	58
1883	43	9	−2	1,3	1,6	2,08	0	43
1882	48	9	+3	1,3	1,6	2,08	0	48
1881	53	8	+8	3,0	1,6	4,80	0	53
1880	70	7	+25	4,2	1,6	6,72	−2	68
1879	72	7	+27	4,2	1,6	6,72	−2	70
1878	81	6	+36	5,4	1,6	8,64	−3	78
1877	71	5	+26	7,8	1,6	12,48	−3	68
1876	48	5	+3	7,8	1,6	12,48	0	48
1875	49	3	+4	11,7	1,6	18,72	−1	48
1874	43	3	−2	11,7	1,6	18,72	0	43
1873	44	3	−1	11,7	1,6	18,72	0	44
1872	56	3	+11	11,7	1,6	18,72	−2	54
1871	66	3	+21	11,7	1,6	18,72	−4	62
1870	65	3	+20	11,7	1,6	18,72	−4	61
1869	38	3	−7	11,7	1,6	18,72	+1	39
1868	22	3	−23	11,7	1,6	18,72	+4	26
1867	6	3	−39	11,7	1,6	18,72	+7	13
1866	35	3	−10	11,7	1,6	18,72	+2	37
1865	15	3	−30	11,7	1,6	18,72	+6	21
1864	37	3	−8	11,7	1,6	18,72	+2	39
1863	60	3	+15	11,7	1,6	18,72	−3	57
1862	42	3	−3	11,7	1,6	18,72	+1	43
1861	50	3	+5	11,7	1,6	18,72	−1	49
1860	36	3	−9	11,7	1,6	18,72	+2	38
1859	85	3	+40	11,7	1,6	18,72	−7	78
1858	74	3	+29	11,7	1,6	18,72	−5	69
1857	69	3	+24	11,7	1,6	18,72	−5	64
1856	88	3	+43	11,7	1,6	18,72	−8	80
1855	71	3	+26	11,7	1,6	18,72	−5	66
1854	68	3	+23	11,7	1,6	18,72	−4	64
1853	65	2	+20	19,0	1,6	30,40	−6	59
1852	32	2	−13	19,0	1,6	30,40	+4	36

Таблица 4 (окончание)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1851	53	2	+8	19,0	1,6	30,40	−2	51
1850	38	2	−7	19,0	1,6	30,40	+2	40
1849	46	2	+1	19,0	1,6	30,40	0	46
1848	28	2	−17	19,0	1,6	30,40	+5	33
1847	27	2	−18	19,0	1,6	30,40	+5	32
1846	21	2	−24	19,0	1,6	30,40	+7	28
1845	13	2	−32	19,0	1,6	30,40	+10	23
1844	13	2	−32	19,0	1,6	30,40	+10	23
1843	14	2	−31	19,0	1,6	30,40	+9	23
1842	30	2	−15	19,0	1,6	30,40	+5	35
1841	29	2	−16	19,0	1,6	30,40	+5	34
1840	48	2	+3	19,0	1,6	30,40	−1	47
1839	27	2	−18	19,0	1,6	30,40	+5	32
1838	19	2	−26	19,0	1,6	30,40	+8	27
1837	29	2	−16	19,0	1,6	30,40	+5	34
1836	38	1	−7	20,3	1,6	32,48	+2	40
1835	50	1	+5	20,3	1,6	32,48	−2	48
1834	1	1	−44	20,3	1,6	32,48	+14	15
1833	48	1	+3	20,3	1,6	32,48	−1	47
1832	63	1	+18	20,3	1,6	32,48	−6	57
1831	62	1	+17	20,3	1,6	32,48	−5	57
1830	52	1	+7	20,3	1,6	32,48	−2	50
1829	100	1	+55	20,3	1,6	32,48	−18	82

рассмотренного выше ряда по ели сибирской среднее значение (M_1) после усреднения и внесения поправок оказалось равным 44,2%. После перевода индексов прироста в другую систему отсчета оно оказалось равным 100%. Такой пересчет был произведен для всех полученных рядов.

Для каждого климатически однородного района проводилось также построение **генерализованных рядов**, т.е. рядов, полученных путем усреднения всех обобщенных рядов по одному виду древесного растения. Таким рядам давался двойной номер. Например, генерализованный ряд по лиственнице 11–13 получен на основе усреднения обобщенных рядов 11,12 и 13.

Даже визуальный просмотр графиков, изображающих дендрохронологические ряды, показывает, что существуют довольно регулярные многолетние колебания индексов прироста различной длительности или циклы. Однако изучение и выявление циклов в древесно-кольцевых сериях, как и вообще во всех природных процессах, связано со значительными трудностями методического характера. Дело в том, что у древесных растений не наблюдается строгой переодичности в колебаниях прироста. Каждая кольцевая серия состоит из циклов различной длительности, которые, накладываясь друг на друга, еще больше усложняют их выделение. На циклы, определяемые внешними причинами, накладываются случайные и самовозбуждающиеся колебания, исключить которые очень трудно (Siren, 1963). Еще слабо изучена статистическая структура многолетних колебаний и не выяснены причины этих колебаний (Дроздов, Григорьева, 1971).

Таблица 5. Основные статистические показатели дендрохронологических рядов (M_1 – среднее значение индексов прироста после усреднения, M_2 – то же после устранения неоднородности рядов и перевода индексов прироста в другую систему отсчета, m – ошибка среднего значения, σ – среднее квадратическое отклонение, C – коэффициент вариации, $K_ч$ – коэффициент чувствительности)

Номер ряда	Район исследования	M_1	M_2	m	σ	C	$K_ч$
1	Полярный Урал	40,4	100,1	2,0	42,0	41,97	0,41
2	”	41,0	100,0	2,3	45,1	45,13	0,42
3	”	38,2	100,1	2,5	44,9	44,86	0,32
4	”	37,8	100,1	2,7	47,3	47,22	0,36
1–4	”	40,1	100,0	2,0	41,0	40,95	0,37
5	”	41,5	99,8	1,9	34,5	34,58	0,29
6	Приполярный Урал	41,0	99,9	2,6	44,4	44,46	0,43
7	”	36,8	100,0	2,8	46,9	46,94	0,37
8	”	41,9	99,7	2,6	43,1	43,20	0,39
6–8	”	40,2	100,0	2,4	42,2	42,19	0,38
9	”	43,5	99,9	2,1	35,8	35,84	0,29
10	”	44,3	99,8	2,7	43,6	43,73	0,36
9–10	”	44,1	99,9	2,2	38,0	38,07	0,33
11	Северный Урал	42,3	100,0	1,9	38,0	38,02	0,35
12	”	42,0	99,8	2,0	38,4	38,51	0,29
13	”	42,4	100,0	1,9	37,1	37,08	0,33
11–13	”	42,4	99,8	1,8	36,1	36,12	0,33
14	”	46,0	100,1	1,7	28,9	28,86	0,21
15	”	46,1	100,0	2,2	31,5	31,50	0,23
16	”	43,3	99,8	2,2	30,8	30,89	0,27
14–16	”	45,6	99,9	1,7	28,6	28,58	0,22
17	”	44,5	99,8	1,4	29,4	29,52	0,24
18	Южный Урал (хребет Таганай)	45,7	100,0	1,7	26,8	26,82	0,22
19	”	45,1	100,5	2,1	30,9	30,79	0,27
20	”	41,7	99,8	2,1	30,4	30,51	0,29
18–20	”	44,4	99,8	1,7	25,7	25,75	0,22
21	”	43,6	100,0	1,2	24,9	24,95	0,20
22	”	45,3	99,9	1,2	25,6	25,64	0,20
23	”	47,3	100,0	1,8	28,2	28,20	0,20
24	Южный Урал (массив Иремель)	41,5	99,8	1,8	29,8	29,87	0,21
25	”	46,0	100,0	2,0	32,5	32,54	0,20
26	”	44,9	99,9	1,9	30,0	30,07	0,24
24–26	”	45,3	99,9	1,5	24,9	24,92	0,18
27	”	41,7	99,9	1,6	28,4	28,42	0,23
28	”	41,7	99,8	2,0	34,6	34,70	0,25
29	”	44,2	99,8	2,6	36,5	36,57	0,31
30	”	45,2	99,9	1,2	26,1	26,15	0,18

Несмотря на эти трудности, интерес к изучению цикличности, особенно у длительных дендрохронологических рядов, в последнее время значительно возрос. Это связано с попытками использовать закономерности циклических колебаний для долгосрочных прогнозов развития природных процессов (Битвинскас, 1964, 1974; Комин, 1970б, 1971, 1972а, 1974; Дроздов, Григорьева, 1971; Дружинин, Сазонов, Ягодинский, 1974; и др.).

Циклические процессы у дендрохронологических рядов могут быть охарактеризованы статистическими характеристиками. С другой стороны, циклические колебания не являются случайными, так как они не исчезают при усреднении индексов прироста у большого количества модельных деревьев. Наличие таких более или менее регулярных циклов представляет большой интерес, так как на их основе можно прогнозировать как прирост деревьев, так и определяющие прирост климатические элементы.

Существует довольно большое количество методов исследования циклических колебаний у временных рядов. Их можно подразделить на две большие группы. К первой группе относятся методы, которые отождествляют цикличность с периодичностью. Сюда относятся различные способы периодограмманализа (Douglass, 1919, 1936; Брукс, Карузерс, 1963; Воробьева, 1968; и др.). Однако, как справедливо указывают О.А.Дроздов и А.С.Григорьева (1971), такой подход применим лишь по отношению к квазипериодическим процессам и мало пригоден по отношению к стационарным случайным процессам. Для анализа последних в основном используются автокорреляционные функции и спектральные разложения, а также метод скользящего осреднения. Этими методами и пользовались мы при изучении цикличности дендрохронологических рядов.

Наиболее распространенным, простым и наглядным методом выявления циклов у временных рядов является метод скользящего осреднения. Используя в качестве фильтра скользящее осреднение и изменяя период осреднения, можно выделять циклы, которые нас интересуют. Для выявления наиболее значимых циклов при помощи скользящих средних мы использовали методику Г.Е.Комина (1970б), суть которой состоит в том, что сначала выявляются самые крупные циклы, а затем все более и более мелкие. В связи с тем, что при использовании метода скользящего осреднения амплитуда циклов уменьшается, производилось восстановление истинной амплитуды при помощи существующей функциональной зависимости между амплитудой цикла, с одной стороны, периодом осреднения и длительностью цикла – с другой (Брукс, Карузерс, 1963).

Метод автокорреляционных функций основан на статистической зависимости между членами одного временного ряда. Другими словами, производится вычисление коэффициентов корреляции при сдвиге членов ряда на определенное количество лет (Брукс, Карузерс, 1963). Если ряд содержит циклические колебания, то амплитуда колебаний коэффициента корреляции будет снижаться с увеличением величины сдвига. Это связано как с несовпадением фаз закономерных колебаний, так и с влиянием бессвязных и квазиупорядоченных случайных колебаний (Брукс, Карузерс, 1963; Рубинштейн, Полозова, 1966; Дроздов, Малкова, 1972). Поэтому при автокорреляции не допускаются большие временные сдвиги (обычно от 0,1 до 0,5 длительности ряда).

Расчет и анализ автокорреляционных функций у дендрохронологических

рядов осуществлялся в вычислительном центре Главной геофизической обсерватории им. А.И.Воейкова по методике, изложенной в работе О.А.Дроздова и А.С.Григорьевой (1971). Для выявления наиболее длительных циклов проводилось интегрирование (суммирование) членов корреляционной функции. Чтобы получить более полную информацию, наиболее длительные ряды разбивались на 2–3 отрезка. Во многих случаях расчеты проводились и для всего ряда в целом.

Скользящее осреднение и автокорреляционные функции использовались в основном для выделения наиболее крупных (вековых и сверхвековых) циклов.

В последние годы для анализа цикличности широко используется метод спектральных разложений (Гренджер, Хатанака, 1972; Андерсон, 1976). Спектральное разложение определяет дисперсию каждой волны и выражает результаты в виде непрерывного распределения длин волн. Оценка спектральной плотности производится на дискретном множестве частот в интервале от 0 до π. Число частотных полос, для которых оценивают спектры, называют числом оцениваемых гармоник (K). Чем больше число K, тем больше точек, для которых оценивается спектр. Однако при увеличении K статистические свойства оценок ухудшаются. Опытным путем установлено, что если длительность ряда больше 200 лет, то максимальное K может быть равным $N/3$ (N – число членов ряда). Каждый дендрохронологический ряд спектрировался три раза – при числе гармоник, равном $N/3$, 35 и $\frac{(N/3 + 35}{2}$.

Спектр при $K = 35$ использовался в основном для выделения наиболее мелких внутривековых циклов (от 2,0 до 5–6 лет). Оценка спектров проводилась по двум методам – Парзену и Тьюки-Хеннингу (Гренджер, Хатанака, 1972). В абсолютном большинстве случаев обе эти оценки оказались одинаковыми. Спектральное разложение использовалось для выделения внутривековых циклов. У некоторых рядов (например 11–13, 26 и др.) определение параметров циклов проводилось при помощи совместного использования спектрального разложения и полосовых фильтров. Методику такой обработки и программу для ЭВМ разработал В.С.Мазепа (1985).

Для установления связей между показателями радиального прироста деревьев и климатическими факторами в первую очередь использовались данные интрументальных наблюдений метеостанций Салехард, Березово, Карпинск и Златоуст, располагающих наиболее длительными рядами (100–140 лет). Кроме того, использовались ряды наблюдений таких высокогорных станций, как Рай-Из, Неройка, Верхний Таганай. К сожалению, таких станций очень мало и они имеют короткие ряды наблюдений (30–40 лет), что затрудняло дендроклиматический анализ.

ГЛАВА 2

ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ДЕНДРОХРОНОЛОГИЧЕСКИХ РЯДОВ, СИНХРОННОСТЬ И ТЕСНОТА СВЯЗИ МЕЖДУ НИМИ

Для количественной характеристики годичных колебаний прироста древесных растений наиболее часто используется коэффициент чувствительности. Он дает оценку относительных различий в ширине (или индексе прироста) соседних колец, т.е. показывает степень воздействия в основном внешних факторов на изменение величины прироста. Этот коэффициент был введен в дендрохронологию А.Е. Дугласом (Douglass, 1936) и широко используется американскими дендрохронологами (Schulman, 1956; Fritts, 1976). Обычно вычисляется среднее значение коэффициента чувствительности для всего ряда или его отрезка по формуле:

$$K_r = \frac{1}{n-1} \sum_{t=1}^{t=n-1} \left| \frac{2(x_{t+1} - x_t)}{x_{t+1} + x_t} \right|,$$

где x – ширина годичного кольца, или индекс прироста за год t, а n – длительность ряда (лет). Другими словами, среднее значение коэффициента чувствительности определяется путем нахождения абсолютной разности соседних значений ширины колец или индексов прироста, деленной на их среднюю величину. Значения коэффициента чувствительности колеблются в пределах от 0 (когда нет различий в ширине или индексе прироста соседних колец) до 2 (когда показатели одного из соседних колец равны нулю). Серия колец считается чувствительной, когда средний коэффициент чувствительности больше 0,3 (Ferguson, 1969). Этот коэффициент является одним из наиболее важных показателей, при помощи которого можно отбирать виды древесных растений и местообитания, наиболее пригодные для дендрохронологического анализа.

В табл. 5 приведены средние значения коэффициента чувствительности для полученных обобщенных и генерализованных рядов. Анализ цифр показывает, что в пределах Уральского профиля происходит существенное уменьшение коэффициента чувствительности при движении с севера на юг. Так, на Полярном и Приполярном Урале все ряды имеют высокие значения коэффициента чувствительности (от 0,29 до 0,43), на Северном Урале – от 0,21 до 0,35, а на Южном Урале – от 0,18 до 0,31.

Довольно четко прослеживается изменение коэффициента чувствительности в зависимости от вида древесного растения, использованного для построения ряда. Наиболее высокой чувствительностью обладают ряды по лиственнице сибирской, а наиболее низкой – по сосне обыкновенной и ели сибирской. Особенно следует отметить высокую отзывчивость прироста лиственницы на изменение внешних условий. Так, для массива Иремель был получен ряд 29 по лиственнице, средний коэффициент чувствительности которого оказался равным 0,31, т.е. намного выше, чем у рядов по ели и сосне (0,18–0,24).

Изменение коэффициента чувствительности у рядов, полученных для

различных типов местообитания, хотя и происходит, но какой-либо закономерности обнаружить не удалось. Гораздо лучше прослеживается зависимость коэффициента чувствительности от количества взятых для усреднения моделей: с увеличением числа повторностей коэффициент чувствительности уменьшается. То же самое происходит, когда мы производим обобщение второго порядка (генерализацию). Генерализованные ряды, как правило, имеют меньшие величины коэффициента чувствительности, чем обобщенные, так как существуют определенные различия в ходе прироста деревьев в различных типах условий местообитания.

Если коэффициент чувствительности дает представление о степени воздействия факторов на изменчивость годичного прироста деревьев от года к году, независимо от того, каков этот фактор, то коэффициент синхронности показывает степень воздействия общих факторов по отношению к двум рассматриваемым временным рядам. Коэффициент синхронности был предложен Б. Хубером (Huber, 1943) для оценки сходства сравниваемых рядов и уточнения перекрестной датировки серий годичных колец в условиях умеренного климата. Первоначально Хубер называл его коэффициентом асинхронности (Gegenlaufigkeitswert), так как подсчитывалось количество противоположно направленных отрезков по отношению к их общему числу. Впоследствии стали использовать обратную величину этого коэффициента (Gleichlaufigkeitswert), т.е. коэффициент синхронности. Он рассчитывается по следующей формуле:

$$K_c = n^+ \cdot 100/n - 1,$$

где n^+ – количество совпавших по направлению годичных отрезков кривой, n – длительность сравниваемого интервала времени (в годах).

При отнесении отрезков кривых к совпадающим и несовпадающим направлениям довольно часто встречаются случаи, которые не предусмотрены вышеприведенной формулой. В частности, если у одного из сравниваемых рядов величина показателя прироста не изменилась, а у другого ряда изменилась (понизилась или повысилась), то эти отрезки нельзя отнести ни к синхронным, ни к асинхронным. Вслед за Д. Экштейном и Я. Баухом (Eckstein, Bauch, 1969) такие случаи мы учитывали отдельно и затем делили их на две равные части, одну из которых относили к синхронным направлениям, а вторую к асинхронным. Если показатель величины прироста не изменялся у обоих рядов, то такие отрезки кривых мы относили к синхронным. В том случае, когда все отрезки сравниваемых кривых совпадают по направлению, то коэффициент синхронности равен 100%, а если все они противоположны по направлению, то коэффициент синхронности равен 0%. Если колебания отрезков кривых вызваны случайными причинами, то рассматриваемый коэффициент близок к 50%. Исследованиями Экштейна и Бауха (Eckstein, Bauch, 1969) показано, что при сопоставлении достаточно длительных (свыше 150–200 лет) несинхронизированных рядов колебание значений коэффициента синхронности от 50-процентного уровня достигает 4–6% при 95-процентном уровне достоверности и 8–9% – при 99,9 процентном уровне достоверности. Если в рассматриваемых рядах, кроме случайных, имеются и строго направленные колебания, обусловленные действием общих (в основном климатических) факторов, то коэффициент синхронности превышает 50-процентный уровень на

большую величину. Для оценки уровня синхронности между дендрохронологическими рядами мы пользовались следующей шкалой, которая разбита на пять классов через равные отрезки изменения:

Значения коэффициента синхронности, %	Уровни синхронности между рядами
45–56	синхронность отсутствует
57–67	– „ – низкая
68–78	– „ – средняя
79–89	– „ – высокая
90–100	– „ – очень высокая

Следует отметить, что в большинстве случаев значения коэффициента синхронности между дендрохронологическими рядами превышает 50%. Однако встречаются пары рядов, между которыми среднее значение этого коэффициента несколько ниже 50%. Теоретически можно предположить наличие дендрохронологических рядов, между которыми значения коэффициента синхронности могут быть очень близкими (10–30%). Такие ряды могут быть получены с контрастных типов условий местообитания.

В табл. 6 приведены результаты подсчетов коэффициента синхронности между полученными рядами как в пределах отдельных природных провинций Урала, так и между провинциями.

Между обобщенными рядами по лиственнице Полярного Урала коэффициент синхронности колеблется от 77 до 86%, а между генерализованным и обобщенными рядами по лиственнице – от 83 до 95%. Между рядом по ели 5 и рядами по лиственнице коэффициент синхронности составляет 69–75%. Согласно приведенной выше шкале синхронность между рядами по лиственнице высокая и в одном случае очень высокая, а между рядами по ели и лиственнице – средняя.

На Приполярном Урале синхронность между рядами по лиственнице также высокая и очень высокая (между обобщенными от 78 до 83%, между генерализованным и обобщенными – от 82 до 92%). Между рядами по ели 9 и 10 коэффициент синхронности равен 73%, а между генерализованным и обобщенными рядами по ели – 86–88%, т.е. уровень синхронности средний и высокий. Между рядами по лиственнице и ели синхронность низкая и средняя (от 59 до 72%).

На Северном Урале между рядами по лиственнице синхронность высокая (78–89%), а между рядами по ели – средняя и высокая (от 72 до 82%). Лишь между рядом по ели 14 и ненерализованным рядом 14–16 синхронность очень высокая, так как основную долю изменчивости в генерализованный ряд внес наиболее длительный обобщенный ряд 14. Между рядами по лиственнице и ели синхронность отсутствует или низкая (54–61%). Низкая синхронность наблюдается у ряда по сосне 17 с рядами по лиственнице и ели (61–66%), но она все же выше, чем между рядами по ели и лиственнице.

На Южном Урале значения коэффициента синхронности между обобщенными рядами по ели 18, 19 и 20 (хребет Таганай) колеблются от 69 до 78%, а между рядами 24, 25 и 26 (массив Иремель) – от 53 до 67%. Синхронность между генерализованными и обобщенными рядами по ели несколько выше (на хребте Таганай – от 81 до 88%, а на массиве Иремель – от 72 до 86%). Хотя верхняя граница леса на Таганае не достигает клима-

Таблица 6. Коэффициент синхронности (%) между дендрохронологическими рядами (Л – лиственница, Е –ель, С – сосна)

№№ Рядов	Полярный Урал						Приполярный Урал						
	Л	Л	Л	Л	Л	Е	Л	Л	Л	Л	Е	Е	Е
	1	2	3	4	1–4	5	6	7	8	6–8	9	10	9–10
2	86												
3	81	77											
4	84	81	78										
1–4	95	89	83	88									
5	73	75	70	69	72								
6					73								
7					72		83						
8	70				69		82	78					
6–8					71	63	92	82	88				
9					66	70	70	64	59	65			
10						67	71	68	64	68	73		
9–10						72	72	68	65	69	86	88	
11	59								66				
12													
13													
11–13					59					65			
14					52	53							
15						60					68		
16						57							
14–16						54							61
17													
18													
19						56							
20													
18–20						54							60
21													
22													
23													
24													
25						56							
26					51								
24–26						56							55
27													
28													
29	50				49					52			
30													

Северный Урал									Южный Урал															
Л	Л	Л	Л	Е	Е	Е	Е	С	Е	Е	Е	Е	Е	С	С	Е	Е	Е	Е	Е	Л	Л	С	
11	12	13	11—13	14	15	16	14—16	17	18	19	20	18—20	21	22	23	24	25	26	24—26	27	28	29	30	

80
80 78
89 85 88
59 58 61 60
56 54 56 55 77
54 57 60 58 75 72
60 58 61 61 91 81 82
61 64 66 65 62 58 60 61

69
77 78
64 84 81 88
59 63 65 62
62 52 55 55 53 58
63 56 56 56 56 56 67

59
60 53
71 63 67
64 69 72 76 86
62 63 53 64 64
52 53 55 56 57
62 54 51 56 58 58 75
64 68 63 58 57 53 61 61 57 53

тически обусловленного предела из-за недостаточной высоты гор, показатели синхронности между рядами по ели здесь уже несколько выше, чем на Иремеле. По-видимому, это связано как с более северным положением Таганая по сравнению с Иремелем, так и с более жестким ветровым режимом во втором районе, что приводит к формированию более эксцентричных годичных слоев прироста у деревьев. Между рядами по ели Таганая и Иремеля синхронность низкая и средняя (59–71%), т.е. примерно такая же, как и в пределах отдельных районов. Между рядами по ели 21 и 27, полученными для условий "долинные курумы", коэффициент синхронности равен 62%, примерно такой же уровень синхронности между этими рядами и рядами, полученными в районе верхней границы леса (53–65%). Как и в других провинциях Урала, высокую синхронность показывают ряды по лиственнице. Так, между рядами 28 и 29 коэффициент синхронности равен 75%. Синхронность рядов по лиственнице с рядами по ели низкая или отсутствует (51–58%). Низкая синхронность наблюдается между рядами по сосне 22, 23 и 30 (63–68%). Практически отсутствует синхронность между рядами по сосне с одной стороны и рядами по ели и лиственнице с другой (51–61%).

Синхронность заметно снижается при сопоставлении дендрохронологических рядов, полученных для различных природных провинций Урала (см. табл. 6). Наиболее высокие показатели коэффициента синхронности наблюдаются между рядами Полярного и Приполярного Урала (67–73%). При движении к югу синхронность рядов между соседними провинциями уменьшается (между рядами Приполярного и Северного Урала коэффициент синхронности составляет 61–70%, между рядами Северного и Южного Урала – 55–64%). Практически отсутствует синхронность между рядами Полярного и Приполярного Урала, с одной стороны, и рядами Южного Урала – с другой (49–60%).

Приведенные выше материалы показывают, что на величину коэффициента синхронности наибольшее влияние оказывают район произрастания деревьев и вид древесного растения. Высокой и очень высокой синхронностью обладают ряды Полярного и Приполярного Урала. При движении к югу от Полярного Урала синхронность между рядами непрерывно снижается, достигая минимальных величин в самой южной точке исследований (массив Иремель). Между рядами по лиственнице синхронность более высокая, чем между рядами по ели и рядами по сосне.

Для установления тесноты связи между временными рядами довольно часто используется коэффициент корреляции, который характеризует связь не только между погодичными, но и многолетними колебаниями (Fritts, 1976). Некоторые исследователи возражают против использования этого показателя для оценки связи между дендрохронологическими рядами, так как они обладают определенной связностью, т.е. зависимостью величины прироста текущего года от величины прироста предыдущих лет. Из-за отсутствия более надежных и обоснованных показателей приходится пользоваться коэффициентом корреляции, он все же дает представление о тесноте связи, между рядами, которые не обладают большой связностью.

В табл. 7 приведены данные о тесноте связи между дендрохронологическими рядами как в пределах отдельных природных провинций Урала, так и между провинциями. Самые высокие показатели коэффициента кор-

Таблица 7. Значения коэффициента корреляции (*r*) между дендрохронологическими рядами

Номер сравниваемых рядов	*r*	Номер сравниваемых рядов	*r*	Номер сравниваемых рядов	*r*
1–2	0,74	14–15	0,71	18–23	0,15
1–3	0,79	14–16	0,59	19–21	0,23
1–4	0,75	15–16	0,53	19–22	0,06
2–3	0,71	11–14	0,18	19–23	0,09
2–4	0,63	11–15	0,14	20–21	0,33
3–4	0,79	11–16	0,32	20–22	0,01
1–5	0,39	12–14	0,24	20–23	0,21
2–5	0,42	12–15	0,10	21–22	0,28
3–5	0,39	12–16	0,34	21–23	0,08
4–5	0,37	13–14	0,29	22–23	0,26
6–7	0,82	13–15	0,12	24–25	0,15
6–8	0,82	13–16	0,42	24–26	0,32
7–8	0,76	11–17	0,36	25–26	0,27
9–10	0,49	12–17	0,33	24–27	0,25
6–9	0,31	13–17	0,28	24–28	0,17
6–10	0,29	14–17	0,27	24–29	0,16
7–9	0,22	15–17	0,34	24–30	0,22
7–10	0,32	16–17	0,37	25–27	0,11
8–9	0,23	18–19	0,48	25–28	0,03
8–10	0,31	18–20	0,65	25–29	0,15
11–12	0,71	19–20	0,53	25–30	0,26
11–13	0,74	18–21	0,19	26–27	0,23
12–13	0,57	18–22	0,06	26–28	0,05
26–29	0,14	(1–4) – (6–8)	0,67	8–11	0,41
26–30	0,20	(1–4) –9	0,36	8–29	0,20
27–28	0,04	(1–4) – (11–13)	0,36	(6–8) – (11–13)	0,43
27–29	0,02	(1–4) –14	0,13	(6–8) –19	0,18
27–30	0,22	(1–4) –26	0,08	(6–8) –29	0,22
28–29	0,66	(1–4) –29	0,22	9–15	0,43
28–30	0,11	5–9	0,40	9–19	0,03
29–30	0,09	5–14	0,17	11–29	0,35
1–8	0,63	5–15	0,14	(11–13) –19	0,10
1–11	0,33	5–19	0,05	(11–13) –29	0,35
1–29	0,19	5–25	0,15	15–19	0,14

реляции получены между рядами по лиственнице Полярного и Приполярного Урала (0,63–0,82). Связи между рядами по ели в этих провинциях более слабые (0,40–0,49), также как между рядами по лиственнице и ели (0,22–0,42). На Северном Урале показатели тесноты связи между рядами более низкие, но практически они одинаковы как между рядами по лиственнице (0,57–0,74), так и между рядами по ели (0,53–0,71). Между рядом по сосне и рядами по ели коэффициент корреляции колеблется от 0,27 до 0,34, между рядом по сосне и рядами по лиственнице – от 0,28 до 0,36, а между рядами по ели и лиственнице – от 0,10 до 0,42. На Южном Урале показатели тесноты связи еще более низкие, причем они несколько выше на Таганае по сравнению с Иремелем. Так, коэффициент корреляции между

рядами по ели (верхняя границы леса) в первом районе составляют 0,48–0,65, а во втором – 0,15–0,32. Еще ниже теснота связи между рядами по ели, полученными для условий "долинные курумы", с рядами по ели, полученными в районе верхней границы леса (0,11–0,33). Самое высокое значение коэффициента корреляции получено между рядами по лиственнице 28 и 29 (0,66). Теснота связи между рядами по сосне ниже, чем между рядами по ели, а между рядами по сосне и ели выше, чем между рядами по сосне и лиственнице. Низкие значения коэффициента корреляции получены между рядами по ели и сосне (0,02–0,17).

С увеличением расстояния между районами коэффициент корреляции сильно снижается, достигая значений, близких к нулю, особенно между рядами по ели, а также между рядами по ели и лиственнице. Между рядами по лиственнице Полярного и Приполярного Урала и южноуральским рядом по лиственнице 29 коэффициент корреляции снижается лишь до 0,19–0,22 (см. табл. 7).

Анализ показателей, характеризующих погодичную изменчивость и сходство между дендрохронологическими рядами (коэффициенты чувствительности, синхронности и корреляции) как в пределах отдельных природных провинций Урала, так и между провинциями, показал, что все три коэффициента изменяются сходно. Наиболее высокими показателями чувствительности обладают ряды Полярного и Приполярного Урала, а наиболее низкими – ряды Южного Урала. Это свидетельствует о том, что при движении с севера на юг происходит ослабление действия на прирост деревьев общего лимитирующего фактора, в данном случае климатического. Ряды по лиственнице являются наиболее чувствительными и сходными друг с другом по сравнению с рядами по ели и сосне.

Различия в типах условий местообитания практически не сказываются на рассматриваемых характеристиках дендрохронологических рядов в северной половине Уральского хребта. Такое влияние начинает проявляться лишь на Южном Урале, о чем свидетельствует большой разброс этих показателей у рядов, полученных для различных типов условий местообитания.

ГЛАВА 3

ЦИКЛИЧНОСТЬ МНОГОЛЕТНИХ КОЛЕБАНИЙ РАДИАЛЬНОГО ПРИРОСТА ДЕРЕВЬЕВ

Характерной чертой радиального годичного прироста древесных растений, произрастающих на верхнем пределе своего распространения, является наличие более или менее регулярных многолетних колебаний различной длительности. Колебания, у которых период, фаза и амплитуда не являются постоянными, а изменяются в пределах некоторого диапазона во времени и в пространстве, называются циклическими или ритмическими (Шнитников, 1968; Возовик, 1970; Дроздов, Григорьева, 1971; Максимов Е.В., 1976; Комин, 1978). В дендрохронологических работах чаще всего используется термин "цикличность", поэтому мы и будем им пользоваться в дальнейшем. Как правило, почти в каждом временном ряду имеется несколько циклов различной длительности, которые, налагаясь друг на

друга, чрезвычайно усложняют их выделение и изучение. Подобное явление получило название "полицикличности" или "многоритмичности" (Эйгенсон, 1963; Максимов Е.В., 1976). Некоторые авторы полагают, что совокупность цикличностей едина и отношение средних длительностей соседних основных циклов составляет 2 или 3 (Предтеченский, 1948; Эйгенсон, 1963).

Цикличность свойственна не только компонентам неорганического и органического мира нашей планеты, но также и космическим явлениям как в пределах Солнечной системы, так и за ее пределами. "Цикличность, – отмечают А.А. Трофимук и Ю.Н. Карагодин (1977, с. 9), – одно из самых общих свойств существования материи, один из главных универсальных принципов развития природы". Диапазон длительностей выделенных к настоящему времени циклов очень велик – от 2–3 лет до сотен тысяч лет (Шнитников, 1970; Максимов, 1976).

Хотя цикличность в природных явлениях, особенно в метеорологических и гидрологических, изучается уже свыше 100 лет, однако теория этого вопроса разработана еще слабо. Механизм образования циклов различной длительности не выяснен. Однако неослабевающий интерес к изучению цикличности связан с открывающейся возможностью использовать выявленные закономерности для прогнозирования природных явлений, что особенно важно в условиях планового ведения хозяйства. В настоящее время происходит процесс накопления материала на разных природных объектах. Как отмечает М.С. Эйгенсон (1963), более или менее удовлетворительно к настоящему времени изучены некоторые внутривековые циклы, исследование многовековых циклов только начинается.

Важнейшим условием успешного изучения цикличности является наличие достаточно длительных и однородных временных рядов. В этом отношении дендрохронологические ряды предствляют особую ценность благодаря их высокой разрешающей способности (год), однородности и значительной длительности (сотни и даже тысячи лет). Поэтому с самого начала развития дендрохронологии как научной дисциплины большое внимание уделялось изучению циклов. Основоположником этого направления следует считать русского климатолога Ф. Шведова (1892), который в толщинах годичных колец белой акации обнаружил довольно регулярную повторяемость (периодичность) образования самых узких колец (через 3 и 9 лет) в засушливые годы. На основе выявленной периодичности наступления засух Ф. Шведовым впервые был дан прогноз наступления очередной засухи, который полностью оправдался. Особенно интенсивно цикличность прироста древесных растений изучалась американскими исследователями в 20–40-х годах текущего столетия (Douglass, 1909, 1914, 1919, 1928, 1933, 1936; Abbot, 1936; Schulman, 1936, 1956). В последнее время цикличностью больше занимаются на Евроазиатском континенте (Siren, 1963; Костин, 1960, 1961, 1965; Колищук, 1966; Битвинскас 1966, 1974; Комин, 1970б, 1972а, б, 1974; и др.). Наиболее часто в древесно-кольцевых сериях выявляются внутривековые циклы, особенно 11- и 22-летние. Циклы, обнаруженные в приросте деревьев, изменчивы до длительности, амплитуде и форме. Они то исчезают, то снова появляются. Длительность циклов меняется в пределах удаленных друг от друга районов и во времени.

Поскольку нами проводился тщательный отбор модельных деревьев, а также использовались специальные методики обработки исходных данных, то в полученных дендрохронологических рядах содержатся в основном климатически обусловленные циклы. Согласно современным представлениям (Шнитников, 1957; Эйгенсон, 1963; Афанасьев, 1967; Сазонов, 1973а; Максимов и др., 1977; Монин, Шишков, 1979) первопричинами климатических колебаний являются вращение Земли, солнечная радиация, возмущение космического пространства, приливообразующие силы Луны и Солнца, автоколебательные процессы системы атмосфера–гидросфера.

По продолжительности циклы обычно подразделяются на внутривековые (до 60 лет), вековые (60–120 лет) и сверхвековые (свыше 120 лет). Рассмотрение циклов начнем с самых длительных.

3.1. СВЕРХВЕКОВЫЕ ЦИКЛЫ

Циклы такой протяженности выявляются наиболее трудно в дендрохронологических рядах. Причинами этого являются, во-первых, сравнительно небольшая продолжительность жизни древесных растений и, во-вторых, исключение наиболее крупных колебаний при переводе абсолютных величин прироста в относительные. В пределах умеренной зоны деревья живут обычно не более 300–500 лет. Поскольку для выявления того или другого цикла необходимо, чтобы возраст используемых модельных деревьев превышал бы по крайней мере в два раза протяженность предполагаемого цикла (Шиятов, 1975), то в приросте таких деревьев могут быть выявлены циклы протяженностью не более 200–250 лет. Обычно для построения дендрохронологических рядов используются деревья 150–250-летнего возраста, т.е. в рядах могут быть обнаружены лишь внутривековые и вековые циклы. Уверенно же можно говорить о наличии цикла в том случае, если во временном ряду он повторился не менее трех раз (Брукс, Карузерс, 1963). При переводе абсолютных величин годичного прироста в относительные наиболее крупные циклы исключаются потому, что в качестве динамической нормы прироста обычно используется 20- или 30-летняя средняя скользящая (Aandstad, 1938; Рудаков, 1951, 1980; Битвинскас, 1974; и др.). В этом случае в дендрохронологических рядах отсутствуют циклы протяженностью более 20–30 лет. Поскольку нас интересовали не только короткие, но и длительные циклы, была разработана специальная методика вычисления индексов прироста, которая позволяет выявлять не только вековые, но и сверхвековые циклы.

Сверхвековые циклы прежде всего можно выявить у наиболее длительных дендрохронологических рядов. В пределах Уральского профиля наиболее длительным является ряд 1–4а (1010 лет), полученный на основе использования как ныне живущих, так и давно отмерших деревьев лиственницы сибирской (Полярный Урал). На Южном Урале самыми длительными являются ряды по сосне обыкновенной – 483 года (ряд 22) и 505 лет (ряд 30).

На рис. 12 показаны сглаженные при помощи скользящего осреднения индексы прироста ряда 1–4а. Как видно из кривой *В* (110-летний период осреднения), с 1100 по 1400 гг. индексы прироста лиственницы постоянно были выше нормы и своих максимальных величин достигали в середине

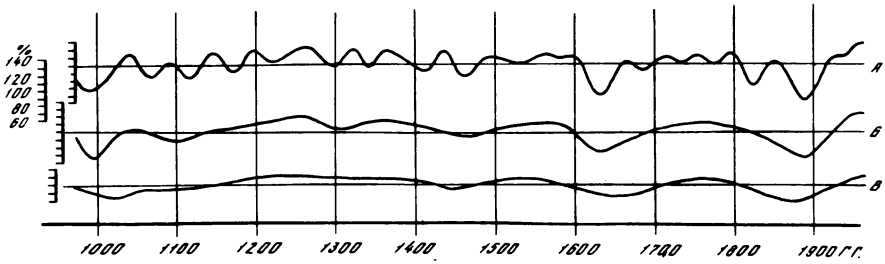


Рис. 12. Вековой и сверхвековой циклы в колебаниях индексов прироста у лиственницы сибирской (ряд 1–4а) на Полярном Урале. Кривые *А*, *Б* и *В* получены сглаживанием соответственно 30-, 50- и 110-летней средней скользящей

XIII в. Затем наблюдалось постепенное снижение прироста вплоть до конца XIX в. На фоне этой длительной тенденции происходили более мелкие колебания, которые хорошо видны на кривой *Б*, полученной при помощи 50-летнего осреднения. Эта кривая показывает наличие довольно регулярных циклических колебаний, средняя длительность которых равна 178 годам, а средняя амплитуда – 17,1%. Минимумы этого цикла наблюдались в 990–1000, 1090–1100, 1290–1300, 1460–1470, 1625–1635 и 1880–1890 гг., а максимумы – в 1040–1050, 1250–1260, 1250–1260, 1350–1360, 1560–1570 и 1750–1760 гг. С конца XIX в. началась восходящая фаза нового цикла, который, по всей пероятности, достиг своего максимума в 60-х года текущего столетия. Сверхвековые циклы были также выявлены у многих рядов в пределах Уральского профиля при помощи метода автокорреляции (Полозова, Шиятов, 1979). У полярноуральских рядов 1,2 и 1–4 проявился цикл длительностью 250–260, а у ряда 3 – 200–210 лет. Кроме того, у рядов по лиственнице 1 и 1–4 выделен 160–170-летний, а у ряда по ели 5–180-летний цикл. Все перечисленные циклы имеют одинаковую и сравнительно небольшую амплитуду (10%). На Приполярном Урале у ряда по лиственнице 7 выделено два сверхвековых цикла: 130–135-летний (амплитуда 20%) и 215–220-летний (амплитуда 15%). Ряд 8 показал наличие цикла длительностью 250–260 лет и амплитудой 10%, а генерализированный ряд 6–8 – 240–250 лет и амплитудой 10%. У североуральских рядов сверхвековые циклы выражены слабо. Лишь у рядов по лиственнице 12 и 11–13 выделен цикл длительностью 200–240 лет и амплитудой 10%. Южноуральские ряды показали наличие довольно длительных циклов. У ряда по ели 27 (долинные курумы) проявился 350-летний цикл, а у ряда по сосне 30 (долинные курумы) – 300–320-лений. Ряды по ели 24 и 25 содержат 200–220-летний цикл, а ряд по лиственнице 29 – 150–160-летний. Все эти сверхвековые циклы имеют небольшую амплитуду (10%).

Таким образом, в самом длинном дендрохронологическом ряду был выявлен цикл длительностью 160–180 лет. Он выражен на Полярном Урале и на севере Западной Сибири (Шиятов, 1975), причем наблюдается высокая синхронность в ходе его проявления в районах, которые довольно далеко удалены друг от друга. Характеристики более длительных (200–350-летних) циклов определены с недостаточной степенью точности, так как в рядах они повторились 1–2 раза. Для их выявления и изучения требуется

получение более длительных рядов и совершенствование методики вычисления индексов прироста.

Цикл длительностью 160–190 лет неоднократно обнаруживался в колебаниях различных природных явлений и получил название "двойной вековой цикл" (Эйгенсон, 1957, 1963; Бонов, 1957; Суслов, 1963). Этот цикл чаще всего выявлялся в показателях солнечной активности. (Предтеченский, 1948; Эйгенсон, 1957, 1963; Бонов, 1957; Суслов, 1963; Дружинин и др., 1966; Максимов, 1970; Сазонов, 1973б; Костин, 1979; Резников, 1980). Двойной вековой цикл был также обнаружен в колебаниях климата (Суслов, 1963), режима ледников (Brückner, 1904; Закиев, 1965), иловых отложений озер (Шостакович, 1934) и прироста древесины (Берри, Либерман, Шиятов, 1979; Турманина, 1972; Тушинский, Турманина, 1976, 1979).

Многие авторы считают двойной вековой цикл основным циклом солнечной активности (Предтеченский, 1948; Суслов, 1963; Сазонов, 1973б; Резников, 1980). Он характеризуется устойчивостью во времени и значительными колебаниями показателей от минимума к максимуму. По мнению П.П. Предтеченского (1948), М.С. Эйгенсона (1957) и А.Д. Бонова 1957), каждый такой цикл состоит из двух вековых или из 15–17 одиннадцатилетних циклов.

Что касается природы двойного векового цикла, то в последнее время все большее подтверждение получает точка зрения тех авторов, которые считают, что его проявление в показателях солнечной активности обусловлено изменением приливообразующих сил на поверхности Солнца в связи со схождением таких планет, как Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун, в минимальном секторе небесной сферы примерно через каждые 179 лет (Сазонов, 1973б; Резников, 1980). Возникновение этого цикла в пределах ландшафтной оболочки Земли чаще всего связывается с соответствующими колебаниями солнечной активности (Brückner, 1904; Эйгенсон, 1957, 1963; Суслов, 1963; Шнитников, 1968, 1970). В последнее время Н.Х. Яворским и др. (1979), была высказана гипотеза о том, что двойной вековой цикл длительностью 186 лет образуется в результате изменения величины лунно-солнечного атмосферного прилива на Земле в связи с движением Луны и Земли по своим орбитам.

3.2. ВЕКОВЫЕ ЦИКЛЫ

Вековые циклы хорошо выявляются в колебаниях индексов прироста, так как полученные дендрохронологические ряды имеют достаточную длительность (200–400 лет и более). В связи с этим можно проследить, как меняются характеристики циклов у разных видов древесных растений, в разных типах условий местообитания и в различных физико-географических районах.

Полярный Урал. На рис. 13 приведены сглаженные при помощи 30-летней средней скользящей индексы прироста рядов 1–5. Бросается в глаза большая синхронность в ходе проявления полученного цикла, особенно у рядов по лиственнице, несмотря на то, что они получены для различных типов условий местообитания (от сухих до заболоченных). Некоторое смещение фаз наблюдается лишь в левой части кривых, которые обес-

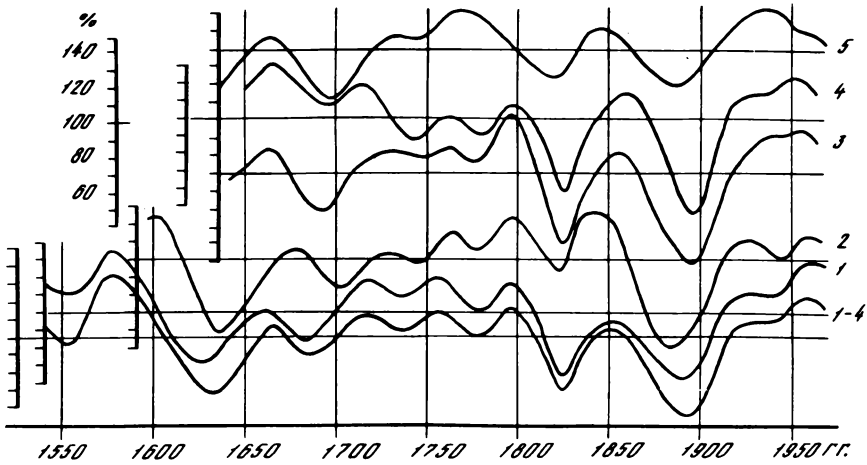


Рис. 13. Вековой цикл в колебаниях индексов прироста у лиственницы сибирской (ряды 1–4) и ели сибирской (ряд 5) на Полярном Урале

печены небольшим количеством модельных деревьев (1–5 шт.). У ряда по ели 5 этот цикл также идет синхронно, но имеются и расхождения. Так, например, у ряда по ели не наблюдалось снижения прироста в конце XVIII в., в то время как у всех рядов по лиственнице оно наблюдалось (см. рис. 13). У рядов, полученных по ныне живущим деревьям, завершилось 4–6 полных циклов. Средняя длительность выявленного цикла у разных рядов примерно одинакова – от 61 до 65 лет. Амплитуда цикла у рядов по лиственнице высокая (21,4–27,4%), а у ряда по ели гораздо меньше (16,9%) (табл. 8). Этот цикл также хорошо выражен и у тысячелетнего ряда 1–4а, у которого за этот промежуток времени завершилось 16 полных циклов (см. рис. 12, *А*). Средняя длительность его оказалась равной 60 годам, а амплитуда – 23,3%.

Анализ полярноуральских рядов при помощи метода спектрального разложения показал слабую выраженность длительных циклов. Хотя у многих рядов и был выделен 60–80-летний цикл, однако достоверность его выявления небольшая в связи с тем, что этот метод определяет параметры крупных циклов с большими погрешностями. При помощи метода автокорреляционных функций у рядов 1 и 1–4 выделился 100–110-летний цикл, имеющий большую амплитуду (25–30%), а у рядов 2 и 3 – 55–65-летний цикл с амплитудой 10–35%. У ряда 2 в пределах временнóго интервала 1838–1969 гг. проявился 85–90-летний цикл с очень большой амплитудой (35%).

Приполярный Урал. Как видно из рис. 14, вековой цикл синхронно проявляется как у рядов по лиственнице (6–8), так и у рядов по ели (9–10), несмотря на различия в условиях местообитания. У рядов по ели не выражен лишь минимум, который наблюдался в 30-х года текущего столетия у рядов по лиственнице. Средняя длительность выявленного цикла у рядов по лиственнице колеблется от 59 до 65 лет, а у рядов по ели – от 69 до 90 лет. Амплитуда этого цикла у большей части рядов примерно

Таблица 8. Характеристики циклов, выявленных в дендрохронологических рядах при помощи скользящего осреднения (*К* – количество полных циклов, шт., *Т* – средняя длительность цикла, лет; *А* – средняя амплитуда цикла, %)

№ ряда	Вековые			Внутривековые					
	К	Т	А	К	Т	А	К	Т	А
1	6	64	21,4	18	21,9	24,4	39	10,7	26,5
2	5	62	26,9	15	23,0	29,1	33	10,8	28,7
3	4	64	27,2	13	21,8	29,0	28	11,0	32,6
4	4	61	27,4	13	21,9	30,8	28	11,1	33,6
1–4	6	65	22,5	18	21,8	23,7	39	10,6	26,9
5	4	64	16,9	13	23,9	19,6	28	11,4	23,2
6	4	59	18,6	11	23,4	25,0	26	10,8	31,6
7	3	65	26,8	10	25,9	26,5	25	11,0	29,0
8	4	59	17,0	11	22,9	23,3	24	11,0	29,0
6–8	4	61	17,7	11	23,5	22,3	26	10,8	31,6
9	3	90	16,5	9	26,4	22,2	27	10,2	24,6
10	2	78	19,5	8	27,9	25,9	24	10,4	31,1
9–10	3	69	15,5	9	26,4	24,1	27	10,3	28,8
11	5	60	18,8	14	24,4	23,0	37	9,9	26,2
12	5	60	22,7	13	25,5	28,5	35	10,1	23,4
13	5	61	16,9	14	23,9	24,0	36	10,0	25,8
11–13	5	61	19,2	14	24,2	23,4	37	9,9	25,4
14	4	60	15,6	12	21,5	23,6	27	10,3	19,2
15	3	50	21,0	7	22,0	24,4	17	10,8	23,5
16	3	52	10,6	7	22,0	21,8	17	11,1	23,6
14–16	4	61	16,2	12	21,7	22,4	27	10,3	20,0
17	6	59	13,7	14	26,6	15,5	39	10,3	19,2
18	3	67	10,7	7	28,0	12,9	20	11,2	20,0
19	4	53	10,2	7	28,6	16,4	20	10,6	23,1
20	2	73	12,8	6	28,3	12,7	18	11,0	22,5
18–20	3	67	6,4	7	28,0	14,7	20	11,2	20,0
21	7	53	12,0	13	28,1	12,7	36	10,9	15,9
22	8	54	10,7	15	29,3	15,3	41	11,4	17,6
23	4	56	16,1	7	30,0	17,5	21	10,6	20,1
24	3	71	12,3	9	26,0	19,8	25	10,7	23,5
25	4	57	15,0	9	25,1	28,6	25	10,2	20,0
26	3	71	11,0	8	27,0	17,0	21	11,4	23,9
24–26	3	72	10,8	9	25,4	16,7	25	10,6	17,9
27	5	56	9,3	11	26,1	14,2	28	11,1	20,0
28	4	62	15,1	10	26,8	15,5	25	11,2	27,1
29	2	62	11,4	7	23,1	19,8	19	9,9	28,6
30	7	62	12,1	15	30,6	15,4	43	11,2	18,3

одинакова – 15,5–19,5%, лишь у одного ряда по лиственнице 7 (сухие местообитания) она оказалась намного выше – 26,8% (см. табл. 8). Анализ приполярноуральских рядов при помощи автокорреляционных функций показал наличие 120–130-летнего цикла у рядов по лиственнице 6,8 и 6–8 (амплитуда 10–20%) и 900–100-летнего цикла у всех рядов по ели (амплитуда 15–20%). Спектрограммы показывают на присутствие циклов,

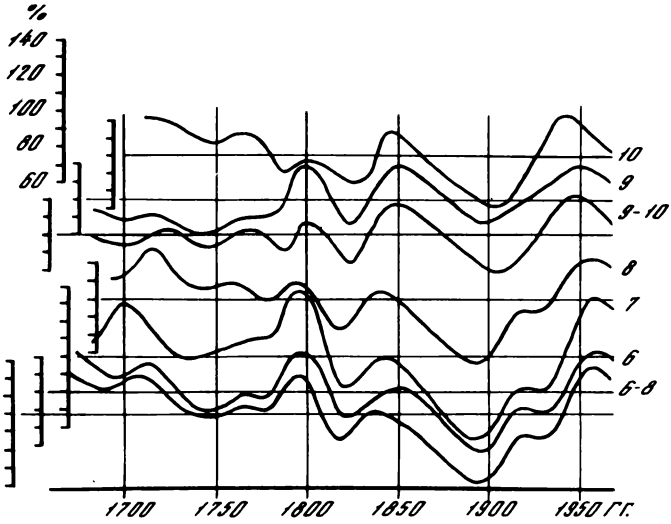


Рис. 14. Вековой цикл в колебаниях индексов прироста у лиственницы сибирской (ряды 6–8) и ели сибирской (ряды 9–10) на Приполярном Урале

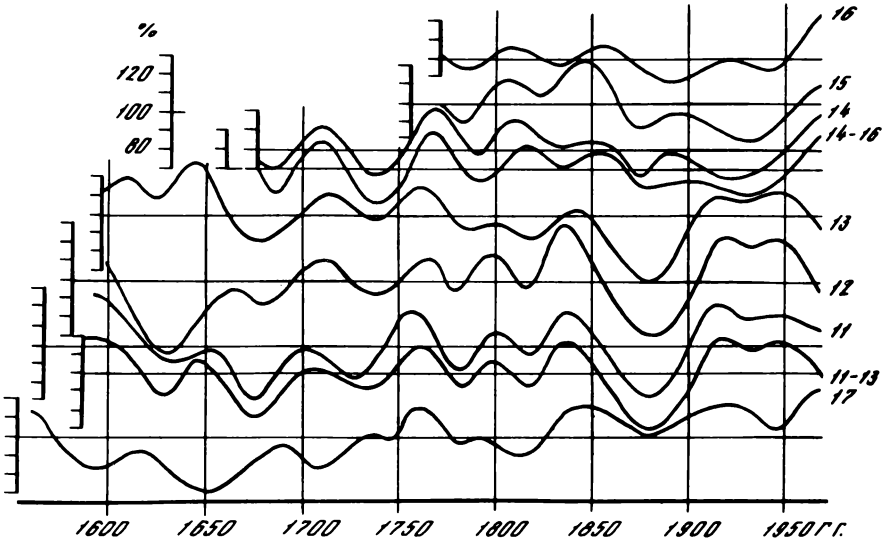


Рис. 15. Вековой цикл в колебаниях индексов прироста у лиственницы сибирской (ряды 11–13), ели сибирской (ряды 14–16) и сосны обыкновенной (ряд 17) на Северном Урале

сравнимых с длиной ряда, но у рядов по ели эти циклы выражены слабее, чем у рядов по лиственнице.

Северный Урал. Вековой цикл в колебаниях индексов прироста лиственницы (ряды 11–13) очень синхронен в различных типах условий местообитания (рис. 15). Длительность его оказалась равной 60–61 году, а амплитуда – 16,9 -22,7% (см. табл. 8). У рядов по ели 14–16 наблюдается

небольшой сдвиг фаз цикла. Длительность его колеблется от 50 до 61 года, а амплитуда – от 10,6 до 21,0%. Самый длительный ряд по этому району получен по сосне обыкновенной (ряд 17). У него также выражен вековой цикл длительностью 59 лет и амплитудой 13,7%. При помощи автокорреляционных функций в североуральских рядах был выделен 100–130-летний цикл, имеющий амплитуду 10–15%, и у генерализированного ряда 14–16 – 55–60-летний цикл (амплитуда 20%).

Анализ спектрограмм, полученных с этих рядов, показывает весьма пеструю картину проявления длительных циклов. У одних рядов (12, 15, 17) крупные циклы выражены хорошо у других (11, 13) слабо, у третьих (14, 16) совсем не проявляются.

Южный Урал. Вековой цикл в этом районе выражен хорошо (рис. 16 и 17). У рядов по ели с верхней границы леса как на хребте Таганай (18–20), так и на массиве Иремель (24–26) наблюдается сдвиг фаз этого цикла в различных типах условий местообитания, а у ряда 25 проявился дополнительный цикл на рубеже XVIII–XIX вв., отсутствующий у других рядов. Однако наиболее глубокие минимумы в колебаниях прироста у всех рядов совпадают. Своеобразен ход проявления векового цикла у рядов 19 и 25 (обильно и проточно увлажненные местообитания). Можно сказать, что в пределах отдельных типов условий местообитания вековой цикл колеблется наиболее синхронно (сравним, например, ряды 18 и 24, 20 и 26). У генерализированных рядов 18–20 и 24–26 ход этого цикла также довольно синхронен. У ряда по сосне 23 (сухие местообитания) вековой цикл идет синхронно с таким же циклом у ряда по ели 19 и ряда по лиственнице 29 (обильно и проточно увлажненные местообитания).

В условиях долинных курумов синхронность в ходе проявления векового цикла слабая (см. рис. 17). Наиболее синхронен этот цикл у рядов по сосне 22 и 30, особенно в течение последних 150 лет. В некоторые периоды (1550–1680 гг.) ход векового цикла у этих рядов был зеркальным. Довольно слабая синхронность вековых колебаний прироста наблюдается у рядов по ели 21 и 27, в то время как между рядами 28 (лиственница), 22 (сосна) и 30 (сосна) колебания довольно синхронны. Как это ни странно, вековой цикл у рядов по ели с верхней границы леса более синхронен с циклом, выявленным у рядов по сосне в условиях долинных курумов, чем с циклом, выявленным у рядов по ели в тех же условиях долинных курумов (см. рис. 16 и 17).

У отдельных южноуральских рядов завершилось от 2 до 8 полных вековых циклов. Средняя длительность этого цикла колеблется от 53 до 73 лет, а средняя амплитуда – от 6,4 до 16,1%. Наименьшей амплитудой обладают генерализированные ряды, так как в различных типах условий местообитания наблюдается сдвиг фаз цикла и при усреднении рядов происходит смятие цикла.

Разложение южноуральских рядов при помощи спектрального метода показало, что в них имеются крупные циклы. У рядов 21, 22 и 23 (хребет Таганай) четко выделился вековой цикл длительностью 53–64 года. Метод автокорреляции выявил вековые циклы лишь у двух таганайских рядов (80–90-летний – у ряда 18 и 60–70-летний – у ряда 22). Притом в обоих случаях он проявился лишь в пределах временного интервала 1863–1970 гг.

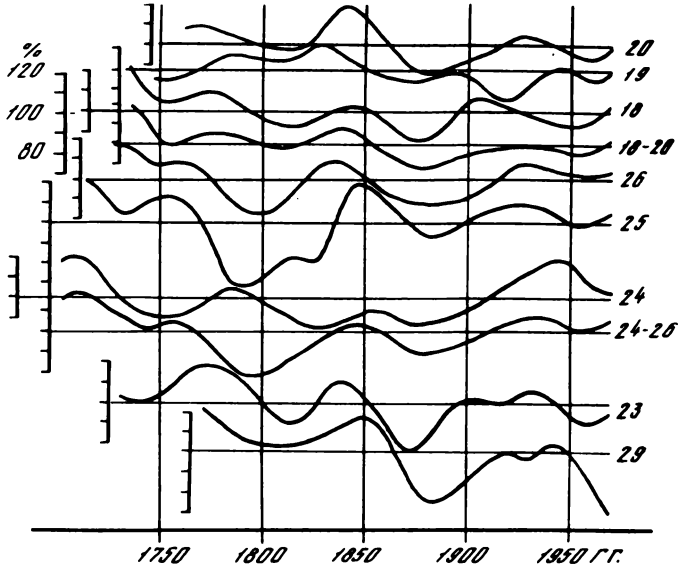


Рис. 16. Вековой цикл в колебаниях индексов прироста у ели сибирской (ряды 18–20, 24–26), сосны обыкновенной (ряд 23) и лиственницы сибирской (ряд 29)) на Южном Урале

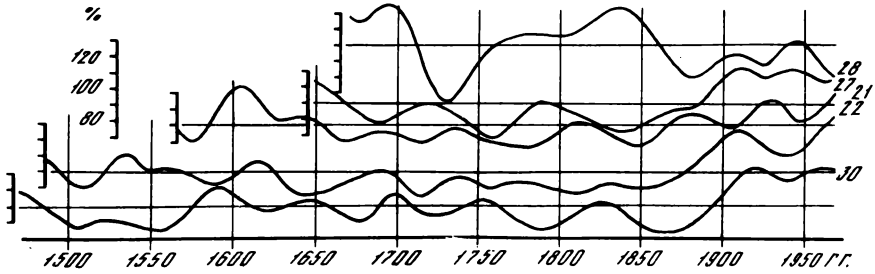


Рис. 17. Вековой и сверхвековой циклы в колебаниях индексов прироста у лиственницы сибирской (ряд 28), ели сибирской (ряды 21 и 27) и сосны обыкновенной (ряды 22 и 30) на Южном Урале

Таким образом, вековые циклы были выявлены практически у всех полученных дендрохронологических рядов. Во всех изученных районах выражен цикл длительностью в 55–65 лет. На Полярном, Приполярном и Южном Урале у некоторых рядов, особенно еловых, проявляется 80–90-летний цикл. Замечено, что у одних и тех же рядов могут содержаться как 55–65-летний, так и 80–90-летний циклы, но обязательно в пределах различных интервалов времени. 80–90-летний цикл чаще всего проявляется в течение последних 150–180 лет. Так, например, у ряда 2 (Полярный Урал) этот цикл выявился только тогда, когда анализу был подвергнут временной интервал 1838–1969 гг. Анализ всего этого ряда (1594–1969 гг.) показал наличие 55–65-летнего цикла. Подобная транс-

формация векового цикла отмечалась, например, в колебаниях солнечной активности (Зушинская, 1975б). Кроме 55–65 и 80–90-летнего циклов, почти во всех северных районах (Полярный, Приполярный, Северный Урал) отчетливо выделился цикл длительностью 110–120 лет.

Вековым обычно называют цикл длительностью от 60–70 до 110–120 (в среднем 80–90) лет, который впервые был обнаружен в колебаниях солнечной активности (Ганский, 1904; Шостакович, 1928б; Schulman, 1938; Эйгенсон, 1946, 1957, 1963; Рубашов, 1964; Дружинин и др., 1966; Витинский, 1963; Музалевский, Жуков, 1970; Сазонов, 1973б; Резников, 1980). Впоследствие этот цикл был выявлен в колебаниях многих природных явлений, в частности в колебаниях климата и стока рек (Köppen, 1914, 1918; Шостакович, 1928б; Максимов, 1952, 1954а, б; Эйгенсон, 1957; Вительс, 1946, 1962; Дружинин и др., 1966; Виллетт, 1966; Афанасьев, 1967; Полозова, 1970; Дроздов, Григорьева, 1971; Оль, 1973; Дроздов, 1973; Гедеонов, 1973), ледовитости северных морей (Назаров, 1947; Максимов, 1954б, 1970; Бетин, Преображенский, 1962), земного магнетизма (Шостакович, 1928б). Вековой цикл обнаружен в иловых отложениях озер (Перфильев, 1927; Шостакович, 1934; Костин, 1968а) и годичных кольцах деревьев (Douglass, 1919, 1924, 1933, 1936; Antevs, 1925; Abbot, 1936; Schulman, 1936, 1938, 1956; Erlandsson, 1936; Костин, 1960; Bryson, Dutton, 1961; Siren, 1963; Афанасьев, 1967; Комин, 1970б, 1971, 1972а; Зушинская, 1975а; Мухамедшин, Сартбаев, 1972; Кабец, 1972; Дроздов, Полозова, Сазонов, 1972; Оленин, 1974, 1976, 1977).

Анализ литературных материалов и полученных нами данных свидетельствует о том, что существует не один, а несколько вековых циклов. В полученных дендрохронологических рядах обнаруежны три вековых цикла, а именно: 55–65, 80–90 и 110–120-летний. В одном и том же ряду могут присутствовать все три цикла. Наиболее плохо изученным является 55–65-летний цикл, что, видимо, связано с тем, что его часто рассматривают как промежуточный между 33- и 80–90-летними циклами. Однако он неоднократно обнаруживался в колебаниях прироста деревьев (Douglass, 1933, 1936; Erlandsson, 1936; Schulman, 1936, 1938, 1956; Максимов, 1952, Гурский и др., 1953; Комин, 1972а; Берри, Либерман, Лукьянова, Турманина, 1976, 1979; Глебов и др., 1978). В полученных нами рядах 55–65-летний цикл является самым распространенным.

Больше всего сведений имеется о 80–90-летнем цикле. Он неоднократно выделялся в ходе солнечной активности, климата и прироста древесных растений. Как уже отмечалось выше, в некоторых рядах наблюдается трансформация 55–65-летнего цикла и 80–90-летний и наоборот. Закономерности такой трансформации еще совсем не изучены. Можно лишь предполагать, что причиной этого являются закономерности интерференции и чередования таких внутривековых циклов, как 22- и 33-летние. Для решения этого вопроса требуется тщательный анализ длительных и надежных временных рядов. Более обоснованного подтверждения требует также высказанное нами вместе с Л.Г. Полозовой предположение, что центром проявления векового цикла в пределах Полярного профиля является район нижнего течения Оби. Здесь он имеет наибольшую длительность (около 80 лет) и амплитуду (25–30%). К западу и востоку от этого района длительность векового цикла сокращается до 60 лет, а амплитуда – до 10–12%

(Полозова, Шиятов, 1976). В наших рядах 80–90-летний цикл встречается сравнительно редко. Хорошо выраженный в северных районах 110–120-летний цикл, видимо, состоит из двух соседних 55–65-летних циклов, которые отличаются друг от друга по высоте максимумов. Цикл такой длительности отмечался в приросте древесных растений (Douglass, 1919; Schulman, 1936, 1938; Siren, 1963; Комин, 1972а; Берри и др., 1976).

Существует несколько точек зрения относительно причин возникновения 80–90-летнего цикла. Большинство исследователей считают его солнечно обусловленным, поскольку цикл такой длительности существует в колебаниях солнечной активности (Pettersson, 1914; Шостакович, 1928б; Эйгенсон, 1957, 1963; Вительс, 1962; Виллетт, 1966; Витинский, 1963; Шнитников, 1968, 1970; Максимов, 1970; Полозова, 1970, 1973; Гедеонов, 1973; Гирс, 1971; Зушинская, 1975б; и др.). Некоторые авторы полагают, что причиной его появления следует считать изменение прозрачности атмосферы за счет вулканической пыли (Lamb, 1969; Будыко, 1971; Давитая, 1971). О.А. Дроздов (1977) придерживается этой же точки зрения, но считает, что прозрачность атмосферы, в свою очередь, связана с солнечной активностью. Ряд авторов (Plass, 1956; Давитая, 1971) связывают проявление 80–90-летнего цикла с увеличением содержания углекислого газа в атмосфере. Что касается природы 110–120-летнего цикла, то А.В. Шнитников (1968, 1970) считает, что его возникновение связано с изменением гравитационных сил в результате движения Земли по своей орбите. Б.Л. Берри, А.А. Либерман, Л.М. Лукьянова, В.И. Турманина (1979) выделили 58- и 120-летние циклы в колебаниях солнечной активности, причем представительность их оказалась высокой, уступающей лишь 11- и 88-летним циклам.

По мнению А.Е. Дугласа (Douglass, 1933, 1936), обнаруженный им в древесно-кольцевых рядах 57-летний цикл образуется в результате интерференции 14 и 11,4-летнего солнечных циклов. Н.Х. Яворский (1975а) считает, что 62- и 93-летний циклы возникают благодаря изменению интенсивности атмосферных приливов во время движения Луны и Земли по своим орбитам. Этой же причиной объясняется возникновение 83,7- и 120,9-летнего циклов (Яворский и др., 1979). По мнению Б.И. Сазонова (1973б), циклы солнечной активности длительностью 57,1 и 114,3 года могут возникнуть благодаря делению цикла 171,4 года (по максимумам); С.Л. Афанасьев (1976) образование 59,3-летнего цикла в колебаниях солнечной активности связывает с совместным влиянием Юпитера и Сатурна. 60-летний цикл в колебаниях климата, по В.А. Понько (1976), наиболее вероятно связан с 60-летними вариациями геомагнитного поля.

Как видно из рис. 12–17, в северных районах (от Полярного до Северного Урала) вековые колебания индексов прироста у полученных рядов очень синхронны, несмотря на то, что модельные деревья росли в различных типах условий местообитания. Особенно синхронны эти колебания у рядов по лиственнице. У рядов по ели иногда наблюдается сдвиг фаз отдельных циклов, но в целом минимумы и максимумы совпадают. Это свидетельствует о том, что вековые колебания прироста деревьев в основном определяются действием общего лимитирующего фактора. На Южном Урале в долговременных колебаниях индексов прироста уже нет такой синхронности.

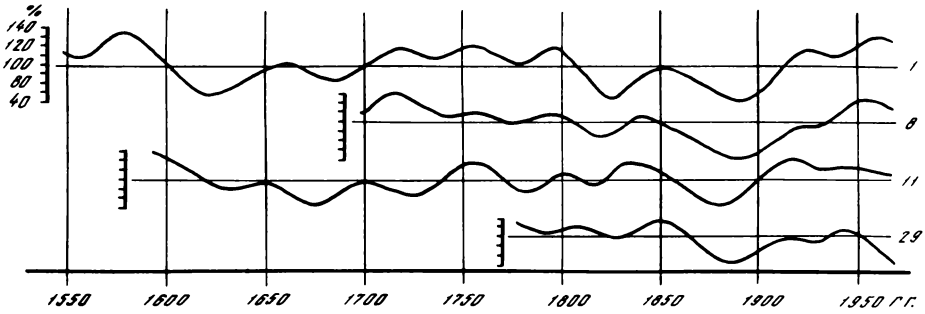


Рис. 18. Вековой цикл в колебаниях индексов прироста у лиственницы сибирской в различных природных провинциях Урала (проточно и обильно увлажненные местообитания)

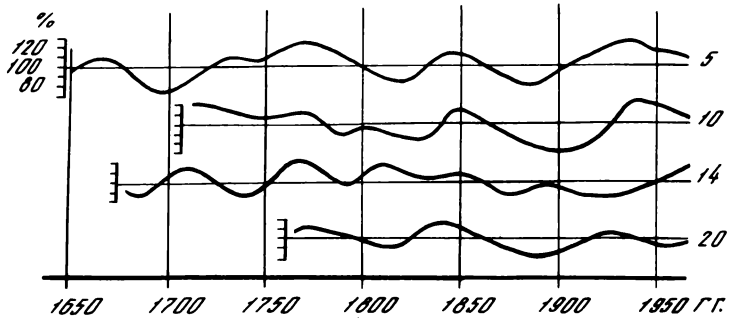


Рис. 19. Вековой цикл в колебаниях индексов прироста у ели сибирской в различных природных провинциях Урала (свежие местообитания)

В северных провинциях ход вековых колебаний индексов прироста синхронен и у разных видов хвойных. В южной провинции (хребет Таганай, массив Иремель) синхронность вековых циклов у разных видов древесных растений заметно снижается. Часто наблюдается сдвиг фаз циклов и даже их зеркальный ход.

Сопоставление вековых колебаний индексов прироста в различных природных провинциях мы произвели отдельно для рядов по лиственнице и рядов по ели. В северных районах, где вековые циклы синхронны в различных условиях местообитания, можно сопоставить генерализированные ряды. К сожалению, это нельзя делать для условий Южного Урала, где такая синхронность отсутствует. Поэтому для сопоставления мы выбирали ряды, полученные для одного и того же типа условий местообитания, а именно: для рядов по лиственнице – обильно и проточно увлажненные, для рядов по ели – свежие местообитания (рис. 18 и 19).

Как видно из рис. 18, у рядов по лиственнице ход вековых колебаний индексов прироста довольно синхронен в пределах всего Уральского профиля. Наибольшая синхронность наблюдалась в те периоды, когда происходили наиболее длительные и сильные колебания прироста. Такими, например, были минимумы в первой половине XVII, начале и конце XIX вв. и максимумы – в конце XVIII, середине XIX и начале XX вв. Совершенно

другая картина наблюдается при сопоставлении циклов у еловых рядов (рис. 19). Некоторая синхронность наблюдается лишь у рядов, полученных для соседних районов. По мере увеличения расстояния между районами исследования синхронность снижается и в конце концов почти полностью исчезает.

При движении с севера на юг происходит уменьшение амплитуды вековых циклов. Так, например, на Полярном Урале у рядов по лиственнице амплитуда 55–65-летнего цикла колеблется от 21,4 до 27,4%, на Приполярном и Северном Урале – от 16,9 до 26,8%, а на Южном Урале она составляет всего 11,4%. У рядов по ели такой четкой закономерности не прослеживается. Можно лишь отметить, что амплитуда векового цикла на Южном Урале гораздо меньше (6,4–15,0%), чем на Полярном и Приполярном Урале (15,5–19,5%) (см. табл. 8). Как правило, амплитуда вековых циклов у рядов по ели на 5–10% ниже, чем у рядов по лиственнице.

3.3. Внутривековые циклы

Полярный Урал. При помощи 15- и 5-летнего скользящего осреднения выявлено два внутривековых цикла. Средняя длительность одного из них колеблется от 21,8 до 23,9 года у отдельных рядов, а средняя амплитуда – от 19,6 до 30,8% (см. табл. 8). Ход этого цикла в различных типах условий местообитания показан на рис. 20. Как видно из рис. 20 у рядов по лиственнице (1, 2, 3, 4, 1–4) колебания индексов прироста очень синхронны, особенно в пределах тех отрезков кривых, которые обеспечены достаточным количеством моделей. Совпадают не только минимумы и максимумы циклов, но и форма отдельных колебаний. У ряда по ели 5 ход этого цикла несколько другой, чем у рядов по лиственнице: фазы цикла часто смещены, а некоторые колебания являются асинхронными.

Средняя длительность другого внутривекового цикла колеблется от 10,6 до 11,4 года, а средняя амплитуда – от 23,2 до 33,6% (см. табл. 8). Ход этого цикла также очень синхронен у рядов по лиственнице, у ряда по ели несколько своеобразен. Хотя большинство максимумов цикла совпадают между рядом по ели и рядами по лиственнице, однако часто наблюдается сдвиг фаз отдельных колебаний, а также появление дополнительных всплесков то у рядов по лиственнице, то у ряда по ели.

Методом спектрального разложения у полярноуральских рядов выделены следующие циклы: 31,7-; 13,3-; 13,9- и 2,4-летний (только у елового ряда 5), 15,6–17,9-; 10,0–11,0-; 8,3–8,4- и 2,6–2,7-летний – только у рядов по лиственнице; 20,0–25,0-; 8,8–9,3-; 6,8–7,1-; 5,4–6,2-; 4,0–4,2-; 3,3–3,5-; 2,8–3,1- и 2,1–2,2-летний – у рядов по ели и лиственнице (табл. 9).

Методом автокорреляции подтверждено наличие у всех полярноуральских рядов 16–20-летнего цикла, амплитуда которого колеблется от 10 до 30%. Кроме того, у ряда 4 выделен цикл длительностью 22–24 года (амплитуда 15%), а у ряда 2 – 45–50 лет (амплитуда 20%).

Приполярный Урал. При помощи скользящего осреднения выявлены циклы длительностью 22,9–25,9 года у рядов по лиственнице и 26,4–27,9 года – у рядов по ели. Амплитуда этих циклов колеблется от 22,2 до 26,5%. Графическое изображение этих циклов приведено на рис. 21. У рядов по лиственнице ход выявленного цикла очень синхронен в различных

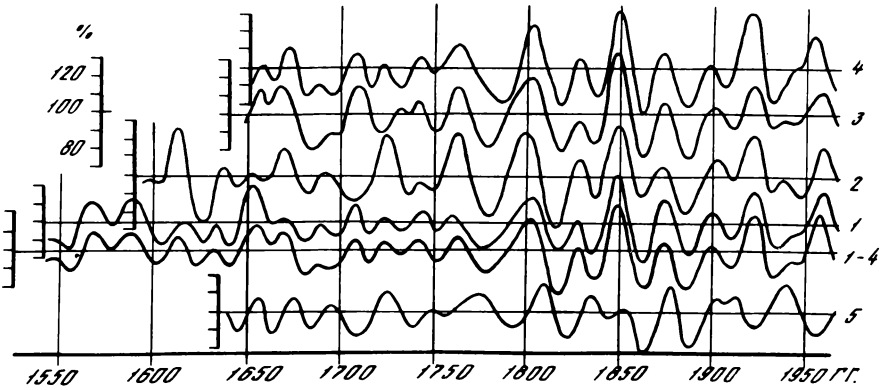


Рис. 20. 21–24-летний цикл в колебаниях индексов прироста у лиственницы сибирской (ряды 1–4) и ели сибирской (ряд 5) на Полярном Урале

типах условий местообитания. У рядов по ели синхронность цикла также большая, лишь иногда наблюдается смещение минимумов и максимумов. Сопоставление хода этих циклов у рядов по лиственнице и ели показывает наличие как сходства, так и расхождений. Последние заключаются в сдвиге фаз и даже асинхронном ходе некоторых колебаний (рис. 21).

Использование 5-летнего скользящего осреднения выявило у рядов по лиственнице и ели цикл длительностью 10,2–11,4 года и амплитудой 24,6–31,6% (см. табл. 8). Ход этого цикла очень синхронен у рядов по лиственнице, с одной стороны, и у рядов по ели – с другой. Между рядами по лиственнице и ели синхронность отдельных колебаний часто нарушается.

Анализ спектрограмм показал наличие следующих циклов: 40,7–43,3- и 12,2–12,3-летнего (лишь у рядов по ели), 25,6–26,8- и 8,0–8,1-летнего (лишь у рядов по лиственнице). Общими для рядов по ели и лиственнице являются циклы длительностью 37,2–39,6; 32,0–33,0; 21,7–24,6; 16,0–17,5; 10,0–10,9; 9,3–9,6; 6,4–7,2; 5,3–5,7; 3,8–4,2; 3,3–3,6; 2,8–3,0; 2,5–2,6; 2,3–2,4 и 2,1 года (см. табл. 9).

Методом автокорреляции у большей части рядов выявлены циклы 18–22 и 45–50 лет. У ряда по лиственнице 7 обнаружен 33–35-летний цикл, а у ряда 6–8 – 20–27-летний. Амплитуда этих циклов колеблется довольно сильно (от 10 до 30%), в том числе в пределах разных временных интервалов у одного и того же ряда.

Северный Урал. Скользящим осреднением выявлены внутривековые циклы длительностью 21,5–26,6 и 9,9–11,1 года. Амплитуда этих циклов колеблется соответственно от 15,5 до 28,5 и от 19,2 до 26,2% (см. табл. 8). Колебания индексов прироста длительностью 21,5–26,6 года очень синхронны у рядов по лиственнице. Точно также синхронны они и у рядов по ели. Очень большое сходство в ходе этого цикла наблюдается при сопоставлении рядов по лиственнице и ели, но имеются также различия, которые заключаются в сдвиге фаз и появлении дополнительных колебаний. У ряда по сосне 17 ход 21,5–26,6-летнего цикла больше сходен с его ходом у рядов по лиственнице, чем у рядов по ели (рис. 22). Колебания индексов прироста длительностью 9,9–11,1 года также очень синхронны у рядов,

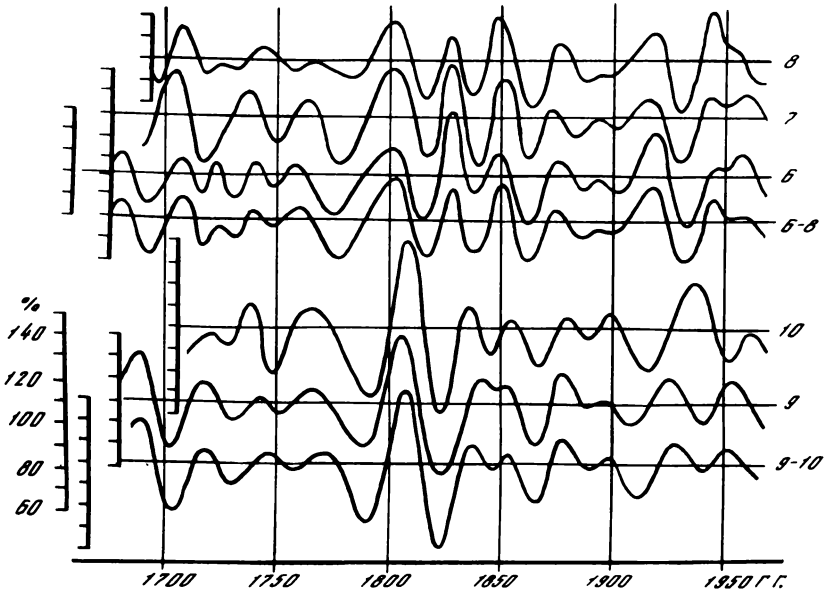


Рис. 21. 21–24-летний цикл в колебаниях индексов прироста у лиственницы сибирской (ряды 6–8) и ели сибирской (ряды 9–10) на Приполярном Урале

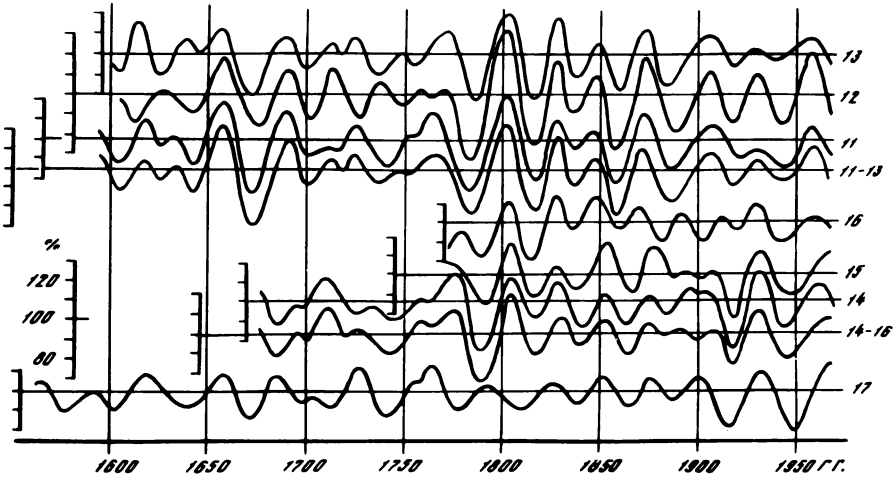


Рис. 22. 21–24-летний цикл в колебаниях индексов прироста у лиственницы сибирской (ряды 11–13), ели сибирской (ряды 14–16) и сосны обыкновенной (ряд 17) на Северном Урале

Таблица 9. Средняя длительность циклов, выявленных в дендрохронологических рядах при помощи спектрального разложения

Провинция	Номер ряда	Количество гармоник, шт.	Средняя длительность циклов, лет							
			41–45	36–39	32–34	26–29	21–24	16–18	12–14	10,0–11,5
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Полярный Урал	1	142					23,7	17,8		10,5
		88					22,0	17,6		10,4
		35								10,0
	2	125					25,0	17,9		10,9
		80					20,0	17,8		10,7
		35								10,0
	3	105					23,3	16,2		11,1
		70						15,6		10,8
		35								
	4	105					23,3	16,2		11,1
		70					23,3	17,5		10,8
		35								
	1–4	143					23,8	16,8		10,6
		89					22,3	17,8		10,5
		35								10,0
	5	111			31,7		20,2		13,9	
		73					20,9		13,3	
		35								
Приполярный Урал	6	99		39,6	33,0		22,0	16,5		10,4
		67				26,8	22,3	16,8		10,3
		35					23,3			10,0
	7	96			32,0		24,0			
		65				26,0	21,7			10,0
		35					23,3			
	8	93		37,2			23,3	16,9		10,9
		64				25,6	23,3	16,0		10,7
		35								
	6–8	99					22,0	16,5		10,4
		67				26,8	22,3	16,8		10,3
		35					23,3			
	9	96		38,4			24,0	17,5		10,1
		65	43,3							10,0
		35								10,0
	10	86	43,0				24,6		12,3	
		60	40,7				24,4		12,2	
		35								10,0
	9–10	96		38,4			24,0	17,5		
		65			32,5			16,3		10,0
		35								10,0

Средняя длительность циклов, лет										
8,8–9,6	7,5–8,4	6,5–7,2	5,3–6,0	4,6–5,0	3,9–4,4	3,3–3,7	2,8–3,1	2,5–2,7	2,3–2,4	2,1–2,2
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
9,2		7,1	5,8		4,2	3,5		2,6		2,2
9,3		7,0	5,9		4,2	3,5		2,6		
			5,8		4,1	3,5		2,6		2,2
	8,3		6,1		4,2		3,1			2,2
	8,4		6,2		4,2		3,1			2,2
			5,8		4,1		3,0			2,2
9,1			5,7			3,4	3,0	2,6		2,1
8,8			5,8			3,4	3,0	2,6		2,1
			5,8			3,3	3,0	2,6		2,1
9,1			5,5		4,2	3,3		2,7		
			5,6		4,1	3,3		2,7		
			5,4		4,1	3,3		2,7		
9,2		6,8	5,8		4,1	3,4		2,6		2,1
8,9		6,8	5,7		4,1	3,5		2,7		2,1
			5,8		4,1	3,5		2,6		2,1
8,9		7,2	5,5		4,0	3,3	2,9		2,4	2,1
9,1		7,0	5,6		4,1	3,4	2,9		2,4	2,1
8,8			5,8		4,1	3,3	2,8		2,4	2,1
		7,1	5,4		4,1	3,4	2,9	2,6	2,3	2,1
		7,1	5,4		4,2	3,4	2,9	2,6	2,3	2,1
		7,0	5,4		4,1	3,3	2,8	2,6	2,3	2,1
9,6	8,0		5,3		4,2	3,4	2,8		2,3	2,1
9,3	8,1		5,4		4,2	3,4	2,8		2,3	2,1
			5,4		4,1	3,5	2,8		2,3	2,1
		7,2	5,3		4,4	3,4	3,0	2,5	2,3	
		7,1	5,3		4,3	3,4	3,0	2,5	2,3	
		7,0	5,4		4,4	3,3	2,9	2,6	2,3	
		7,1	5,4		4,1	3,4	2,9		2,3	2,1
		7,1	5,4		4,2	3,4	2,9		2,3	2,1
			5,4		4,1	3,3	2,8		2,3	2,1
		6,4	5,6		4,1	3,6	2,8		2,4	2,1
		6,5	5,7		4,2	3,5	2,8		2,5	2,1
			5,8		4,1	3,5	2,8		2,4	2,1
9,6		7,2	5,5		3,8	3,4		2,6	2,3	2,1
9,4		7,2	5,5		3,8	3,4		2,7	2,3	2,1
			5,4		3,9	3,3		2,6	2,3	2,1
9,6		6,4	5,5		4,2	3,4	2,9	2,6	2,3	2,1
9,3		6,8	5,4		4,2	3,4	2,8	2,6	2,3	2,1
			5,4		4,1	3,5	2,8	2,6	2,3	2,1

Таблица 9 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Северный Урал	11	126		36,0			19,4		12,6	10,5
		81		40,5			20,3		12,5	
		35								
	12	124				27,6		17,7	12,4	10,3
		79				23,3		17,6	12,2	
		35								
	13	124		35,4			22,5	16,5	12,4	9,9
		79		39,5			22,6		12,2	9,9
		35					23,3			
	11–13	126		36,0		28,0	19,4	16,8	12,6	**10,5**
		81							12,5	10,1
		35								
	14	98				28,0		17,8		11,5
		66	44,0					16,5		11,0
		35								
	15	67				26,8	19,1		12,2	10,3
		51					20,4			10,2
		35					23,3			
	16	66	44,0				22,0		13,2	
		50					20,0		12,5	
		35					23,3			
	14–16	98					24,5	17,8		11,5
		66	44,0					18,9	12,0	
		35								
	17	137			34,3		22,8	18,3	13,7	11,0
		86			34,4				13,2	10,8
		35								11,7
Южный Урал	18	78				26,0	19,5			11,1
		57				28,5				11,4
		35					23,3			11,7
	19	74				29,6		16,4		10,6
		54				27,0		15,4		10,8
		35								
	20	69	46,0				23,0		12,5	10,6
		52								10,4
		35								11,7
	18–20	78				31,2			14,2	11,1
		57				28,5				11,4
		35								11,7
	24	92				26,3		16,7	12,3	10,2
		63				25,2		18,0	12,6	
		35					23,3			
		88					22,0		12,6	9,8

12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
8,7		7,0	5,3		4,3	3,4		2,7	2,3	
9,0		7,0	5,2		4,3	3,4		2,7	2,3	
8,8			5,4		4,4	3,3		2,7	2,3	
8,9		6,9	5,3		4,4	3,4	3,0	2,6	2,3	
8,8		6,9	5,3		4,3	3,4	3,0	2,6	2,3	
8,8			5,4		4,4	3,3	3,0	2,6	2,3	
8,9		6,9	5,3		3,9	3,4		2,7	2,4	
8,8		6,9	5,3		3,9	3,4		2,7	2,4	
8,8			5,4		3,9	3,3		2,7	2,3	
9,0		7,0	5,3		4,3	3,4		2,7	2,3	
9,0		7,0	5,2		4,3	3,4		2,7	2,3	
8,8			5,4		4,4	3,3		2,6	2,3	
		6,8	5,8		4,5	3,4			2,3	2,1
		6,9	5,7		4,6	3,5			2,3	2,1
		7,0	5,8		4,4	3,5			2,3	2,1
		7,1	5,4		4,5	3,4		2,5		2,1
			5,4		4,4	3,5		2,5		2,1
					4,4	3,5		2,5		2,1
	8,3	6,6			4,3	3,6	3,0	2,5		2,1
		6,7			4,3	3,6	3,0	2,5		2,1
					4,4	3,5	3,0	2,5		2,1
		6,8	5,8		4,5	3,5	2,8	2,5		2,1
		6,9	5,7		4,4	3,5	2,8	2,5		2,1
		7,0			4,4	3,5	2,8	2,5		2,1
9,1	8,3		5,5		3,9	3,3	2,9	2,5	2,3	2,1
8,8	8,2		5,2		3,9	3,3	3,0	2,5	2,3	2,1
			5,4		3,9	3,2	2,9	2,5	2,3	2,1
		6,5		4,9			3,1	2,7	2,4	2,1
		6,7		4,8			3,0	2,6	2,4	2,1
		7,0		4,7			3,0	2,6	2,4	2,1
	7,8	6,7	5,7	4,6			2,9		2,4	2,1
	7,7	6,8	5,7	4,7			2,9		2,4	2,1
				4,7			2,9		2,4	2,1
	7,7	6,6		4,9	4,2	3,3	2,9		2,4	2,1
	7,4	6,5		5,0	4,2	3,4	3,0		2,4	2,1
	7,8			5,0	4,1	3,3	2,9		2,4	2,1
	7,4	6,5		4,9	4,2	3,3	2,9		2,4	2,1
	7,1			5,0	4,2	3,3	2,9		2,4	2,1
	7,0				4,4	3,3	2,9		2,4	2,1
	8,0	6,8		4,8		3,4	2,8		2,4	
	7,9	6,6		4,8		3,4	2,8		2,4	
	7,8			5,0		3,3	2,8		2,4	
		6,5		5,0	4,3	3,6	2,8		2,4	2,1

Таблица 9 (окончание)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Южный Урал	25	61					24,4		12,2	10,2
		35					23,3			10,0
		84				28,0		15,3	12,0	
	26	59				29,5		14,8	11,8	
		35						14,0		
		92				26,3		15,3	12,3	
	24–26	63				25,2		15,8	12,6	
		35								
		135	45,0			27,0			14,2	10,0
	21	85				28,3			14,2	
		35								
		108					24,0	16,6		11,4
	27	72					24,0	18,0		
		35								
		161			35,8	26,8		17,9	12,9	11,1
	22	98				28,0			13,1	
		35								
Южный Урал		168			33,6	28,0		18,7	13,4	10,2
	30	101				28,9			13,5	
		35							14,0	
		80			32,0			16,0	12,3	
	23	57		38,0		28,5		16,3		
		35								
		101						16,8		11,9
	28	68						17,0	12,4	
		35								
		68					19,4			10,5
	29	51					20,4	17,0		11,3
		35								10,0

полученных по одному виду древесного растения, независимо от того, в каких почвенно-грунтовых условиях росли деревья.

Методом спектрального разложения выявлены следующие циклы: 44,0-летний (только у рядов по ели), 35,4–40,5-летний (только у рядов по лиственнице)), 34,3–34,4-летний (только у ряда по сосне 17). Общими для рядов по лиственнице и ели оказались циклы длительностью 26,3–28,0 и 6,6–7,1 года, для рядов по лиственнице и сосне – 8,8–9,1 года, для рядов по ели и сосне – 8,2–8,3 и 2,1 года, для рядов по лиственнице, ели и сосне – 19,1–24,5; 16,5–18,3; 12,0–13,7; 9,9–11,7; 5,2–5,8; 3,9–4,5; 3,2–3,6; 2,8–3,0; 2,5–2,7 и 2,3–2,4 года (см. табл. 9).

При помощи автокорреляционной функции выявлены циклы 18–20 лет (ряды 14, 15, 14–16), 25–30 лет (ряды 12 и 13) и 30–40 лет (ряды 13,

12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
		6,8		4,9	4,2	3,6	2,8		2,4	2,1
		6.4			4,1	3,7	2,8		2,4	2,1
	7,6	6,7			4,2	3,5	2,9		2,3	2,2
	7,9	6,9			4,2	3,5	2,9		2,4	2,2
		7,0			4,1	3,5	2,9		2,4	2,2
	8,0	6,8	5,6		4,3	3,4	3,0		2,4	2,2
	7,9	6,6	5,5		4,2	3,4	3,0		2,4	2,2
		7.0			4,1	3,3	2,9		2,4	2,2
9,0	7,9		6,0	4,9	4,1		3,0	2,6		2,1
8,9	8,1		6,1	5,0	4,0		3,0	2,6		2,1
8,8				5,0	4,1		3,0	2,6		2,1
9,0	7,4		6,0		4,3	3,4	3,1		2,4	2,1
9,0	7,6		6.0		4,4	3,4	3,1		2,4	2,1
	7,8				4,4	3,5	3,0		2,4	2,1
9,5	8,3		5,6		4,2	3,7	3,0	2,5		2,2
9,3	8,2		5,6		4,2	3,7	2,9	2,5		2,2
	7,8		5,4		4,1	3,7	2,9	2,5		2,2
9,1	8,4	6,9	5,9		4,6	3,8		2,5	2,3	
9,2	8,4	7,0	5,8		4,6	3,8		2,5	2,3	
			5,8		4,4	3,7		2,5	2,3	
	8,4		5,5		4,2	3,5	2,9	2,5		2,2
	8,1		5,4		4,2	3,5	2,9	2,5		2,2
	8,8		5,8		4,4	3,5	2,9	2,5		2,2
9,6	8,4	7,0	5,9	4,9	4,2	3,3		2,6		2,2
	8,5	7,2	5,9	4,9	4,3	3,2		2,6		2,2
			5,8	5,0	4,1	3,2		2,6		2,2
		7,2		5,0	4,3		2,9	2,6		2,2
		7,3		5,1	4,3		2,8	2,6		2,2
		7,0		5,0	4,1		2,9	2,6		2,2

11–13, 14). Все эти циклы имеют небольшую амплитуду (10%), и лишь у 18–20-летнего цикла амплитуда несколько выше (15–20%).

Южный Урал. На рис. 23 показаны внутривековые колебания индексов прироста у рядов по ели 18–20 (хребет Таганай) и 24–26 (массив Иремель); у ряда по сосне 23 и ряда по лиственнице 29 внутривековые колебания специфичны. Они мало походят на колебания, которые характерны для рядов по ели. Средняя длительность выявленного цикла у рядов по ели колеблется от 25,1 до 28,6 года, а амплитуда – от 12,7 до 28,6%. У ряда 23 длительность цикла оказалась равной 30,0 годам, а у ряда 29 – 23,1 года (см. табл. 8). У рядов, полученных для условий долинных курумов (рис. 24), рассматриваемый цикл имеет свои особенности как у разных видов древесных растений (сосна, лиственница, ель), так и в разных районах (хре-

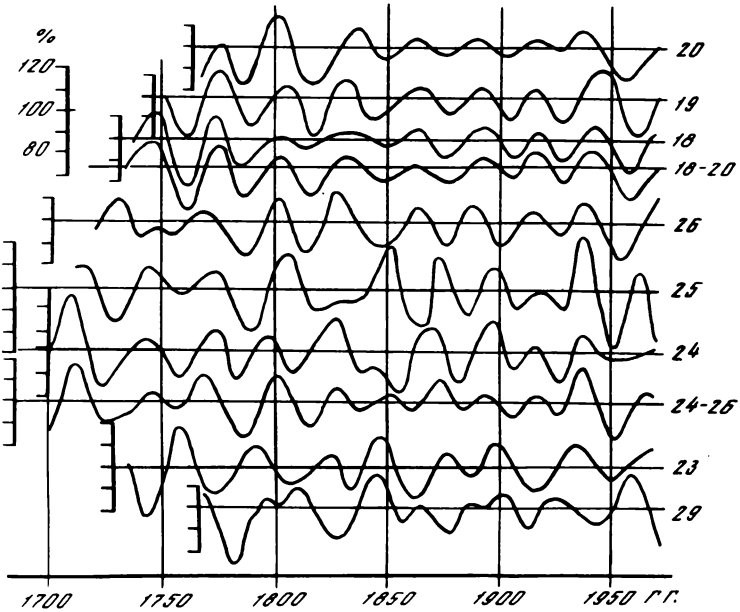


Рис. 23. 21–24-летний (ряд 29) и 26–29-летний (ряды 18–20, 24–26, и 23) циклы в колебаниях индексов прироста у ели сибирской (ряды 18–20, 24–26), сосны обыкновенной (ряд 23) и лиственницы сибирской (ряд 29) на Южном Урале

бет Таганай, массив Иремель). Так например, ряды по сосне 22 (хребет Таганай) и 30 (массив Иремель) имеют как черты сходства, так и различия. Однако длительность этого внутривекового цикла у рядов 22 и 30 примерно одинакова и колеблется от 26,1 до 30,6 года, а амплитуда – от 12,7 до 15,5%. При помощи 5-летней средней скользящей был выявлен цикл длительностью 9,9–11,4 года и амплитудой 15,9–28,6% (см. табл. 8).

У южноуральских рядов спектральным разложением выявлено значительное количество внутривековых циклов. У рядов по ели выделен цикл длительностью 45,0–46,0 лет, у рядов по сосне – 38,0 и 32,0–35,8 лет, у рядов по ели и сосне – 25,2–31,2 и 2,3–2,4 года. Общими для рядов по ели, сосне и лиственнице являются следующие циклы: 19,4–24,4-; 14,0–18,7-; 11,8–14,2-; 9,8–11,7-; 8,8–9,6-; 7,0–8,8-; 6,4–7,3-; 5,5–6,1-; 4,6–5,1-; 4,0–4,3-; 3,2–3,7-; 2,8–3,1-; 2,5–2,6- и 2,1–2,2-летний (см. табл. 9). Методом автокорреляции также выделено большое количество внутривековых циклов: 10–12 (амплитуда 15%), 12–14 (амплитуда 10–15%), 14–18 (амплитуда 10–25%), 20–25 (амплитуда 10–20%), 25–30 (амплитуда 10–20%), 30–35 (амплитуда (10–20%) и 45–58 лет (амплитуда 20%).

Таким образом, благодаря использованию в основном спектрального метода было выделено довольно большое количество внутривековых циклов. В пределах Уральского высокогорного профиля всего было выявлено 20 таких циклов, средние длительности которых оказались следующими: 47–49, 41–45, 36–39, 32–34, 26–29, 21–24, 16–18, 12–14, 10,0–11,5; 8,8–9,6; 7,5–8,4; 6,5–7,2; 5,3–6,0; 4,6–5,0; 3,9–4,4; 3,3–3,7; 2,8–3,1; 2,5–2,7; 2,3–2,4; 2,1–2,2 года (см. табл. 9).

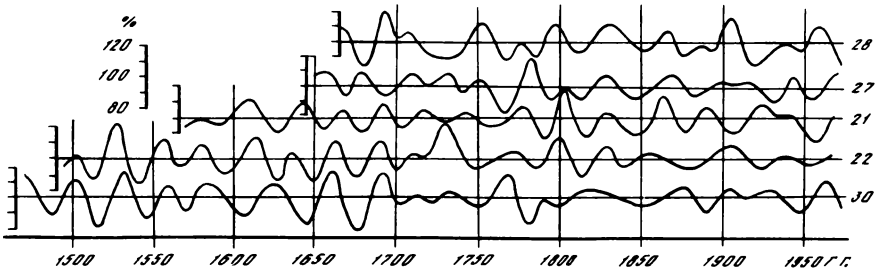


Рис. 24. 26–29-летний цикл в колебаниях индексов прироста у лиственницы сибирской (ряд 28), ели сибирской (ряды 21 и 27) и сосны обыкновенной (ряды 22 и 30) на Южном Урале

Рассмотрим выраженность отдельных внутривековых циклов в различных природных провинциях Урала и у разных видов древесных растений. Анализ начнем с самых длительных циклов и закончим самыми короткими.

Цикл длительностью 47–49 лет обнаружен нами лишь у некоторых дендрохронологических рядов. В пределах Уральского профиля он выявился при помощи метода автокорреляции у ряда 2 (Полярный Урал), рядов 8 и 9 –10 (Приполярный Урал) и ряда 21 (Южный Урал). Амплитуда его составляет 10–20 %. Этот цикл прослеживается в пределах отдельных временных отрезков рядов, поэтому он не был выявлен у этих рядов при помощи метода спектрального разложения, 47–49-летний цикл сравнительно редко выявлялся в колебаниях природных явлений. В.Ф. Логинов (1969) установил полувековой цикл в ходе температуры воздуха высоких широт. Причем минимумы этого цикла находятся вблизи экстремумов векового цикла, а максимумы – на ветви подъема векового цикла. И.П. Дружинин и др. (1966); О.А. Дроздов, А.С. Григорьева (1971); Л.В. Маючая (1976) выделили этот цикл в колебаниях солнечной активности. В колебаниях прироста деревьев 50-летний цикл был обнаружен А.В. Гурским и др. (1953) и Шулманом (Schulman, 1956).

41–45-летний цикл встречается в дендрохронологических рядах довольно редко. При помощи метода спектрального разложения он обнаружен у рядов по ели Приполярного и Северного Урала, а также у двух рядов по ели Южного Урала (см. табл. 9). Методом автокорреляции существование этого цикла было подтверждено у ряда по ели 9 (Приполярный Урал). В литературе имеются указания на наличие цикла такой продолжительности в колебаниях отдельных элементов климата. Впервые на него обратил внимание М.А. Боголепов (1921), а затем В.П. Кеппен (Köppen, 1930), О.А. Дроздов и А.С. Григорьева (1971) отмечают, что в ходе осадков циклы длительностью 40–50 лет встречаются более часто, чем 30-летние циклы. И.П. Дружинин и др. (1966) обнаружили его в колебаниях осадков и стока рек. О существовании 42–44-летнего цикла в колебаниях солнечной активности указывали Х.С. Виллет (Willett, 1949); Б.М. Рубашов (1964); Л.В. Жуков, Ю.С. Музалевский (1969); Б.Л. Берри и др. (1979). М.С. Эйгенсон (1957) считал вопрос о наличии солнечного цикла такой длительности спорным. В предложенном В.Ф. Логиновым (1972)

новом индексе солнечной активности 44-летний цикл проявляется. А.Н. Афанасьев (1967) не отрицает возможности проявления 44-летнего цикла в периоды подъема или спада векового солнечного цикла, но правильного его чередования не обнаружил. В повторяемости засушливых периодов Б.И. Сазонов (1979) обнаружил проявление 45-летнего цикла (или, по его определению, "длинного брикнеровского цикла"), который чередуется с коротким (30-летним) циклом. Дуглас (Douglass, 1936) изредка обнаруживал 40–42-летний цикл у некоторых полученных им дендрохронологических рядов. В приросте древесных растений этот цикл выявлялся Сиреном (Siren, 1963); Абботом (Abbot, 1936); Н.М. Борщевой (1978, 1981); Б.Л. Берри, А.А. Либерманом, С.Г. Шиятовым (1979).

Природа 41–45-летнего цикла изучена еще слабо. Некоторые авторы считают его солнечно обусловленным. В.Ф. Логинов (1972) указывает, что 44-летний цикл в атмосфере определяется колебаниями корпускулярной радиации. Возникновение 45-летнего цикла Б.Н. Сазонов (1979) связывает со сближением Земли, Сатурна и Урана и вызываемой этим модуляцией межпланетной среды.

36–39-летний цикл в пределах Уральского профиля выражен лишь у приполярных и североуральских рядов. Метод автокорреляции подтвердил наличие цикла такой длительности у североуральских рядов 13 и 11–13 (амплитуда 10%). Цикл длительностью 36–39 лет обнаруживался в колебаниях осадков и стока рек (Дружинин и др., 1966; Дроздов. Григорьева, 1971; Маючая, 1966)., а также в приросте древесных растений (Douglass, 1919, 1928, 1939; Eriandsson, 1936; Schulman, 1936, 1938, 1956; Bryson, Dutton, 1961; Комин, 1972а, Мухамедшин, Сартбаев, 1972; Глебов и др., 1978). Причиной образования этого цикла И.П. Дружинин (1974) считает изменение мгновенного полюса Земли относительно его среднего положения. Н.Х. Яворский (1975а) в выпадении осадков обнаруживает цикл 37,2 года и связывает его появление с действием приливообразующих сил Луны и Солнца.

Цикл длительностью 32–34 года встречаеются в дендрохронологических рядах очень редко. Он обнаружен лишь у некоторых рядов по сосне, лиственнице и ели (см. табл. 9).

Цикл средней длительностью 30–35 лет с колебаниями от 20 до 50 лет обычно относят к так называемому брикнеровскому циклу (Brückner, 1890; Эйгенсон, 1957; Шнитников, 1957, 1968, 1969; Афанасьев, 1967; Дроздов, Григорьева, 1971; Комин, 1974). С.И. Костин (1965) считает, что длительность брикнеровского цикла колеблется от 15 до 60 лет, а в среднем составляет 34,5 года. Мы считаем, что в диапазоне частот от 20 до 50 лет имеется не один, а несколько самостоятельных циклов и что к брикнеровскому циклу следует относить лишь цикл, средняя длительность которого составляет 32–34 года с колебаниями от 30 до 35 лет. Наличие 33-летнего, а не 35-летнего цикла в свое время энергично отстаивалось М.А. Боголеповым (1921) и В.Б. Шостаковичем (1928 а, б). Б.И. Сазонов (1979) считает, что существует два брикнеровских цикла – короткий (30 лет) и длинный (45 лет), которые сменяют друг друга во времени. Если эти колебания считать одним циклом, то средняя длительность цикла как раз и составит около 35 лет.

Брикнеровский цикл является одним из самых распространенных в колебаниях природных явлений.Он неоднократно обнаруживался в климатических характеристиках и приросте древесных растений (Brückner, 1890, 1902; Douglass, 1909, 1914, 1919, 1924, 1928, 1933, 1936; Erlandsson, 1936; Siren, 1963; Костин, 1965; Дружинин и др., 1966; Афанасьев, 1967; Максимов, 1970; Комин, 1972а, 1974; Адаменко и др., 1972; Маючая, 1976; Оленин, 1977; Ступнева, Битвинскас, 1978; Берри и др., 1979). Некоторые авторы считают этот цикл солнечно обусловленным, поскольку цикл такой длительности обнаруживался в колебаниях солнечной активности (Douglass, 1919, 1936; Clough, 1943; Музалевский, Жуков, 1970; Максимов, 1970). М.С. Эйгенсон (1957, 1963) полагает, что брикнеровский цикл не имеет самостоятельного значения, а представляет собой одну из фаз векового цикла солнечной активности и поэтому в земных явлениях связан с особенностями геофизических проявлений векового цикла. Эту точку зрения поддерживает А.Н. Афанасьев (1967), добавляя, что брикнеровский цикл в колебаниях атмосферных осадков образуется в результате сочетания групп 11-летних циклов на восходящей фазе векового цикла, т.е. является по своей природе солнечно обусловленным. А.В. Шнитков (1957, 1968) объясняет возникновение брикнеровского цикла увлажненности территории "биением" таких двух главнейших компонентов климата, как температура воздуха и атмосферные осадки в их многолетних рядах. По мнению О.А. Дроздова и А.С. Григорьевой (1971), этот цикл в колебаниях осадков получается в результате сложения циклов как меньшей, так и большей длительности, чему способствуют различия в частотах колебаний в теплый и холодный периоды. Г.Е. Комин (1974) склоняется к мнению, что брикнеровский цикл имеет скорее геофизическую, чем солнечную природу, так как он в основном проявляется в тех геофизических процессах, динамика которых определяется климатическими факторами. Н.Х. Яворский (1975а), считает, что в осадках могут сформироваться циклы 31–33 года в результате действия приливообразующих сил Луны и Солнца. Столь большое разнообразие противоречивых мнений относительно причин возникновения брикнеровского цикла связано, на наш взгляд, с тем, что он состоит из нескольких самостоятельных циклов, природа образования которых различна.

26–29-летний цикл в дендрохронологических рядах не выражен лишь на Полярном Урале (см. табл. 9). На Приполярном и Северном Урале он характерен для рядов по лиственнице, а на Южном Урале – для рядов по ели и сосне. Часто этот цикл выделяется у тех рядов, у которых отсутствует 21–42-летний цикл. 26–29-летний цикл был выявлен и при помощи метода скользящего осреднения (см. табл. 8). Он имеет большую амплитуду (до 25–30%), но при движении с севера на юг амплитуда уменьшается.

Цикл длительностью 26–29 лет сравнительно редко рассматривался как самостоятельный. Однако он выявлялся в циркуляционных характеристиках, стоке рек, колебаниях осадков и температуры (Дружинин и др., 1966; Афанасьев, 1967; Дроздов, Григорьева, 1971; Дружинин и др., 1972; Вительс, 1973; Сазонов, 1979), а также в приросте деревьев (Douglass, 1928, 1936; Schulman, 1936, 1938; Дугинов, 1960; Bryson, Dutton, 1961; Пакальнис, 1972; Комин, 1972а; Глебов и др., 1978; Берри и др.,

1979). Поскольку цикл 26–29 лет обычно относился к так называемому брикнеровскому циклу, то и причины его возникновения как самостоятельного цикла многими авторами не рассматривались. По мнению Б.Н. Сазонова (1979), происхождение очень близкого к нему 30-летнего цикла связано со сближение Солнца и Сатурна и соответствующей модуляцией межпланетной среды. Н.П. Смирновым (1965) 29-летний цикл был обнаружен в колебаниях солнечной активности, но достоверность его выявления оказалась низкой. А.Н. Афанасьев (1967) указывает, что циклы 26 и 29 лет в гидрологических характеристиках обусловлены солнечно-земными процессами, так как они образуются под влиянием элементов климата. В последнее время Н.Х. Яворский (1975а) пришел к выводу, что в выпадении осадков могут быть выражены циклы 26,5 и 27,9 года и что они формируются под действием приливообразующих сил Луны и Солнца. Следует отметить, что цикл длительностью 30 лет обнаружен в показателях солнечной активности (числах Вольфа), однако представительность его оказалась невысокой (Берри и др., 1979).

21–24-летний цикл является одним их наиболее хорошо выраженных у полученных дендрохронологических рядов, особенно на Полярном, Приполярном и Северном Урале (см. табл. 9). Длительность этого цикла довольно хорошо совпала при сравнении результатов анализа рядов при помощи скользящего осреднения и спектрального разложения (см. табл. 7 и 9). На рис. 25 и 26 показан ход 21–24- и 26–29-летнего циклов в колебаниях индексов прироста у лиственницы и ели в различных природных провинциях Урала. Для получения сравнимых результатов проводилось сопоставление обобщенных рядов, полученных для одинаковых типов условий местообитания. Ряды по лиственнице 1, 8, 11 и 29 получены для проточно и обильно увлажненных местообитаний (рис. 25), а ряды по ели 5,9, 15 и 19 – для свежих местообитаний (рис. 26). Как видно из рис. 25, наблюдается довольно большая синхронность в ходе 21–24-летнего цикла между сравниваемыми рядами. Однако имеются и различия, которые заключаются в сдвиге фаз, появлении дополнительных всплесков, а в некоторых отрезках ряда – даже в асинхронности хода, особенно между южноуральским рядом 29 и остальными рядами. Сравнение 21–24-летнего цикла у рядов по ели 5 и 15 (см. рис. 26) показывает, что ход этого цикла синхронен. Точно так же довольно синхронен ход 26–29-летнего цикла у рядов 9 и 19. Рассматриваемые циклы имеют в северных провинциях большую амплитуду (до 25–30%). На Южном Урале их амплитуда обычно не превышает 15–20% (см. табл. 8).

Цикл продолжительностью 21–24 года неоднократно обнаруживался в колебаниях солнечной активности и ходе многих природных явлений (Эйгенсон, 1957, 1963; Дружинин и др., 1966; Логинов, 1966; Афанасьев, 1967; Дроздов, Григорьева, 1971; Максимов, 1972; Кудрявцева, 1973; Оль, 1967; Агарков и др., 1976; Маючая, 1976). Его часто называют 22-летним, или Хэловским, циклом. Он является одним из наиболее часто встречаемых в колебаниях прироста древесных растений (Douglass, 1909, 1914, 1919, 1924, 1928, 1936; Aandstad, 1934; Erlandsson, 1936; Abbot, 1936; Schulman, 1936, 1938, 1956; Bryson, Dutton, 1961; Siren, 1963; Костин, 1965; Гортинский, 1971; Комин, 1972а; Битвинскас, 1974; Мухамедшин, Сартбаев, 1972; Кабец, 1972; Ловелиус, 1973; Пугачев, 1975; Оленин,

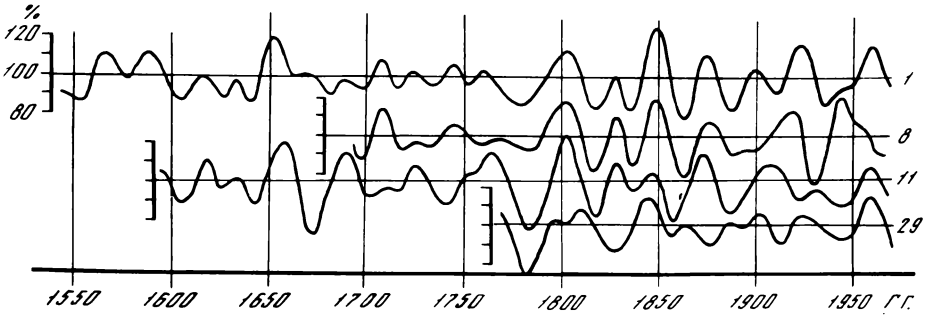


Рис. 25. 21–25-летний цикл в колебаниях индексов прироста у лиственницы сибирской в различных природных провинциях Урала (проточно и обильно увлажненные местообитания)

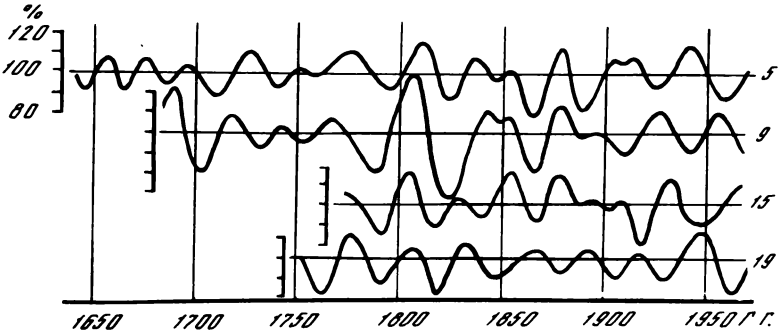


Рис. 26. 21–24 летний (ряды 5 и 15) и 26–29-летний (ряды 9 и 19)) циклы в колебаниях индексов прироста у ели сибирской в различных природных провинциях Урала (свежие местообитания)

1977; Полюшкин и др., 1977; Борщева, 1978, 1981, Ступнева, Битвинскас, 1978; Глебов и др., 1978; Берри, Либерман, Шиятов, 1979).

Проявление 22-летнего цикла в геофизических и биологических явлениях большинство авторов связывают с соответствующим циклом солнечной активности (Эйгенсон, 1957, 1963; Шнитников, 1968, 1970; Вительс, 1973, Оль, 1973). В.Ф. Логинов (1972) возникновение 22-летнего цикла в атмосфере связывает с колебаниями не волновой радиации, а корпускулярной. О.А. Дроздов и А.С. Григорьева (1971) считают, что этот цикл не является самостоятельным, а возникает в результате интерференции других циклов. По мнению Б.М. Рубашова (1964), 22-летний цикл образуется из двух неравных по длительности солнечных циклов (8- и 14-летнего). Н.Х. Яворский (1975а) объясняет возникновение 22- и 24-летнего циклов в выпадении осадков действием приливообразующих сил Луны и Солнца.

Цикл длительностью 16–18 лет является одним из наиболее часто встречаемых, притом во всех рассматриваемых природных провинциях Урала (см. табл. 9). Этот цикл характерен для рядов по лиственнице, но на Южном Урале часто выражен у рядов по ели и сосне. Он не был выделен при

использовании метода скользящих средних, поскольку использовался период осреднения (15 лет), близкий длине рассматриваемого цикла.

В колебаниях осадков на территории СССР 16–18-летний цикл выражен слабо (Дроздов, Григорьева, 1971). Однако он является одним из преобладающих в колебаниях отдельных форм атмосферной циркуляции (Дружинин и др., 1972). На четкую выраженность этого цикла в ходе некоторых климатических, гидрологических и циркуляционных характеристик указывали В.Б. Шостакович (1928в), В.Ф. Логинов (1966), И.В. Максимов (1970), Н.П. Смирнов (1965), Э.И. Саруханян, Н.П. Смирнов (1971), Л.В. Маючая (1976), С.Г. Агарков и др. (1976). В дендрохронологических рядах 16–18-летний цикл также выявлялся (Douglass, 1919, 1928, 1936; Schulman, 1936, 1938, 1956; Erlandsson, 1936; Дугинов, 1960; Bryson, Dutton, 1961; Комин, 1972а; Нестеров и др., 1977; Ступнева, Битвинскас, 1978; Григорьева и др., 1979; Берри и др., 1979).

По мнению большинства исследователей (Шнитников, 1968, 1970; Дроздов, Григорьева, 1971; Вительс, 1973; Сазонов, 1973б; Яворский, 1975а), цикл длительностью 18,6 года образуется в результате действия приливообразующих сил Луны и Солнца. Океанологи называют его лунным деклинационным приливом (Максимов, 1954а, 1970; Смирнов, 1965; и др.). По мнению Б.И. Сазонова (1973б), в показателях солнечной активности возможен цикл 19,9 года, который может возникнуть в результате соединения таких планет, как Юпитер и Плутон. А.И. Оль (1969) причиной образования 16–18-летнего цикла считает сочетание 11- и 5–6-летних солнечных циклов.

Цикл длительностью 12–14 лет у уральских рядов встречается часто. Причем если на Полярном и Приполярном Урале он выражен лишь у рядов по ели, то на Северном и Южном Урале – у рядов по лиственнице, ели и сосне (см. табл. 9). Этот цикл был выявлен методом автокорреляции у тех рядов, у которых он не был обнаружен при помощи использования метода спектрального разложения. Это свидетельствует об изменении его длительности в пределах отдельных временных интервалов рядов. 12–14-летний цикл неоднократно обнаруживался в колебаниях климата, ледовитости северных морей и стоке рек (Дружинин и др., 1966; Логинов, 1966; Максимов, 1970; Дроздов, Григорьева, 1971; Саруханян, Смирнов, 1971; Дружинин и др., 1972; Дроздов, Полозова, 1973; Вительс, 1973; Маючая, 1976). О.А. Дроздов и Л.Г. Полозова (1973) отмечают, что 14-летний цикл имеет обычно большую амплитуду и распространен на значительной территории, особенно вблизи 55–65 параллелей. В колебаниях прироста древесных растений этот цикл также выделялся многими исследователями (Douglass, 1928, 1936; Schulman, 1936, 1938; Bryson, Dutton, 1961; Комин, 1972а; Кабец, 1972; Оленин, 1977; Берри, Либерман, Шиятов, 1979; Борщева, 1981).

Мнения различных исследователей относительно причин возникновения 12–14-летнего цикла противоречивы. Так, О.А. Дроздов и А.С. Григорьева (1971) отмечают, что поскольку многие авторы рассматривают 11-летний цикл как колеблющийся в значительных пределах (от 8 до 14 лет), то и 12–14-летний цикл считают солнечно обусловленным. Некоторые авторы (Schulman, 1938) находили 14-летний цикл в колебаниях солнечной активности. Э.Н. Саруханян и Н.П. Смирнов (1971) полагают, что

15-летние колебания являются результатом биения солнечного 11-летнего и нутационного 7-летнего циклов. По мнению Б.И. Сазонова (1972), соединение таких планет, как Венера, Земля и Юпитер, может давать 13–14-летний цикл. В другой работе Б.И. Сазонов (1973а) проявление 13,3-летнего цикла солнечной активности связывают с распадом 19,9-летнего цикла на периоды 6,6 и 13,3 года (по максимумам). О.А. Дроздов и Л.Г. Полозова (1973) отметили выраженность этого цикла в пределах критических параллелей, в связи с чем считают правдоподобной обусловленность таких колебаний вращением Земли. Н.Х. Яворский и др. (1979) объясняют образование 12,3- и 15,3-летних циклов накладкой трехлетнего приливного цикла на 8,85- и 9,3-летние.

10,0–11,5-летний цикл является одним из наиболее часто встречаемых в пределах Уральского профиля. Он выделился у рядов, полученных для различных видов древесных растений. Цикл такой длительности в литературе относят к широко известному 11-летнему циклу, который многократно обнаруживался в колебаниях самых различных природных процессов (Шостакович, 1928б, 1934; Эйгенсон, 1957, 1963; Витинский, 1963; Рубашов, 1964; Рубинштейн, Полозова, 1966; Дружинин и др., 1966; Логинов, 1966; Афанасьев, 1967; Максимов, 1970; Музалевский, Жуков, 1970; Дроздов, Григорьева, 1971; Саруханян, Смирнов, 1971; Оль, 1973; Сазонов, 1973а; Radoski et al., 1975). В росте деревьев этот цикл наиболее детально изучался А.Е. Дугласом (Douglass, 1909, 1914, 1919, 1924, 1928, 1936). Сведения о выраженности 11-летнего цикла содержатся в работах многих дендрохронологов (Erlandsson, 1936; Schulwan, 1936, 1938; Гурский, Каневская, Остапович, 1953; Костин, 1968а, б; Битвинскас, 1965а, 1974; Колищук, 1966; Комин, 1969, 1972а; Гортинский, 1971; Мухамедшин, Сартбаев, 1972; Ловелиус, 1973; Пугачев, 1975; Полюшкин, Ларионов, Мартынов, 1977; Ступнева, Битвинскас, 1978; Ступнева, 1981; Берри, Либерман и др., 1979).

Большинство авторов связывают 11-летний цикл в приросте деревьев с соответствующим циклом солнечной активности. Т.М. Зушинская и Б.Н. Сазонов (1973) указывают, что в метеорологических показателях этот цикл проявляется сравнительно слабо, в то время как в росте деревьев часто является одним из наиболее значимых циклов. Отсюда они делают предположение, что это, возможно, связано с изменениями спектрального излучения Солнца, приходящего к поверхности Земли. Однако если бы это было так, то тогда должна наблюдаться высокая синхронность в ходе этого цикла в различных районах земной поверхности, чего в действительности не наблюдается. Видимо, даже небольшое улучшение климатических условий, особенно на пределе произрастания деревьев, способно привести к значительному увеличению годичного прироста древесины.

Цикл длительностью 8,8–9,6 года встречается значительно реже предыдущего. Обычно он выделяется у тех рядов, в которых содержится 10,0–11,5-летний цикл. Особенно четко этот цикл проявляется у рядов по лиственнице Северного Урала, но совершенно отсутствует у рядов по ели Северного и Южного Урала. Упоминания о наличии 8,8–9,6-летнего цикла в литературе сравнительно редки, так как он обычно относится к 11-летнему циклу. Этот цикл выделялся в колебаниях солнечной активности (Жуков, Музалевский, 1969; Radoski et al., 1975), в изменении геомагнитной воз-

мущенности (Воробьева, 1968), в атмосферных приливах Земли (Яворский, 1975а), в повторяемости форм атмосферной циркуляции (Дружинин, Коноваленко, Агарков, 1972), в количестве выпадающих осадков (Дроздов, Григорьева, 1971; Яворский, 1975а), в ходе температуры воздуха (Мартемьянов, 1977; Яворский, 1975а), в приросте деревьев (Комин, 1972а; Ступнева, 1981).

Одни авторы (Жуков, Музалевский, 1969; Radoski et al., 1975) считают этот цикл солнечно-обусловленным, другие (Яворский, 1975а, 1978) – результатом действия приливообразующих сил Луны и Солнца.

Цикл 7,5–8,4 года в дендрохронологических рядах хорошо выражен лишь на Южном Урале. В северных районах он был выделен у нескольких рядов (см. табл. 9). Этот цикл выделялся в колебаниях солнечной активности (Шостакович, 1928б; Музалевский, Жуков, 1970), в повторяемости форм атмосферной циркуляции (Логинов, 1966; Воробьева, 1969; Дружинин и др., 1972), в ходе осадков (Дроздов, Григорьева, 1971), в приросте деревьев (Комин, 1972а; Берри и др., 1976; Ступнева, Битвинскас, 1978).

6,5–7,2-летний цикл довольно часто проявляется в дендрохронологических рядах, особенно на Приполярном и Северном Урале. На Южном Урале он практически не выражен лишь у рядов, полученных для условий "долинные курумы". Цикл такой длительности обнаруживался в показателях геомагнитной активности (Сазонов, 1974), в колебаниях повторяемости форм атмосферной циркуляции (Дружинин и др., 1972), в гидрологических рядах (Масанова, 1976), в ходе осадков (Дроздов, Григорьева, 1971), в приросте деревьев (Комин, 1972а; Ступнева, Битвинскас, 1978; Ступнева, 1981).

5,3–6,0-летний цикл является одним из наиболее хорошо выраженных в дендрохронологических рядах. На Полярном, Приполярном и Северном Урале этот цикл выделен практически у всех полученных рядов. На Южном Урале он не выражен у рядов по ели с верхней границы леса. Цикл такой длительности часто выделялся в показателях солнечной активности (Шостакович, 1928б; Эйгенсон, 1957, 1963; Гневышев, 1966; Radoski et al., 1975; Оль, 1976), в колебаниях повторяемости форм атмосферной циркуляции (Дружинин и др., 1972), в ходе осадков (Дроздов, Григорьева, 1971), в приросте деревьев (Комин, 1972а; Ступнева, Битвинскас, 1978; Борщева, 1978, 1981). Большинство исследователей считают этот цикл солнечно-обусловленным (Эйгенсон, 1963). Н.Х. Яворский и др. (1979) полагают, что циклы длительностью 5,7 и 6,16 года возникают в результате действия приливообразующих сил Луны и Солнца.

Цикл длительностью 4,6–5,0 года выделен в дендрохронологических рядах лишь на Южном Урале, в основном в рядах по ели и лиственнице (см. табл. 9). Он обнаружен в колебаниях повторяемости форм атмосферной циркуляции (Дружинин и др., 1972), в гидрологических рядах (Масанова, 1976), в ходе осадков (Дроздов, Григорьева, 1971), в приросте деревьев (Комин, 1972а).

Цикл 3,9–4,4 года выделен почти у всех полученных дендрохронологических рядов. Этот цикл обнаруживался в ходе различных природных процессов – в солнечной и геомагнитной активности (Сазонов, 1974), в колебаниях повторяемости форм атмосферной циркуляции (Дружинин и др., 1972), в ходе осадков и температуры воздуха (Дроздов, Григорьева,

1971; Яворский, 1975а). По мнению Н.Х. Яворского (1975а), цикл такой длительности может образоваться в результате действия приливообразующих сил Луны и Солнца.

3,3–3,7-летний цикл, как и предыдущий, очень широко представлен в дендрохронологических рядах. Обычно эти два цикла выражены у одних и тех же рядов (см. табл. 9). 3,3–3,7-летний цикл характерен для многих космических и геофизических процессов (Шостакович, 1928а, б, 1934; Логинов, 1966; Воробьева, 1968, 1969; Дружинин и др., 1972; Максимов, 1976; Яворский и др., 1979). Е.В. Максимов называет этот цикл одним из ведущих. Цикл такой длительности выделялся в показателях прироста деревьев (Комин, 1972а; Ступнева, Битвинскас, 1978; Борщева, 1978, 1981; Ступнева, 1981). По мнению Н.Х. Яворского и др. (1979), цикл 3,32 года образуется на Земле в результате деятельности приливообразующих сил Луны и Солнца.

Цикл длительностью 2,8–3,1 года довольно часто встречается в дендрохронологических рядах, особенно на Южном Урале (см. табл. 9). Он выделялся в показателях солнечной активности (Шостакович, 1928б; Максимов, 1976), в колебаниях повторяемости форм атмосферной циркуляции (Дружинин и др., 1972), в количестве выпавших осадков и ходе температуры воздуха (Яворский, 1975а), в колебаниях урожайности сельскохозяйственных культур (Яворский, 1975б), в стоке рек (Яворский, 1978), в приросте деревьев (Комин, 1972а; Ступнева, Битвинскас, 1978). Причиной его образования могут быть атмосферные приливы (Яворский и др., 1979).

2,5–2,7-летний цикл выражен почти у всех рядов на Северном Урале, а в остальных провинциях – примерно у половины рядов. На Южном Урале этот цикл отсутствует в рядах по ели, полученных для верхней границы леса. Имеются указания о наличии цикла такой длительности в колебаниях повторяемости форм атмосферной циркуляции (Дружинин и др.,1972) и в приросте деревьев (Комин, 1972а; Ступнева, Битвинскас, 1978).

2,3–2,4-летний цикл совершенно отсутствует в рядах по лиственнице на Полярном и Южном Урале. Чаще всего он встречается в рядах Приполярного Урала и в рядах по ели на Южном Урале (см. табл. 9). Такой цикл отмечен в изменении геомагнитной возмущенности и повторяемости форм атмосферной циркуляции (Воробьева, 1968, 1969; Дружинин и др., 1972).

2,1–2,2-летний цикл выражен у большинства полученных дендрохронологических рядов. Отсутствует он в рядах по лиственнице на Северном Урале (см. табл. 9). Этот цикл является одним из наиболее распространенных в ходе различных геофизических процессов, особенно в метеорологических рядах (Белинский, 1957; Дроздов, Григорьева, 1871; Дружинин и др., 1972; Мартемьянов, 1977; Яворский, 1975а; Яковлева, 1975; Яворский и др., 1979). Цикл такой длительности обнаружен в показателях солнечной и геомагнитной активности (Сазонов, 1974; Яковлева, 1975). Он получил название "квазидвухлетний цикл". По мнению Н.Х. Яворского (1975а), проявление этого цикла на Земле обусловлено изменениями приливообразующих сил Луны и Солнца.

Анализ циклических составляющих у полученных дендрохронологических рядов показывает, что набор циклов в различных природных провинциях Урала неодинаков. В пределах каждой провинции было выделено до 20–25 циклов различной длительности (внутривековых, вековых и

сверхвековых). Больше всего выявлено внутривековых циклов благодаря высокой разрешающей способности спектрального метода. Количество последних увеличивается при движении с севера на юг. Так, на Полярном Урале было выделено 15, на Приполярном и Северном Урале – 18, а на Южном Урале – 19 внутривековых циклов (см. табл. 9). Большая часть выявленных циклов проявляется во всех природных провинциях, причем довольно большая группа этих циклов выделена у 70–90% имеющихся дендрохронологических рядов. Наиболее распространенными и общими для высокогорий Уральского хребта являются следующие циклы: 3,9–4,4; 3,3–3,7; 10,0–11,5; 2,1–2,2; 5,3–6,0; 2,8–3,1; 16–18, 21–24 и 55–65 лет. Ряд циклов проявляется преимущественно или исключительно в пределах одной или двух провинций Урала. Например, для Южного Урала характерны циклы длительностью 4,6–5,0 и 7,5–8,4 года, для Приполярного и Северного Урала – 36–39 и 41–45 лет, для Северного и Южного Урала – 12–14 лет. В северной половине Урала более четко проявляются такие крупные циклы, как 160–180- и 110–120-летние.

Имеются также циклы, проявляющиеся преимущественно в дендрохронологических рядах, полученных для определенного вида древесного растения. Так, для рядов по сосне характерен 32–34-летний цикл, для рядов по ели – 12–14- и 41–45-летние, для рядов по лиственнице – 16–18-летний.

Типы условий местообитания практически не оказывают влияния на набор циклических составляющих в дендрохронологических рядах, полученных в пределах таких провинций, как Полярный, Приполярный и Северный Урал. Такое влияние прослеживается лишь в пределах высокогорий Южного Урала, где ослаблена роль общего лимитирующего климатического фактора (Полозова, Шиятов, 1979). Об этом свидетельствует такой факт, как более частая смена длительности циклов у рядов с различных типов условий местообитания по сравнению с районами, расположенными севернее.

Анализ циклических составляющих на основе массового дендрохронологического материала позволяет высказать некоторые соображения о реальности существования тех или других циклов, а также в некоторой мере об их природе (экзогенные или эндогенные). Наши материалы показывают, что широко известный в литературе 11-летний цикл, к которому обычно относят колебания длительностью от 7 до 14 лет, состоит из четырех самостоятельных циклов (7,5–8,4-, 8,8–9,6-, 10,0–11,5- и 12–14-летних). Точно так же брикнеровский цикл, к которому относят колебания длительностью от 25 до 50 лет, у нас разделился на самостоятельные циклы длительностью 26–29, 32–34, 36–39 и 41–45 лет. В интервале от 60 до 120 лет мы выделили три самостоятельных вековых цикла – 55–65-, 80–90- и 110–120-летние. На основе анализа циклических колебаний у одного дендрохронологического ряда трудно решить вопрос о том, является тот или другой цикл обусловленным внешними или внутренними факторами. Если же по данному району имеется несколько рядов и у всех их выделился всплеск на одной и той же частоте, то у нас имеются веские основания считать этот цикл экзогенным.

ГЛАВА 4

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА РАДИАЛЬНЫЙ ПРИРОСТ ДЕРЕВЬЕВ И РЕКОНСТРУКЦИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПРОШЛОГО

Для выявления дендроклиматических связей использовались данные ближайших к районам сбора образцов древесины метеостанций, располагающих длительными рядами наблюдений. В пределах Уральского профиля такими станциями являлись: Салехард (1882–1970 гг.), Березово (1886–1969 гг.), Карпинск (1838–1972 гг.) и Златоуст (1838–1965 гг.). Как видно из этого списка, лишь одна метеостанция (Златоуст) расположена вблизи района исследований (хребет Таганай). Остальные метеостанции находятся вне пределов Уральского хребта, на удалении от 60 до 250 км от места сбора образцов древесины. Существующие в высокогорной части Урала метеостанции (Рай-Из, Неройка, Таганай) имеют короткие ряды наблюдений, недостаточные для установления надежных статистических связей (Полозова, Шиятов, 1979).

В табл. 10 приведены значения коэффициента корреляции между индексами прироста и некоторыми климатическими показателями в пределах Уральского профиля. Сначала были вычислены коэффициенты корреляции между несглаженными индексами прироста и средней температурой лета (июня–августа). На Полярном Урале связь прироста лиственницы сибирской с температурой лета достаточно тесная, особенно на проточно и обильно увлажненных и заболоченных местообитаниях (соответственно r = 0,60 и 0,62), на Приполярном и Северном Урале эта связь более слабая (r = = 0,34–0,49). Интересно, что связь прироста лиственницы, произрастающей на Приполярном Урале, с температурой лета в Березове оказалась несколько ниже, чем с температурой лета в Салехарде, хотя последняя метеостанция удалена от района сбора образцов древесины на 500 км, а первая – лишь на 250 км. По-видимому, это связано с большей континентальностью климата в районе Березова, входящего в состав континентальной западносибирской области, в то время как Салехард и Приполярный Урал расположен в области атлантико-арктического влияния. На Южном Урале (массив Иремель) корреляция между индексами прироста лиственницы и температурой лета оказалась наиболее слабой (r = 0,36). Несглаженные индексы прироста рядов по ели имеют значительно более слабую связь с температурой лета, чем ряды по лиственнице. Так, на Полярном и Приполярном Урале коэффициент корреляции составил всего 0,29–0,31; на Южном Урале – 0,02–0,35; а на Северном Урале связь получилась даже отрицательная (r = – 0,02–0,09).

Корреляция значительно возрастает, если произвести усреднение индексов прироста и температуры лета по 5-летиям. Правда, число коррелируемых пар при этом сокращается до нескольких десятков, так как отношение величины коэффициента к его вероятному отклонению превышает допустимый предел более чем в два раза.

На Полярном Урале коэффициент корреляции между усредненными по 5-летиям индексами прироста ряда по лиственнице 1–4 (все типы место-

Таблица 10. Коэффициенты корреляции между индексами прироста деревьев и климатическими характеристиками на Урале (Л – лиственница сибирская, Е – ель сибирская, $t_л$ – средняя температура лета, $t_{л\,(5)}$ – средняя температура лета по пятилетиям, $O_г$ – осадки за гидрологический год, *ГТК* – гидрологический коэффициент Селянинова за летний период)

Номер ряда	Вид древесного растения	$t_л$	$t_{л\,(5)}$	$O_г$	*ГТК*
		Полярный Урал			
1	Л	0,60 ± 0,07	–	–	–
2	– " –	0,62 ± 0,07	–	–	–
3	– " –	0,52 ± 0,08	–	–	–
4	– " –	0,46 ± 0,09	–	–	–
1–4	– " –	0,59 ± 0,07	0,84 ± 0,08	–	–
5	Е	0,31 ± 0,10	0,53 ± 0,17	–	–
		Приполярный Урал			
6	Л	0,42	–	–	–
7	– " –	0,34	–	–	–
8	– " –	0,34	–	–	–
6–8	– " –	0,37	0,75 ± 0,10	–	–
9	Е	0,29	–	–	–
10	– " –	0,30	–	–	–
9–10	– " –	0,29	0,59 ± 0,15	–	–
		Северный Урал			
12	Л	0,49	–	–	–
13	– " –	0,48	0,71 ± 0,10	–	–
11–13	– " –	0,48	0,45 ± 0,14	–	–
14	Е	0,05	–	–	–
15	– " –	–0,09	– 0,48 ± 0,17	–	–
14–16	– " –	– 0,02	0,06	–	–
		Южный Урал			
18	Е	0,12	–	0,05	0,05
19	– " –	0,02	–	0,11	0,12
20	– " –	0,19	–	–0,06	–0,09
18–20	– " –	0,13	0,15	0,02	0,02
21	– " –	0,12	–	0,02	0,01
24	– " –	0,35	–	–	–
25	– " –	0,06	–	–	–
26	– " –	0,19	–	–	–
24–26	– " –	0,20	0,20	–	–
27	– " –	0,20	0,29	–	–
28	Л	0,36	0,04	–	–
29	– " –	0,36	0,24	–	–

обитания) и температурой лета составил 0,84, а между рядом по ели 5 (проточно и обильно увлажненное местообитание) и температурой лета – 0,53 (см. табл. 10). Высокое значение коэффициента корреляции для ряда по лиственнице позволило вычислить уравнение регрессии, которое имеет следующий вид:

$$t_л = 0{,}017U + 9{,}4,$$

где $t_л$ – средняя по 5-летиям температура лета в Салехарде, U – среднее по 5-летиям значение индексов прироста лиственницы.

Усредненные по 5-летиям величины индексов прироста лиственницы, произрастающей на Приполярном Урале, и температуры лета в Салехарде показали достаточно высокую связь (r = 0,75), которая позволила составить следующее уравнение регрессии:

$$t_л = 0{,}015U + 9{,}7.$$

На Северном Урале корреляция между усредненными по 5-летиям индексами прироста лиственницы и температурой лета Карпинска еще достаточно высокая (r = 0,54), особенно для сухих местообитаний (r = 0,71). Для этого района уравнение регрессии имеет вид:

$$t_л = 0{,}014U + 13{,}6.$$

На Южном Урале связь между усредненными по 5-летиям индексами прироста лиственницы и ели слабая или отсутствует (r = 0,04–0,24). Несколько более высокая связь получена лишь для рядов по сосне (коэффициент корреляции – до 0,47). В связи с этим для этого района нельзя вычислить уравнение регрессии.

По одному из районов Южного Урала (хребет Таганай) были также вычислены частные коэффициенты корреляции между индексами прироста и осадками за гидрологический год, а также гидротермическим коэффициентом Селянинова за летний период. Как видно из табл. 10, связь между индексами прироста и этими показателями слабая или отсутствует (коэффициент корреляции колеблется от – 0,09 до + 0,12). Это, видимо, связано с тем, что на Южном Урале не проявляется действие одного лимитирующего фактора. На прирост деревьев оказывает влияние сложный комплекс климатических факторов. Об этом свидетельствует и слабая синхронность между дендрохронологическими рядами.

Таким образом, в пределах Уральского профиля надежные дендроклиматические связи выявлены на Полярном, Приполярном и Северном Урале и лишь для рядов по лиственнице. Для этих районов на основе уравнений регрессии была произведена количественная реконструкция температуры воздуха летнего периода за последние 250–1000 лет (рис. 27). На Полярном Урале реконструкция произведена по ряду 1–4а для высоты 235 м над ур.м., на Приполярном Урале – по ряду 6–8 для высоты 710 м, на Северном Урале – по ряду 11–13 для высоты 900 м. Вертикальный градиент температуры воздуха в летнее время на Полярном Урале равен 0,6°, на Приполярном и Северном Урале – 0,7°. Для высокогорных районов Южного Урала произведена лишь качественная реконструкция термических условий, так как здесь не были получены статистически значимые коэффициенты корреляции между индексами прироста и отдельными характеристиками термического режима.

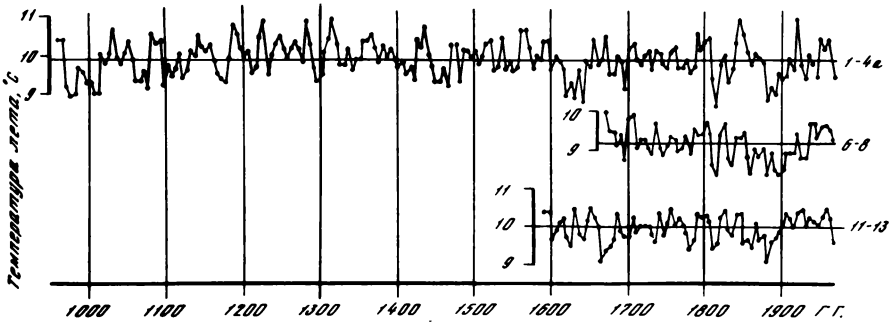


Рис. 27. Реконструированные температуры летнего периода для Полярного Урала (по ряду 1–4а), Приполярного Урала (по ряду 6–8) и Северного Урала (по ряду 11–13)

Как видно из рис. 27, в течение последнего тысячелетия происходили неоднократные и значительные колебания термических условий в летние месяцы. Так, средняя температура лета в отдельные пятилетия на Полярном Урале колебалась от 8,7 до 11,0°, на Приполярном Урале – от 8,9 до 10,1°, на Северном Урале – от 9,1 до 10,5°. В отдельные годы показатели теплообеспеченности летнего периода изменялись еще больше. По данным инструментальных наблюдений, за последние 100–140 лет диапазон колебаний температуры лета в отдельные годы составлял в Салехарде 6,9°, а в Карпинске – 4,6°. Другими словами, эти цифры показывают, что изотермы летних месяцев постоянно и значительно смещались. Если принять горизонтальный и вертикальный градиенты температуры воздуха равными 0,7°, то несложный расчет показывает, что в горах изотермы в отдельные пятилетия смещались до 180–330 м по высоте.

В главе 3 было показано, что в колебаниях индексов прироста деревьев хорошо выражены циклические колебания различной длительности, которые в сочетании с мелкопериодными колебаниями и долговременными трендами создают сложный и на первый взгляд трудно объяснимый рисунок колебаний во времени.

В первую очередь рассмотрим долговременные изменения климатических условий, которые происходили в высокогорных растоках Урала в течение последнего тысячелетия. Для этой цели воспользуемся графиками, на которых изображены вековые и сверхвековые колебания индексов прироста (см. рис. 12–17) и реконструированные температуры лета (см. рис. 27).

Многовековые изменения термических условий летних месяцев наиболее хорошо прослеживаются у полярноуральского ряда 1–4а. Из графиков, приведенных на рис. 12 и 27, видно, что в XII–XIV вв. климат был значительно более теплым, чем в XV–XIX вв. Температура лета почти все время была выше нормы и в отдельные пятилетия превышала норму на 0,6–1,1°. Максимум потепления был в XIII в. Возможно, это потепление климата было более значительным, чем это показывают индексы прироста, так как столь длительные колебания с трудом выявляются при помощи дендрохронологического метода.

Пониженный прирост деревьев, обусловленный похолоданием климата,

наблюдался в течение довольно длительного промежутка времени (около 500 лет, с XV по XIX вв.). В конце XIX в. наступило новое потепление климата, которое продолжается вплоть до настоящего времени (см. рис. 12–17).

Рассмотренные выше многовековые изменения термических условий, которые происходили в течение последнего тысячелетия, хорошо согласуются с имеющимися литературными данными, полученными на основе изучения письменных источников и других косвенных методов (изотопных, гляциологических, археологических, биологических). Сведения о климатических условиях последнего тысячелетия довольно многочисленны и содержатся во многих обзорных работах (Брукс, 1952; Шнитников, 1957; Тушинский, 1966, Bray, 1971; Ле Руа Ладюри, 1971; Мягков, 1979; Монин, Шишков, 1979; Будыко, 1980).

Анализ литературных источников свидетельствует о том, что на рубеже первого-второго тысячелетий нашей эры в различных районах Северного полушария климат был теплым и сухим. В это время ледовитость Северной Атлантики была незначительной, что способствовало заселению европейцами таких северных территорий, как Исландия и Гренландия. Средняя годовая температура воздуха в центральной части Англии была выше, а климат в Западной Европе был более теплым и засушливым, по сравнению с более поздним периодом (рис. 28). Более высокой была и солнечная активность. Потепление климата происходило и на Североамериканском континенте (Гриффин, 1966). Имеются гляциологические и фациальные свидетельства, подтверждающие существование этого потепления на Полярном Урале. В это время ледники сократились до размеров, близких к современным (Троицкий, 1966), а в колонках грунта, взятого со дна оз. Хадата-Юган-Лор, наблюдались фациальные перерывы, связанные с понижением уровня озера не менее чем на 40–50 м (Адаменко, 1976). В других районах Урала и прилегающих к нему районах наличие теплого и сухого периода в первом тысячелетии нашей эры подтверждается археологическими свидетельствами (Бадер, 1950), а также анализом характера отложений Барабинских рямов и Наурзумского торфяника (Шнитников, 1957).

Потепление климата на рубеже первого-второго тысячелетий называют "вторым климатическим оптимумом" (Willett, 1949), "ксеротермическим периодом II" (Бадер, 1950), "раннесредневековой теплой эпохой" (Lamb, 1965), "малым климатическим оптимумом" (Bray, 1971), "архызским перерывом в оледенении Кавказа" (Тушинский, 1966), "эпохой викингов" (Монин, Шишков, 1979). Возможно, что в различных районах Северного полушария максимум потепления происходил неодновременно. Имеются, например, данные о том, что самый теплый период в Гренландии был в VIII–X, в Исландии – в XI–XIII, в Англии – в XII–XIII вв. (Монин, Шишков, 1979).

В конце XIII – начале XIV вв. в Северной Атлантике и Западной Европе началось похолодание и увлажнение климата (см. рис. 28). Это привело к активизации ледников в Арктике и горных районах, увеличению ледовитости северных морей и прекращению навигации с многими северными территориями. Например, о-в Элсмир был оставлен эскимосами к 1500 г., а Южная Гренландия европейцами в XVI в. (Bray, 1971; Монин, Шишков,

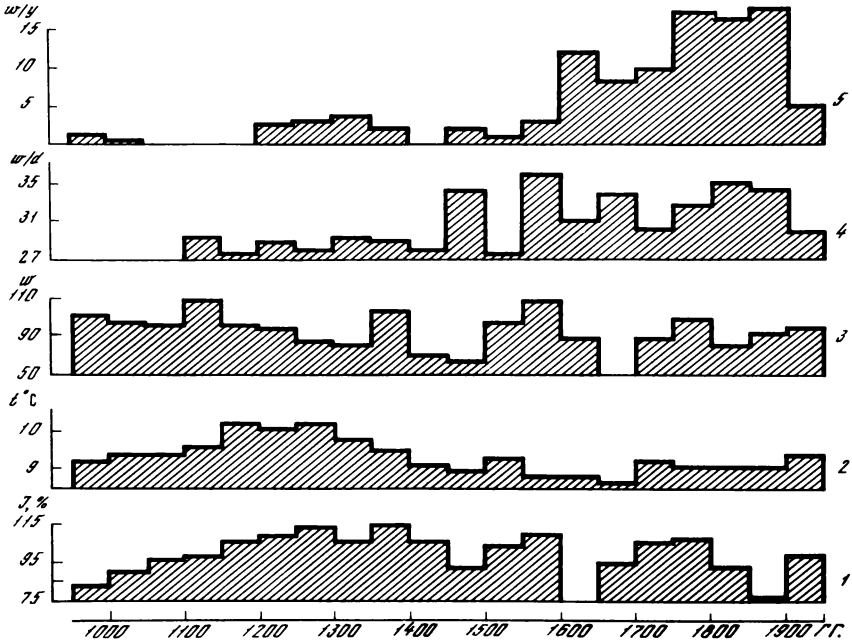


Рис. 28. Сопоставление индексов прироста лиственницы сибирской (ряд 1–4а, Полярный Урал) с ходом некоторых климатических и гелиофизических показателей по отдельным 50-летиям за последнее тысячелетие:

1 – индексы прироста; *2* – годовая температура воздуха в центральной части Англии (Lamb, 1965); *3* – индексы солнечной активности (Bray, 1971); *4* – соотношение между максимальными величинами летней увлажненности и засушливости в Европе на широте 50° (Lamb, 1966); *5* – количество недель в году с дрейфующим льдом у берегов Исландии (Koch, 1945)

1979). В горах Полярного Урала ледники начали увеличивать свою массу с XVI–XII вв., возникло много новых каровых и присклоновых ледников (Троицкий, 1966). Похолодание и увлажнение климата, отмеченное во многих районах в XIV–XIX вв., получило название "малый ледниковый период" или "стадия фернау".

Наиболее хорошо изучено современное потепление климата. Оно началось в конце XIX в. и продолжалось вплоть до настоящего времени. Потепление охватило многие районы земного шара, но наиболее интенсивным было в высоких широтах (Рубинштейн, Полозова, 1966). Характер современного потепления климата в районах исследований показан на рис. 29 (Полозова, Шиятов, 1979).

По-видимому, рассмотренное выше долговременное изменение климата является циклическим колебанием с длиной волны около 1850 лет. Этот цикл детально изучен А.В. Шнитниковым (1957) и Г.К. Тушинским (1966). Последний термический максимум этого цикла был на рубеже X–XI вв., а минимум – в XV в. (Тушинский, Турманина, 1979).

На фоне долговременных изменений климата хорошо прослеживаются более мелкие колебания (вековые и сверхвековые). Хотя, как это пока-

зано в главе 3, такие колебания происходили довольно синхронно в пределах всей изученной территории, однако в некоторых районах наблюдался сдвиг фаз отдельных колебаний. Ход более мелких колебаний рассмотрим на основе анализа рядов по лиственнице, которые лучше отражают изменение термических условий прошлого.

О климатических условиях наиболее ранних промежутков времени (с X по XV вв.) мы можем судить на основе анализа рядов, полученных по Полярному Уралу (см. рис. 12 и 27). Примерно с 970 по 1015 гг. на Полярном Урале был довольно длительный холодный период. Температура лета в отдельные 5-летия опускалась ниже нормы на 1,0°. Это похолодание сменилось потеплением, которое продолжалось примерно 45 лет (с 1015 по 1060 г.). В конце XI – начале XII вв. термический режим был неустойчивым – кратковременные и незначительные похолодания чередовались кратковременными потеплениями. Диапазон колебаний температуры лета от нормы не превышал 0,7–0,8°. Начиная примерно с 1130 г. температура лета на Полярном Урале в течение длительного времени (XII–XIV вв.) была в основном выше нормы на 0,5–1,1° и лишь в отдельные кратковременные периоды опускалась ниже. Более холодные периоды во время раннесредневекового климатического оптимума наблюдались в 1160–1185, 1200–1223, 1288–1310 и 1330–1345 гг.

Одним из наиболее холодных периодов во время "малого климатического оптимума" являлся конец XIII – начало XIV вв. Температура лета в отдельные 5-летия опускалась в этом районе ниже нормы на 1,0°. Собственно говоря, это похолодание и явилось началом нового более холодного периода, который продолжался до конца XIX в. и получило название "малой ледниковой эпохи".

В течение этого периода происходили наиболее значительные колебания климата. Почти весь XV в. был холодным, температура лета в северных районах опускалась ниже нормы на 0,7–1,0°. Наиболее холодной была середина XV в.

Термические условия в течение XVI в. были сравнительно благоприятными для роста древесной растительности. В этом столетии наблюдались кратковременные колебания. Самыми теплыми были середина и конец этого столетия.

В самом начале XVI в. в северных районах произошло одно из наиболее сильных и длительных похолоданий климата. Оно продолжалось около 50 лет (с 1600 по 1650 г.). Температура лета в отдельные 5-летия опускалась ниже нормы на 1,5°. Похолодание сменилось интенсивным потеплением, которое продолжалось до конца столетия. На Южном Урале похолодание в первой половине столетия было слабым.

В течение почти всего XVIII в. температура лета была около нормы или выше нормы во всех изученных районах. Для этого столетия характерно чередование кратковременных (10–15 лет) волн тепла и холода.

XIX в. был одним из наиболее холодных в течение последнего тысячелетия. В этом столетии наблюдалось два сильных похолодания 1810–1835 и 1880–1900 гг. В середине XIX столетия был сравнительно кратковременный теплый период. Волны холода в начале и конце XIX в. выражены во всех районах исследований, однако на Южном Урале они были более кратковременными. На Полярном Урале наиболее глубоким минимум был в

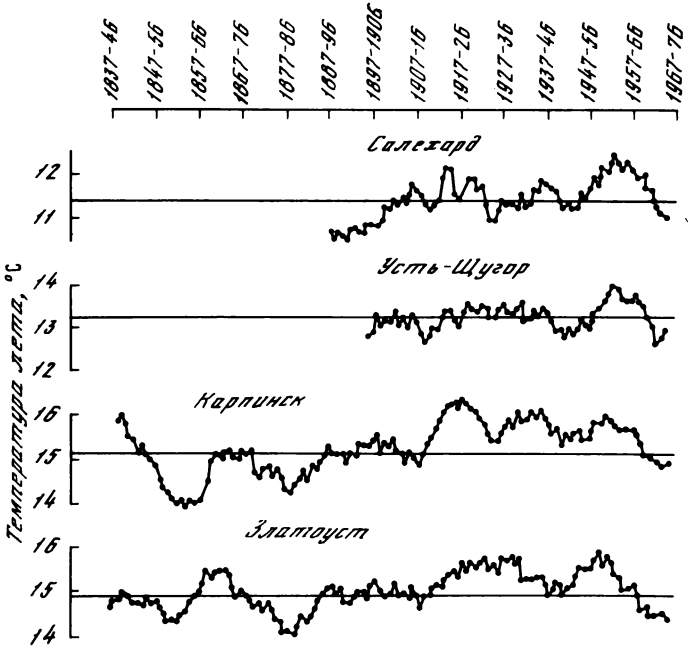


Рис. 29. Сглаженные при помощи 10-летней средней скользящей колебания температуры летнего периода в различных провинциях Урала (по данным инструментальных наблюдений)

начале столетия. Температура лета в северных районах опускалась ниже нормы на 1,0–1,2°. Похолодание в конце XIX в. зафиксировано инструментальными наблюдениями на метеостанциях Карпинск и Златоуст. Наблюдалось две волны похолодания: в 60-х и 80–90-х годах XIX в., когда температура снижалась ниже нормы на 1,0° (рис. 29).

Потепление климата, начавшееся в XX в., продолжалось до самого последнего времени и наиболее интенсивным было в 20-х и 60-х годах текущего столетия. Температура лета была выше нормы почти все это время и в отдельные периоды превышала норму на 1,3–1,5°. По интенсивности это потепление оказалось одним из наиболее значительных и сравнимо лишь с теплым периодом малого климатического оптимума (XIII в.). Оно прерывалось небольшим похолоданием в 40-х годах, которое было особенно интенсивным в европейской части (Усть-Шугоре). Об этом свидетельствуют данные инструментальных наблюдений (см. рис. 29). В настоящее время во всех районах исследований происходит ухудшение термических условий и в большинстве районов температура лета ниже нормы. Анализ графиков, приведенных на рис. 27, показывает, что и по данным инструментальных наблюдений длительные колебания температуры происходили более или менее синхронно от Салехарда до Златоуста.

На фоне этих сравнительно длительных изменений климата наблюдались более кратковременные колебания длительностью от нескольких лет до нескольких десятков лет.

ГЛАВА 5

ПРОГНОЗ КЛИМАТИЧЕСКИ ОБУСЛОВЛЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ РАДИАЛЬНОГО ПРИРОСТА ДЕРЕВЬЕВ

Для некоторых наук естественного профиля, особенно тех, которые занимаются изучением неуправляемых или трудно управляемых явлений и процессов (климатология, гидрология, экология и др.) прогнозирование является основной и часто единственной возможностью выйти в сферу практического применения научных результатов. В связи с разработкой долгосрочных планов использования и охраны возобновимых природных ресурсов необходимость разработки долгосрочных (от 1 до 5 лет) и сверхдолгосрочных (свыше 5 лет) прогнозов резко возросла.

Как известно, научное предвидение (или прогноз) представляет собой результат научной теории, полученный в рамках этой теории, опирающийся прежде всего на фундамент систематического научного анализа закономерностей и условий их реализации. Только такое предвидение может обеспечить надежность прогноза, наиболее полно проникнуть в возможные, вероятные и необходимые тенденции будущего. Прогноз не может дать абсолютного точного и полного знания будущего, ибо невозможно учесть все возможные факторы и обстоятельства. Прогноз считается успешным, если он оправдался на 67–75% (Философия и прогностика..., 1971).

Вопрос о том, возможен ли научный прогноз климатических характеристик на несколько лет и даже десятилетий вперед, является дискуссионным, так как еще слабо изучены механизмы, которые управляют колебаниями климата (Дроздов, 1977). По мнению большинства исследователей, в климатологических и гидрологических рядах существуют не только случайные колебания, на основе которых могут экстраполироваться лишь такие статистические параметры, как уровень ряда, его дисперсия, повторяемость тех или других значений и т. д., но и закономерные, которые могут явиться основой для прогнозирования многолетних тенденций (Дроздов, Григорьева, 1971). При этом существует два подхода в использовании выявленных закономерностей. Первый подход исходит из утверждения, что в рядах отсутствуют периодические или циклические процессы, но имеются линейные корреляционные связи между последовательными членами одного ряда или же между членами разных рядов. В этом случае прогноз осуществляется путем экстраполяции эмпирически обнаруженных связей (Яглом, 1963; Алехин, 1969). Основной недостаток этого подхода состоит в том, что не исключаются различного рода шумы, связанные как с ошибками наблюдения, так и с кратковременными случайными процессами (Дроздов, Григорьева, 1971). Большинство авторов использует второй подход, который признает существование во временных рядах циклических колебаний различной длительности. Интерес к этому подходу заметно увеличился в последние годы. В этом случае производится экстраполяция наиболее значимых и регулярных циклических составляющих (Дроздов, Григорьева, 1971; Дружинин, Сазонов и др., 1974; Дроздов, 1977).

Имеется два способа составления прогноза гидрометеорологических характеристик на основе выявленных цикличностей. Наиболее перспективен

так называемый генетический способ, когда основанием для прогноза является установленная связь между характеристиками данного колебания и внешней силой, которая его возбуждает (Дружинин, 1974). Считается, что такими силами являются в первую очередь космические факторы (солнечная активность, приливные силы и др.). Сначала дается прогноз изменений силы (предиктора), а уже на его основе прогнозируются колебания обусловленных ею характеристик. Другими словами, в такой прогноз кладутся какие-то физические предпосылки, что позволяет прогнозисту искать пути к его усовершенствованию и предсказывать такие события, которые не зарегистрированы в рассматриваемом ряду наблюдений (Сазонов, 1974). Использование генетического способа прогнозирования различных природных процессов сдерживается главным образом потому, что остается неизвестной физическая природа отдельных циклов (Воробьева, 1969; Дружинин и др., 1972; Сазонов, 1973а; Дружинин, 1974). Второй способ составления гидрометеорологических прогнозов использует эмпирически обнаруженные циклические колебания, причина возникновения которых неизвестна. Он используется довольно часто. При его осуществлении необходим анализ устойчивости характеристик выделенных циклов во времени и пространстве (Дроздов, Григорьева, 1971).

Прогнозы, даваемые на основе цикличности, позволяют предсказывать лишь длительные (свыше одного года) тенденции изменений климатических условий. В связи с тем, что природа циклов изучена слабо, считается целесообразным в настоящее время ограничиваться качественным прогнозами (выше, около или ниже нормы), ориентируясь на наиболее значимые и регулярные циклы. Такие прогнозы важны при составлении перспективных планов использования природных ресурсов.

Полученные нами дендрохронологические ряды содержат в основном климатически обусловленные циклы. Исследованиями климатологов показано, что наиболее перспективны для прогноза циклические колебания температуры воздуха, регулярность которых во времени и пространстве существенно больше, чем осадков (Дроздов, Полозова, 1973). Рассматриваемые дендрохронологические ряды как раз и содержат информацию о теплообеспеченности вегетационного периода за длительные промежутки времени, что позволяет выявлять и использовать для прогноза не только внутривековые, но также вековые и сверхвековые циклы.

Поскольку нам неизвестна природа циклов, обнаруженных в дендрохронологических рядах (имеются лишь некоторые предположения), то их использование для целей прогноза возможно лишь в том случае, если они устойчивы во времени, а их суммарная амплитуда превышает 50–60% общей амплитуды ряда. Если эти условия выполняются, то имеются все основания производить экстраполяцию этих колебаний на будущее.

Прогноз многолетних колебаний радиального прироста деревьев, которые обусловлены в основном изменениями теплообеспеченности летнего периода, для Полярного и Приполярного Урала мы произвели по ряду 50–54 а, полученному для Тазовской лесотундры, поскольку в северной части Урала и на севере Западно-Сибирской равнины наблюдается большое сходство в колебаниях прироста деревьев. Для Северного Урала прогноз произведен по ряду 11–13, а для Южного Урала – по ряду 26 (свежие местообитания), который является наиболее типичным и длительным для

этого района. Кроме того, для сравнения приведен прогноз по генерализованному ряду по ели 31–34, полученному для нижнего течения р. Печоры (Большеземельская лесотундра).

Считается (Будыко, 1974), что при сохранении современных темпов хозяйственного развития антропогенные изменения климата могут достигнуть лишь к концу нашего века масштабов, сравнимых с масштабами естественных колебаний, т. е. в ближайшие два-три десятилетия будут преобладать естественные колебания. В связи с этим прогноз климатически обусловленных колебаний прироста мы произвели до 2010 г. Но даже и в том случае, если когда-либо наступит момент, когда человечество будет располагать мощными источниками энергии и научится управлять климатом Земли, то и тогда оно должно обязательно учитывать колебания климата, вызываемые естественными факторами.

Характеристики основных циклических составляющих, использованных для экстраполяции, приведены в табл. 11. Определение параметров циклов у ряда 50–54а производилось при помощи методики Б.Л. Берри и др. (1976), а у остальных рядов – при помощи методики В.С. Мазепы (1985), которая заключается в совместном использовании спектрального разложения и полосовых фильтров. Из анализа были исключены короткие циклы (длительностью меньше 6–7 лет), на которые приходится большая часть случайных колебаний (Дроздов, Григорьева, 1971). У отдельных рядов было выделено от 5 до 12 циклов (внутривековых, вековых и сверхвековых). Аппроксимация рядов производилась путем суммирования синусоид, подобранных для каждого цикла.

Средняя квадратическая ошибка аппроксимации отдельных циклов синусоидами оказалась очень небольшой – от 3,4 до 11,7% (см. табл. 11), а сумм подобранных синусоид по отношению к несглаженным фактическим рядам – 26–38%, а по отношению к сглаженным, у которых исключены циклы короче 7–11 лет, – 13–21%. Таким образом, суммарная амплитуда учтенных циклов включает в себя большую часть общей амплитуды рассматриваемых рядов и у нас имеются все основания произвести экстраполяцию колебаний индексов прироста на будущее.

Сверхдолгосрочный (до 2010 г.) прогноз климатически обусловленных колебаний индексов прироста деревьев для различных районов исследований приведен на рис. 30 и в табл. 12. На основе этого прогноза можно сделать следующие заключения о возможных тенденциях изменения теплообеспеченности летнего периода в отдельных районах исследований.

Обско-Тазовская лесотундра, Полярный и Приполярный Урал. В генерализированном ряду 50–54а было выявлено 12 наиболее представительных циклов (см. табл. 11). Ошибка аппроксимации сумм всех подобранных синусоид по отношению к несглаженному ряду составила 28,2%, а по отношению к сглаженному ряду (при помощи 11-летней средней скользящей) – 12,9%. В связи с тем, что в этом ряду было выявлено наибольшее количество циклических составляющих, то размах колебаний аппроксимированного ряда оказался меньшим, чем у других рядов (рис. 30).

Значения индексов прироста лиственницы сибирской в этих районах выше нормы ожидаются в 1981–1984 и 1990–2010 гг., а ниже нормы – в 1985–1990 гг. В связи с тем, что в этом ряду, кроме циклических составляющих, был выявлен положительный линейный тренд, который на самом

Таблица 11. Циклические составляющие дендрохронологических рядов, использованные для целей прогноза

Номер ряда	Средняя длительность цикла, шт.	Число полных циклов, шт.	Год начала отсчета	Фаза, радиан	Амплитуда, %	Ошибка аппроксимации, %	Представительность
31–34	196	1	1732	1,570	6	3,5	–
	42	4	– " –	–1,409	11	8,5	–
	22,4	9	– " –	–0,747	16	11,7	–
	12,3	17	– " –	1,546	7	5,1	–
	9,2	23	– " –	–0,947	5	6,4	–
	7,3	29	– " –	0,964	7	4,1	–
50–54а	12	72	1536	1,74	4	–	0,422
	20	43	– " –	2,20	5	–	0,410
	37	23	– " –	1,96	7	–	0,382
	110	7	– " –	1,06	11	–	0,320
	62	13	– " –	2,36	8	–	0,306
	24	36	– " –	1,35	5	–	0,303
	41	21	– " –	2,24	7	–	0,285
	92	9	– " –	–0,63	9	–	0,245
	76	11	– " –	–2,37	7	–	0,195
	170	4	– " –	1,42	10	–	0,171
	50	17	– " –	2,18	4	–	0,101
	350	2	– " –	2,46	8	–	0,042
11–13	198	2	1877	0,000	7	–	–
	99	4	1620	1,040	9	7,9	–
	37	10	1640	–0,486	15	8,2	–
	22,8	17	– " –	1,490	9	10,8	–
	16,8	22	– " –	1,477	11	8,4	–
	12,3	31	– " –	–1,256	7	6,5	–
	10,2	37	– " –	–1,306	7	3,4	–
	8,9	42	– " –	–1,544	9	6,9	–
	7,0	54	– " –	1,310	8	4,8	–
26	91	1	1740	0,994	11	3,8	–
	29	6	– " –	1,145	11	7,7	–
	15,4	13	– " –	–1,570	12	7,0	–
	10,3	18	1743	1,395	7	9,5	–
	7,7	32	1745	–0,819	10	7,4	–

деле может быть восходящей фазой многовекового цикла, то прогнозируемые величины прироста могут оказаться несколько завышенными. До середины 90-х годов текущего столетия ожидается похолодание климата. В самом конце текущего и начале следующего столетий условия для роста древесной растительности будут благоприятными.

Северный Урал. В генерализированном ряду 11–13 выделено 9 циклических составляющих, средняя квадратическая ошибка аппроксимации которых оказалась равно 3,4–10,8% (см. табл. 11). Ошибка аппроксимации сумм этих синусоид с несглаженным рядом составила 33,8%, а со сглаженным рядом, у которого исключены циклы короче 7 лет, – 28,9%.

Ожидаются следующие изменения индексов прироста лиственницы и

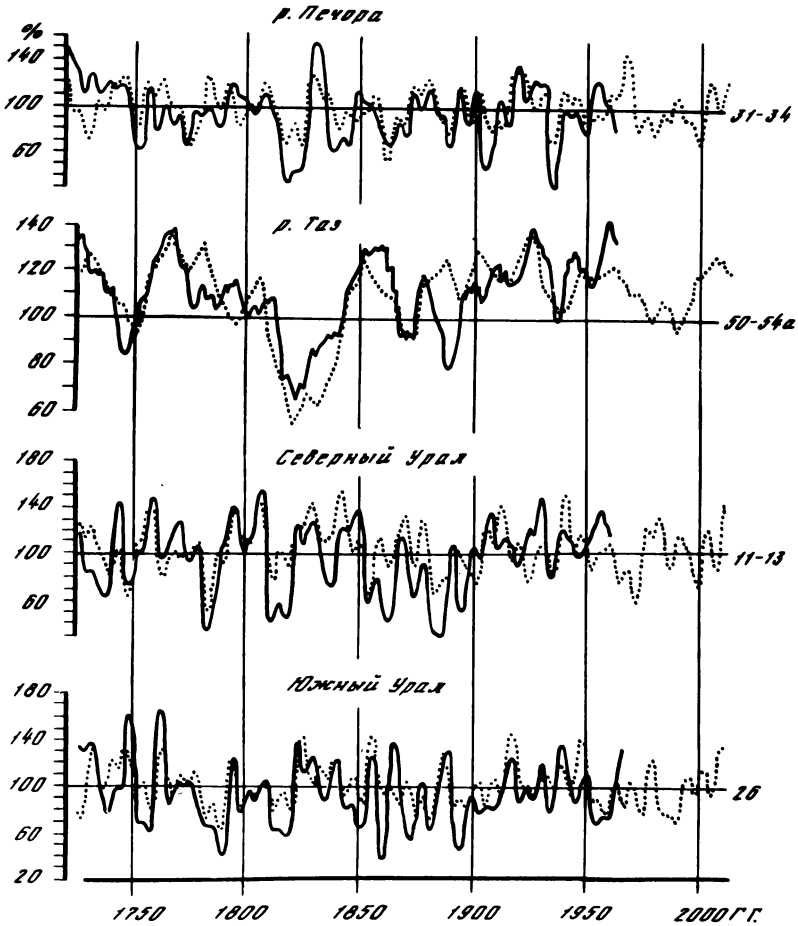


Рис. 30. Изменчивость индексов прироста у рядов по лиственнице 50–54а и 11–13, рядов по ели 31–34 и 26 (сплошная кривая) и значения суммы аппроксимирующих синусоид (пунктирная кривая)

термических условий летнего периода. Прирост деревьев выше нормы возможен в 1981–1984, 1989–1994, 2001–2004 и 2008–2010 гг., а ниже нормы – в 1985–1988, 1990–2000 и 2005–2007 гг. (см. рис. 30). Другими словами, ожидается несколько коротких благоприятных и неблагоприятных периодов для роста древесной растительности, но в целом будут преобладать неблагоприятные периоды. В начале будущего столетия условия для роста древесной растительности улучшается, но не в такой степени, как в более северных районах.

Южный Урал. У обобщенного ряда 26 выделено 5 циклов, ошибка аппроксимации которых составила от 3,8 до 9,5%. Ошибка аппроксимации сумм подобранных синусоид по отношению к несглаженному фактическому ряду равна 26,4%, а по отношению к сглаженному ряду, у которого исключены колебания менее 7 лет, – 20,8%.

Таблица 12. Прогноз климатически обусловленных колебаний индексов прироста деревьев в различных районах исследований

Номер ряда	Год	Ожидаемая величина индексов прироста, %	Номер ряда	Год	Ожидаемая величина индексов прироста, %
31–34	1981–1986	90–98		1995–2000	73–97
	1987–1990	104–109		2001–2005	102–119
	1991–2000	71–97		2005–2007	89–99
	2001–2010	101–122		2008–2010	105–142
50–54а	1981–1984	101–106	26	1981–1992	71–99
	1985–1990	96–99		1993–1995	102–106
	1991–2010	101–126		1996–1997	96–97
11–13	1981–1984	111–129		1998–2003	100–117
	1985–1988	90–99		2004–2005	92–93
	1989–1994	103–115		2006–2010	103–136

В течение ближайших 30 лет индексы прироста ели сибирской выше нормы ожидаются в 1993–1995, 1998–2003 и 2006–2010 гг., а ниже нормы – в 1981–1992, 1996–1997 и 2004–2005 гг. (см. рис. 30 и табл. 12). Наиболее длительный и интенсивный неблагоприятный период возможен в течение ближайшего десятилетия. На рубеже XX–XXI вв. климатические условия для существования древесной растительности будут колебаться около средней нормы, и в самом конце прогнозируемого периода (около 2010 г.) ожидается улучшение условий для роста деревьев.

Нижнее течение р. Печоры. В генерализированном ряду 31–34 было выявлено пять внутривековых циклов и один сверхвековой. Средняя квадратическая ошибка аппроксимации большей части циклов незначительна (от 3,5 до 6,4%). Она оказалась несколько большей для циклов продолжительностью 42 и 22,4 года в связи с тем, что первая волна 42-летнего цикла оказалась синхронной фактической волне, а у цикла 22,4 года две волны оказались двугорбыми. Ошибка аппроксимации сумм подобранных пяти синусоид с несглаженным рядом составила 38,5%, а со сглаженным рядом, у которого исключены циклы короче 7 лет, – 19,8%.

В течение ближайших 30 лет индексы прироста ели сибирской ожидаются ниже нормы в 1981–1986 и 1991–2000 гг., а выше нормы – в 1987–1990 и 2001–2010 гг. До конца текущего столетия климатическая обстановка для произрастания древесной растительности будет неблагоприятной, особенно в течение 1991–2000 гг. В начале XXI в. (с 2001 г.) условия для роста деревьев будут благоприятными (см. рис. 30). В высокогорных районах Урала в прилегающих к нему территориях равнинной лесотундры в течение ближайших 15–20 лет ожидаются неблагоприятные термические условия летнего периода для роста древесной растительности. Периоды, когда ожидается наиболее низкий прирост деревьев (до 10–30% ниже нормы), не совпадают и смещены по отношению друг к другу на 5–10 лет. Наиболее интенсивное снижение радиального прироста ожидается на Южном Урале и в Большеземельской лесотундре. В начале следующего столетия ожидается потепление климата и увеличение прироста деревьев, которые наиболее интенсивными будут в северных районах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе изучения годичного радиального прироста древесины у лиственницы сибирской, ели сибирской и сосны обыкновенной, произрастающих на верхнем пределе своего распространения в различных условиях местообитания и природных провинциях Урала, впервые получен массовый дендрохронологический материал, на основе которого выявлены основные закономерности климатически обусловленных колебаний прироста древесных растений и намечены пути использования дендрохронологической информации для решения ряда научных и практических задач в области экологии и климатологии.

Анализ дендрохронологических рядов показал, что в течение последних нескольких сотен лет происходили значительные погодичные и многолетние колебания индексов прироста, обусловленные в основном изменениями теплообеспеченности вегетационных периодов. Климатически обусловленные колебания прироста древесных растений наиболее велики на Полярном Урале. В отдельные достаточно длительные периоды, например в 1875–1900 и 1920–1960 гг., значения индексов прироста были ниже или выше нормы в среднем на 40–50%. При движении к югу от Полярного Урала изменчивость индексов прироста постепенно снижается и минимальных значений достигает в высокогорьях Южного Урала. Об этом свидетельствуют такие факты, как уменьшение в этом направлении коэффициента чувствительности рядов и амплитуды циклических колебаний. Причинами этого являются, во-первых, снижение изменчивости термических условий при движении с севера на юг (Рубинштейн, Полозова, 1966) и, во-вторых, уменьшение степени воздействия климатических лимитирующих факторов на радиальный прирост древесных растений.

В северных провинциях (Полярный, Приполярный и Северный Урал) также наблюдается высокая синхронность и теснота связи в погодичных и многолетних (циклических) колебаниях индексов прироста между дендрохронологическими рядами, полученными по одному виду древесного растения в различных типах условий местообитания (от сухих до заболоченных). Набор циклических составляющих в этих рядах практически одинаков. Это свидетельствует о том, что в северных провинциях радиальный прирост древесных растений находится под контролем одного ведущего климатического фактора, в данном случае теплообеспеченности вегетационного периода. В высокогорьях Южного Урала картина несколько другая. Здесь не наблюдается такой высокой синхронности и тесноты связи между дендрохронологическими рядами, построенными для различных типов условий местообитания. В этих рядах неодинаков и набор циклических составляющих. Показатели тесноты связи между индексами прироста де-

ревьев и температурой летнего периода на Южном Урале значительно более низкие по сравнению с северными провинциями. Поэтому в северных провинциях Урала можно производить построение генерализированных рядов, в то время как на южном Урале в большинстве случаев этого делать нельзя.

Поскольку природа циклов, выделенных в дендрохронологических рядах, нам неизвестна или имеются лишь некоторые предположения, то установить их реальность и климатологическую значимость можно только на основе анализа массового материала. В связи с этим при анализе цикличности необходимо иметь для каждого района несколько рядов, полученных для разных видов древесных растений и различных типов условий местообитания.

Наиболее высокую чувствительность, синхронность и тесноту связи с климатическими факторами и четкость в проявлении циклов показывают ряды по лиственнице сибирской, причем во всех природных провинциях Урала. Это свидетельствует о том, что лиственница более отзывчива на изменение внешних, в частности климатических, условий по сравнению с елью сибирской и сосной обыкновенной. Причинами этого являются такие ее эколого-биологические особенности, как светолюбие, листопадность, способность максимально использовать термические условия вегетационного периода для накопления биомассы. В высокогорьях Урала лиственница является видом, наиболее пригодным для проведения дендрохронологических исследований.

Кросс-спектральный анализ уральских дендрохронологических рядов, проведенный В.С. Мазепой (1985), показал, что во всех провинциях выявлено запаздывание в проявлении экстремумов доминирующих циклов в рядах по ели сибирской по сравнению с рядами по лиственнице сибирской примерно на 20–30% от длительности внутривековых циклов, что, видимо, связано с большей инерционностью реакции ели на климатические воздействия. Поэтому объединять ряды, полученные по разным видам древесных растений, нельзя во всех природных провинциях Урала.

Наибольшую синхронность и тесноту связи показывают дендрохронологические ряды, полученные для соседних природных провинций, особенно между Полярным–Приполярным и Приполярным и Северным Уралом. По показателям чувствительности и синхронности дендрохронологических рядов, набору и синхронности основных циклических составляющих изученную территорию можно разбить на два крупных района – северный, куда входят Полярный, Приполярный и Северный Урал, и южный, представленный лишь высокогорьями Южного Урала.

Наличие на Полярном Урале, в районе верхней границы леса большого количества давно отмершей и сохранившейся до настоящего времени на дневной поверхности древесины лиственницы сибирской дало возможность продлить дендрохронологический ряд до 960 г.н.э. и тем самым выявить долговременные колебания прироста деревьев и климатических условий. Впервые для Урала произведена точная хронологическая привязка таких климатических периодов, как значительное средневековое потепление климата в X–XIII вв., которое затем сменилось длительным похолоданием, продолжавшимся с XIV до конца XIX вв. На фоне этих продолжительных изменений климата происходили более кратковременные циклические колебания. Особый интерес из них представляет четкое проявление

до сих пор слабо изученного 160–180-летнего климатического цикла, который оказывает большое влияние на ход многих природных процессов в северных районах. При помощи этого ряда произведена датировка большого количества образцов древесины, взятых с остатков стволов и корневых лап лиственниц, и тем самым произвести реконструкцию динамики верхней границы леса за последнее тысячелетие (Шиятов, 1981).

Опыт прогнозирования климатически обусловленных колебаний прироста древесных растений свидетельствует о том, что использование полигармонических моделей дает возможность получать удовлетворительные фоновые прогнозы. При этом важно выявлять и учитывать длительные (вековые и сверхвековые) колебания. Чтобы повысить надежность долгосрочных прогнозов, необходимо использовать и другие модели, в частности внутрирядные связи, связи между самыми различными временными рядами, а также учитывать изменения в природной обстановке, вызываемые хозяйственной деятельностью человека.

Первоочередными задачами дендрохронологических исследований в высокогорных районах Урала являются:

1. Полученные дендрохронологических рядов по ныне живущим деревьям для других горных массивов, чтобы ликвидировать большие разрывы между изученными районами, а также выявить специфику в ходе индексов прироста и климата на восточном и западном макросклонах хребта.

2. Построение более длительных рядов, используя давно отмершую древесину, сохранившуюся до настоящего времени на дневной поверхности, в торфяниках, речных и озерных отложениях.

3. Получение более надежных дендроклиматических рядов на основе использования моделей роста деревьев и древостоев, в которые были бы введены основные биологические и экологические факторы, влияющие на радиальный прирост.

ЛИТЕРАТУРА

Агарков С.Г., Коноваленко З.П., Кононова Н.К. Цикличность циркуляции атмосферы северного полушария. – Изв. АН СССР. Сер. геогр., 1976, № 1, с. 94–101.

Адаменко В.Н. Изменчивость увлажненности за последние 5000 лет на основании анализа косвенных показателей. – Докл. АН СССР, 1976, т. 228, № 2, с. 463–466.

Адаменко В.Н., Зушинская Т.М., Ловелиус Н.В., Сазонов Б.И. О квазиритмичности дендрохронологических индексов. – В кн.: Дендроклиматохронология и радиоуглерод. Каунас: Ин-т ботаники АН ЛитССР, 1972, с. 141–147.

Алехин Ю.М. Проблема причинности в гидрометеорологических прогнозах большой заблаговременности. – Тр. Ленингр. гидрометеорол. ин-та, 1969, вып. 35, с. 39–45.

Андерсон Т. Статистический анализ временных рядов. М.: Мир, 1976. 752 с.

Афанасьев А.Н. Колебания гидрометеорологического режима на территории СССР (в особенности в бассейне Байкала). М.: Наука, 1967. 229 с.

Афанасьев С.Л. Возможные причины пульсации и цикличности геологических процессов. – В кн.: Ритмика природных явлений. Л.: Геогр. о-во СССР, 1976, с. 27–30.

Бадер О.Н. Некоторые вопросы палеогеографии Урала и северо-восточной Европы в свете археологических данных. – В кн.: Материалы по четвертичному периоду СССР. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1950, вып. 2, с. 140–149.

Белинский Н.А. Использование некоторых особенностей атмосферных процессов для долгосрочных прогнозов. Л.: Гидрометеоиздат, 1957. 203 с.

Берри Б.Л., Либерман А.А., Лукьянова Л.М., Турманина В.И. Колебания климата Хибин. Карпат, Кавказа, Забайкалья. – В кн.: Ритмика природных явлений. Л.: Геогр. о-во СССР, 1976, с. 98–101.

Берри Б.Л., Либерман А.А., Лукьянова Л.М., Турманина В.И. Выявление с помощью ЭВМ периодов вековых колебаний климата по дендрохронологическим рядам. – В кн.: Ритмы гляциальных процессов. М.: Изд-во МГУ, 1979, с. 135–148.

Берри Б.Л., Либерман А.А., Шиятов С.Г. Периодические колебания индексов прироста лиственницы сибирской в Тазовской лесотундре и их прогноз. – Экология, 1979, № 6, с. 22–26.

Бетин В.В., Преображенский Ю.В. Суровость зим в Европе и ледовитость Балтики. Л.: Гидрометеоиздат, 1962. 109 с.

Битвинскас Т.Т. Динамика прироста насаждений и возможности ее прогнозирования. – Докл. ТСХА, 1964, вып. 99, с. 497–503.

Битвинскас Т.Т. К вопросу об изучении связи колебаний климата и прироста насаждений. – Докл. ТСХА, 1965а, вып. 103, с. 385–390.

Битвинскас Т.Т. К вопросу о применении дендроклиматических методов в лесном хозяйстве. – Докл. ТСХА, 1965б, вып. 115, с. 201–207.

Битвинскас Т.Т. Динамика прироста сосновых насаждений Литовской ССР и возможности его прогноза: Автореф. дис. . . . канд. с.-х. наук. М., 1965. 15 с.

Битвинскас Т.Т. Дендроклиматические исследования. Л.: Гидрометеоиздат, 1974. 170 с.

Боголепов М. Наступающие возмущения климата: По историческим данным. М.: Госиздат, 1921. 30 с.

Бонов А.Д. О 176-летнем изменении активности Солнца. – Солнечные данные, 1957, № 3, с. 110–111.

Борщева Н.М. Колебания прироста арчи туркестанской в Заилийском Алатау. – В кн.: Материалы по биоэкологии растений. Алма-Ата: Казах. пед. ин-т, 1978, с. 12–17.

Борщева Н.М. Влияние климатических факторов на радиальный прирост

древесины ели Шренка в Заилийском Алатау. – В кн.: Биоэкологические исследования в еловых лесах Тянь-Шаня. Фрунзе: Илим, 1981, с. 159–167.

Брукс К. Климаты прошлого: Пер. с англ. М.: Иностр. лит., 1952. 356 с.

Брукс К., Карузерс Н. Применение статистических методов в метеорологии. Л.: Гидрометеоиздат, 1963. 405 с.

Будыко М.И. Климат и жизнь. Л.: Гидрометеоиздат, 1971. 470 с.

Будыко М.И. Изменения климата. Л.: Гидрометеоиздат, 1974. 279 с.

Будыко М.И. Климат в прошлом и будущем. Л.: Гидрометеоиздат, 1980. 350 с.

Виллетт Х.К. Характер связи солнечных и климатических явлений. – В кн.: Солнечная активность и изменения климата. Л.: Гидрометеоиздат, 1966, с. 23–43.

Вительс Л.А. Интенсивность атмосферной циркуляции в Арктике и солнечная активность. – Метеорология и гидрология, 1946, № 6, с. 25–33.

Вительс Л.А. Аномалии циклического хода солнечной активности и тенденция современных колебаний климата. – Труды/Гл. геофиз. обсерватория им. А.И. Воейкова, 1962, вып. 133, с. 35–54.

Вительс Л.А. О периодичности осадков на Европейской территории СССР.– Труды/Гл. геофиз. обсерватория им. А.И. Воейкова, 1973, вып. 299, с. 100–105.

Витинский Ю.И. Прогнозы солнечной активности. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1963. 149 с.

Возовик Ю.И. О повторяемости событий в процессе развития ландшафтов во времени. – В кн.: Ритмы и цикличность в природе: Вопр. географии; Сб. 79. М.: Мысль, 1970, с. 3–14.

Воробьева Е.В. Цикличность геомагнитной возмущенности и ее временные вариации. – Труды/Гл. геофиз. обсерватория им. А.И. Воейкова, 1968, вып. 227, с. 28–33.

Воробьева Е.В. Временные изменения продолжительности метеорологических циклов и возможные их причины. – Труды/Гл. геофиз. обсерватория им. А.И.Воейкова, 1969, вып. 245, с. 17–24.

Ганский А.П. О большом периоде солнечной активности. – Изв. АН, 1904, т. 20, № 4, с. 145–150.

Гедеонов А.Д. Изменения температуры воздуха на северном полушарии за 90 лет. Л.: Гидрометеоиздат, 1973. 145 с.

Гирс А.А. Многолетние колебания атмосферной циркуляции и долгосрочные гидрометеорологические прогнозы. Л.: Гидрометеоиздат, 1971. 277 с.

Глебов Ф.З., Погодина А.И., Дашковская И.С. Влияние гидроклиматических условий на рост болотных древостоев. – В кн.: Особенности лесоболотных экосистем Западной Сибири. Красноярск: Ин-т леса и древесины им. В.Н. Сукачева СО АН СССР, 1978, с. 59–91.

Гневышев М.Н. Об 11-летнем цикле солнечной активности. – Успехи физ. наука, 1965, т. 90, № 2, с. 291–301.

Гортинский Г.Б. Особенности изменчивости прироста ели по диаметру в пределах Европейской тайги. – В кн.: Ритмичность природных явлений: (Тезисы). Л.: Гидрометеоиздат, 1971, с. 85–86.

Гренджер К., Хатанака М. Спектральный анализ временных рядов в экономике. М.: Статистика, 1972. 309 с.

Григорьева А.А., Комин Г.Е., Полозова Л.Г. Годичный прирост деревьев в северном Казахстане как индикатор засух. – Труды/Гл. геофиз. обсерватория им. А.И. Воейкова, 1979, вып. 403, с. 100–106.

Гриффин Д.Б. Некоторые связи между изменениями климата и культуры в предыстории востока Северной Америки. – В кн.: Солнечная активность и изменения климата. Л.: Гидрометеоиздат, 1966, с. 343–353.

Гурский А.В., Каневская И.Б., Остапович Л.Ф. Основные итоги интродукции растений в Памирском ботаническом саду. – Труды/Памир. ботан. сад Ин-та ботаники АН ТаджССР, 1953, т. 16, с. 1–95.

Давитая Ф.Ф. История атмосферы и динамика ее газового состава. – Метеорология и гидрология, 1971, № 2, с. 21–28.

Дроздов О.А. Основы климатологической обработки метеорологических наблюдений. Л.: Изд-во ЛГУ, 1956. 302 с.

Дроздов О.А. О фазах векового цикла количества осадков на территории Евразии. – Труды/Гл. геофиз. обсерватория им. А.И. Воейкова, 1973, вып. 299, с. 91–99.

Дроздов О.А. Возможен ли научный прогноз температуры и осадков на

несколько лет вперед. – В кн.: Климатология и сверхдолгосрочный прогноз. Л.: Гидрометеоиздат, 1977, с. 3–9.

Дроздов О.А., Григорьева А.С. Многолетние циклические колебания атмосферных осадков на территории СССР. Л.: Гидрометеоиздат, 1971. 157 с.

Дроздов О.А., Малкова И.В. К вопросу об использовании автокорреляционных функций для анализа очень длинных дендрохронологических рядов. – В кн.: Дендроклиматохронология и радиоуглерод. Каунас: Ин-т ботаники АН ЛитССР, 1972, с. 165–168.

Дроздов О.А., Полозова Л.Г. Циклические колебания температуры и атмосферных осадков в современную эпоху. – В кн.: Доклады на ежегодных чтениях памяти Л.С. Берга, XV–XIX, 1967–1971. Л.: Наука, 1973, с. 164–174.

Дроздов О.А., Полозова Л.Г., Сазонов Б.И. Вековой ход температуры и осадков и его отражение в ходе прироста деревьев и связь с солнечной активностью. – В кн.: Дендроклиматохронология и радиоуглерод. Каунас: Ин-т ботаники АН ЛитССР, .1972, с. 32 36.

Дружинин И.П. Экономическая эффективность долгосрочных прогнозов. – В кн.: Космос–Земля: Прогнозы. М.: Мысль, 1974, с. 10–31.

Дружинин И.П., Коноваленко З.П., Кукушкина В.П., Хамьянова Н.В. Речной сток и геофизические процессы (связи, цикличность и предвидение). М.: Наука, 1966. 292 с.

Дружинин И.П., Коноваленко З.П., Агарков С.Г. Цикличность многолетних колебаний атмосферной циркуляции. – В кн.: Проблемы экспертизы растительных объектов. М.: ВНИИ судебных экспертиз, 1972, с. 21–28.

Дружинин И.П., Сазонов Б.И., Ягодинский В.Н. Космос–Земля: Прогнозы. М.: Мысль, 1974. 286 с.

Дугинов В.И. Изменения климата на территории Центрально-Черноземных областей. – Труды/Гл. геофиз. обсерватория им. А.И. Воейкова, 1960, вып. 88, с. 111–124.

Жуков Л.В., Музалевский Ю.С. Корреляционно-спектральный анализ периодичностей активности Солнца. – Астрон. журн., 1969, т. 46, № 3, с. 600–609.

Закиев Х.Я. Солнечная активность, циркуляция атмосферы и колебания режима современных ледников Большого Кавказа. – Геофиз. бюл. Междувед. геофиз. ком. при Президиуме АН СССР, 1965, № 16, с. 85–91.

Зушинская Т.М. Проявление и прогноз 80-летнего цикла в показателях климата и солнечной активности. Ч. I. Показатели климата. – Труды/Гл. геофизич. обсерватория им. А.И. Воейкова, 1975а, вып. 355, с. 104–112.

Зушинская Т.М. Проявление и прогноз 80-летнего цикла в показателях климата и солнечной активности. Ч. II. Показатели солнечной активности. – Труды/Гл. геофиз. обсерватория им. А.И. Воейкова, 1975б, вып. 355, с. 113–127.

Зушинская Т.М., Сазонов Б.И. Основные частоты геофизических процессов. Ч. II. – Труды/Гл. геофиз. обсерватория им. А.И. Воейкова, 1973, вып. 299, с. 37–46.

Кабец Р.А. Динамика годичного прироста дуба черешчатого на восточной границе его ареала. – В кн.: Дендроклиматохронология и радиоуглерод. Каунас: Ин-т ботаники АН ЛитССР, 1972, с. 111–114.

Кендалл М., Стьюарт А. Теория распределений:/Пер. с англ. М.: Наука, 1966. 587 с.

Кнорре А.В., Ловелиус Н.В., Норин Б.Н. Колебания прироста Larix dahurica Turcz. в лесном острове Ары-Мас (Таймыр). – Ботан. журн., 1971, т. 56, № 5, с. 627–632.

Колищук В.Г. Динамика прироста горной сосны (Pinus mughus Scop.) в связи с солнечной активностью. – Докл. АН СССР, 1966, т. 167, № 3, с. 710–713.

Комин Г.Е. Лесоведение и дендрохронология. – Лесоведение, 1968, № 4, с. 78–86.

Комин Г.Е. Динамика прироста сосны в Казахстане в связи с солнечной активностью. – Солнечные данные, 1969, № 8, с. 113–117.

Комин Г.Е. К методике дендроклиматологических исследований. – Тр. Ин-та экологии растений и животных УФАН СССР, 1970а, вып. 67, с. 234–241.

Комин Г.Е. Цикличность в динамике прироста деревьев и древостоев сосны таежной зоны Западной Сибири. – Изв. СО АН СССР. Сер. биол., 1970б, № 15, вып. 3, с. 36–44.

Комин Г.Е. Вековой цикл в динамике прироста деревьев. – В кн.: Радиоуглерод. Вильнюс: Ин-т ботаники АН ЛитССР, 1971, с. 63–66.

Комин Г.Е. Цикличность в динамике прироста деревьев. – В кн.: Проблемы экспертизы растительных объектов. М.: ВНИИ судебных экспертиз, 1972а, с. 54–64.

Комин Г.Е. 11-летний цикл в динамике прироста сосны степного Зауралья. – В кн.: Дендроклиматохронология и радиоуглерод. Каунас: Ин-т ботаники АН ЛитССР, 1972б, с. 89–93.

Комин Г.Е. Цикл Брикнера в динамике прироста деревьев. – Лесоведение, 1974, № 2, с. 21–27.

Комин Г.Е. Цикличность в динамике лесов Зауралья: Автореф. дис. . . . д-ра биол. наук. Свердловск, 1978. 39 с.

Костин С.И. Колебания климата в центральной лесостепи Русской равнины. – Науч. зап. Воронеж. лесотехн. ин-та, 1960, т. 21, с. 62–70.

Костин С.И. Солнечная активность и влияние ее на прирост деревьев и состояние лесных насаждений в центральной части лесостепи Русской равнины. – Труды/Гл. геофиз. обсерватория им. А.И. Воейкова, 1961, вып. 111, с. 108–117.

Костин С.И. Реален ли Брикнеров цикл? – Природа, 1965, № 2, с. 78–79.

Костин С.И. Солнечная активность и ее отражение в некоторых явлениях природы. – Изв. ВГО, 1968а, т. 100, вып. 4, с. 341–345.

Костин С.И. Влияние 11-летних и вековых циклов на рост деревьев. – Солнечные данные, 1968б, № 4, с. 108–112.

Костин С.И. Связь изменений климата в современную эпоху с колебаниями его за прошлое время. – Труды/Гл. геофиз. обсерватория им. А.И. Воейкова, 1979, вып. 403, с. 107–113.

Кренке Н.П. Теория циклического старения и омоложения растений и практическое ее применение. М.: Сельхозгиз, 1940. 134 с.

Кудрявцева Л.А. К вопросу об исследовании 20–24-летнего цикла в ходе характеристик атмосферной циркуляции и осадков. – Труды/Гл. геофиз. обсерватория им. А.И. Воейкова, 1973, вып. 299, с. 106–115.

Ле Руа Ладюри Э. История климата с 1000 года:/Пер. с фр. Л.: Гидрометеоиздат. 279 с.

Ловелиус Н.В. Колебания прироста годичных колец ели и лиственницы в Центральной Якутии. – Изв. ВГО, 1972, т. 104, вып. 3, с. 217–220.

Ловелиус Н.В. Ритмическая изменчивость прироста деревьев. – В кн.: Доклады на ежегодных Чтениях памяти Л.С. Берга, XV–XIX, 1967–1971: Ритмичность природных явлений. Л.: Наука, 1973, с. 209–220.

Ловелиус Н.В. Изменчивость прироста деревьев. Дендроиндикация природных процессов и антропогенных воздействий. Л.: Наука, 1979. 230 с.

Логинов В.Ф. Многолетние колебания циркуляции атмосферы и их связь с солнечной активностью. – Вестн. ЛГУ, 1966, № 12, с. 115–118.

Логинов В.Ф. О природе полувекового цикла в тропосфере. – Труды/Гл. геофиз. обсерватория им. А.И. Воейкова, 1969, вып. 245, с. 25–30.

Логинов В.Ф. Солнечная обусловленность колебаний термического режима северного полушария. – Докл. Ин-та географии Сибири и Дальнего Востока, 1972, вып. 33, с. 38–44.

Мазепа В.С. Математико-статистические модели дендрохронологических рядов: Автореф. дис. . . . канд. физ.-мат. наук. Красноярск, 1985. 19 с.

Максимов Е.В. Проблемы оледенения Земли и ритмы в природе. Л.: Наука, 1972. 295 с.

Максимов Е.В. Ритмичность природных явлений. – В кн.: Ритмика природных явлений. Л.: Геогр. о-во СССР, 1976, с. 5–8.

Максимов И.В. О восьмидесятилетнем цикле колебаний климата Земли. – Докл. АН СССР, 1952, т. 86, № 5, с. 917–920.

Максимов И.В. О многолетних приливных явлениях в море и в атмосфере Земли. – Тр. Ин-та океанологии АН СССР, 1954а, т. 8, с. 18–40.

Максимов И.В. Вековые колебания ледовитости северной части Атлантического океана. – Тр. Ин-та океанологии АН СССР, 1954б, т. 8, с. 41–91.

Максимов И.В. Геофизические силы и воды океана. Л.: Гидрометеоиздат, 1970. 446 с.

Максимов И.В., Саруханян Э.И., Смирнов Н.П. Космогеофизический фон макропроцессов в океане и атмосфере и сверхдолгосрочный прогноз. – В кн.: Климатология и сверхдолгосрочный прогноз. Л.: Гидрометеоиздат, 1977, с. 18–25.

Мартемьянов В.И. О возможности сверхдолгосрочного прогноза среднемесячной температуры воздуха у поверхности земли в Средней Азии. – В кн.:

Климатология и сверхдолгосрочный прогноз. Л.: Гидрометеоиздат, 1977, с. 33–38.

Масанова М.Д. Нестационарность ритмических составляющих гидрологических рядов. – В кн.: Ритмика природных явлений. Л.: Геогр. о-во СССР, 1976, с. 19–20.

Маючая Л.В. Информационный анализ временных рядов атмосферных осадков. – В кн.: Статистические методы исследования геосистем. Владивосток: Тихоокеан. ин-т географии ДВНЦ АН СССР, 1976, с. 46–58.

Молчанов А.А. Дендроклиматические основы прогнозов погоды. М.: Наука, 1976. 166 с.

Монин А.С., Шишков Ю.А. История климата. Л.: Гидрометеоиздат, 1979. 405 с.

Музалевский Ю.С., Жуков Л.В. О флуктуациях месячных чисел Вольфа. – Астрон. журн., 1970, т. 47, № 3, с. 541–550.

Мухамедшин К.Д., Сартбаев С.К. Цикличность прироста арчи в условиях высокогорья Тянь-Шаня. – Изв. АН КиргССР, 1972, № 2, с. 55–60.

Мягков С.М. История климата нашей эры в Европе в связи с проблемой ритмичности и прогноза гляциальных процессов. – В кн.: Ритмы гляциальных процессов. – В кн.: Ритмы гляциальных процессов. М.: Мысль, 1979, с. 7–23.

Назаров В.С. Исторический ход ледовитости Карского моря. – Изв. ВГО, 1947, т. 79, № 6, с. 653–655.

Нестеров В.Г., Розанов М.И., Марчук Г.Д., Яворский Н.Х. Сверхдолгосрочное прогнозирование природных явлений на биоэкологической основе. – В кн.: Климатология и сверхдолгосрочный прогноз. Л.: Гидрометеоиздат, 1977, с. 113–117.

Оленин С.М. Вековая цикличность в динамике прироста сосняка заболоченного за 400 лет. – Экология, 1974, № 2, с. 90–92.

Оленин С.М. Радиальный прирост сосны в сфагновых сосняках в связи с вековыми солнечными циклами. – Лесоведение, 1976, № 2, с. 35–42.

Оленин С.М. Цикличность в динамике радиального прироста сосняков среднетаежного Предуралья. – Экология, 1977, № 6, с. 72–75.

Оль А.И. Проявление 22-летнего цикла солнечной активности в климате Земли. – Тр. Аркт. и Антаркт. НИИ, 1969, т. 289, с. 116–131.

Оль А.И. Ритмические процессы в земной атмосфере. – В кн.: Доклады на ежегодных Чтениях памяти Л.С.Берга, XV–XIX, 1967–1971: Ритмичность природных явлений. Л.: Наука, 1973, с. 148–164.

Оль А.И. Ритмические воздействия солнечной активности на ландшафтную оболочку Земли. – В кн.: Ритмика природных явлений. Л.: Геогр. о-во СССР, 1976, с. 15–17.

Пакальнис Р.Ю. Применение методов дендроклиматологии при определении колебаний уровня воды озер в условиях Восточной Литвы. – В кн.: Дендроклиматохронология и радиоуглерод. Каунас: Ин-т ботаники АН ЛитССР, 1972, с. 198–204.

Перфильев Б.В. Отложения Сакского озера. – Тр. Пресновод. Бородин. ст., 1927, т. 5. 243 с.

Полозова Л.Г. Анализ цикличности колебаний средней месячной температуры воздуха в северном полушарии. – Труды/Гл. геофиз. обсерватория им. А.И. Воейкова, 1970, вып. 269, с. 36–73.

Полозова Л.Г. Аномалии средней месячной температуры воздуха над северным полушарием в различные фазы 11-летнего и векового циклов солнечной активности. – Труды/Гл. геофиз. обсерватория им. А.И. Воейкова, 1973, вып. 299, с. 47–51.

Полозова Л.Г., Шиятов С.Г. Вековые колебания климата на основе анализа годичного прироста деревьев вдоль полярной границы леса. – В кн.: История биогеоценозов СССР в голоцене. М.: Наука, 1976, с. 14–23.

Полозова Л.Г., Шиятов С.Г. Влияние климатических факторов на радиальный прирост деревьев в высокогорных районах Урала. – Труды/Гл. геофиз. обсерватория им. А.И. Воейкова, 1979, вып. 403, с. 114–128.

Полюшкин Ю.В., Ларионов Н.В., Мартынов Б.Д. Периодичность засух и колебаний прироста деревьев на юге Тюменской области. – В кн.: Долгосрочные прогнозы природных явлений. Новосибирск: Наука, 1977, с. 83–92.

Понько В.А. О природе многоритмичности в колебаниях климата. – В кн.: Ритмика природных явлений. Л.: Геогр. о-во СССР, 1976, с. 156–158.

Предтеченский П.П. Цикличность в колебаниях солнечной деятельности. –

Труды/Гл. геофиз. обсерватория им. А.И. Воейкова, 1943, вып. 8(70), с. 3–15.

Пугачев П.Г. Динамика годичного прироста Pinus sylvestris L. в Тургайской впадине в связи с климатическими факторами. – Ботан. журн., 1975, т. 60, № 3, с. 401–412.

Раздорский В.Ф. Анатомия растений. М.: Сов. наука, 1949. 522 с.

Резников А.П. Прогнозирование солнечной активности до конца столетия. – В кн.: Закономерности и прогнозирование природных явлений. М.: Наука, 1980, с. 60–86.

Рубашов Б.М. Проблемы солнечной активности. М.; Л.: Наука, 1964. 362 с.

Рубинштейн Е.С., Полозова Л.Г. Современное изменение климата. Л.: Гидрометеоиздат, 1966. 267 с.

Рудаков В.Е. Метод изучения влияния колебаний климата на толщину годичных колец деревьев. – Докл. АН АрмССР, 1951, т. 13, № 3, с. 75–79.

Рудаков В.Е. Модульные коэффициенты годичного прироста деревьев – основа воссоздания хода колебаний атмосферных осадков. – Изв. ВГО, 1980, т. 112, вып. 3, с. 237–243.

Сазонов Б.И. Двойная природа ритмов в земных процессах. – В кн.: Дендроклиматохронология и радиоуглерод. Каунас: Ин-т ботаники АН ЛитССР, 1972, с. 82–88.

Сазонов Б.И. Основные частоты геофизических процессов. Ч. I. – Труды/Гл. геофиз. обсерватория им. А.И.Воейкова, 1973а, вып. 299, с. 25–36.

Сазонов Б.И. К сверхдолгосрочному прогнозу солнечной активности. – Труды/Гл. геофиз. обсерватория им. А.И.Воейкова, 1973б, вып. 299, с. 142–146.

Сазонов Б.И. Космос – источник прогностической информации. – В кн.: Космос–Земля: Прогнозы. М.: Мысль, 1974, с. 32–93.

Сазонов Б.И. Брикнеровский цикл засух. – Труды/Гл. геофиз. обсерватория им. А.И. Воейкова, 1979, вып. 403, с. 83–92.

Саруханян Э.И., Смирнов Н.П. Многолетние колебания стока Волги: Опыт геофизического анализа. Л.: Гидрометеоиздат, 1971. 165 с.

Смирнов Н.П. Долгопериодные ритмические явления в деятельности Гольфстрима. – Изв. ВГО, 1965, № 5, с. 427–437.

Ступнева А.В. Пространственно-временная изменчивость основных дендрорядов профиля Мурманск–Карпаты. – В кн.: Пространственные изменения климата и годичные кольца деревьев. Каунас: Ин-т ботаники АН ЛитССР, 1981, с. 90–100.

Ступнева А., Битвинскас Т. Динамика прироста сосны и спектральный анализ на различных участках профиля Мурманская обл. – Закарпатье. – В кн.: Условия среды и радиальный прирост деревьев. Каунас: Ин-т ботаники АН ЛитССР, 1978, с. 70–72.

Суслов Л.Е. Двойные вековые циклы солнечной активности и их геофизические проявления. – Тр. Каз. НИ гидрометеорол. ин-та, 1963, вып. 19, с. 134–146.

Троицкий Л.С. Особенности рельефа и морфологии оледенения. – В кн.: Оледенение Урала (Гляциология. IX раздел программы МГГ, № 16). М.: Наука, 1966, с. 10–45.

Трофимук А.А., Карагодин Ю.Н. Теоретические и прикладные вопросы цикличности осадконакопления. – В кн.: Основные теоретические вопросы цикличности седиментогенеза. М.: Наука, 1977, с. 9–33.

Турманина В.И. Особенности прироста деревьев Приэльбрусья. – В кн.: Дендроклиматохронология и радиоуглерод. Каунас: Ин-т ботаники АН ЛитССР, 1972, с. 37–41.

Тушинский Г.К. Космос и ритмы природы Земли. М.: Просвещение, 1966. 117 с.

Тушинский Г.К., Турманина В.И. Ритмы гляциальных процессов Европы в последнем тысячелетии. – В кн.: Ритмика природных явлений. Л.: Геогр. о-во СССР, 1976, с. 114–115.

Тушинский Г.К., Турманина В.И. Ритмы гляциальных процессов последнего тысячелетия. – В кн.: Ритмы гляциальных процессов. М.: Изд-во МГУ, 1979, с. 154–160.

Философия и прогностика: мировоззренческие и методологические проблемы общественного прогнозирования/А. Бауэр, В. Эйхгорн, Г. Кребер и др. М.: Прогресс, 1971. 404 с.

Шведов Ф. Дерево как летопись засух. – Метеорол. вестн., 1892, № 5, с. 163–178.

Шиятов С.Г. Верхняя граница леса на Полярном Урале и ее динамика в связи с изменениями климата. – В кн.: Докл. первой науч. конф. молодых

специалистов-биологов. Свердловск: Урал. фил. АН СССР, 1962, с. 37–48.

Шиятов С.Г. Возрастная структура и формирование древостоев лиственничных редколесий на верхней границе леса в бассейне реки Соби (Полярный Урал).– Тр. Ин-та биологии УФАН СССР, 1965, вып. 42, с. 81–96.

Шиятов С.Г. О некоторых особенностях роста древесных растений на верхнем и полярном пределах лесов. – В кн.: Вопросы древесного прироста в лесоустройстве. Каунас: Лит. с.-х. акад., 1967, с. 107–111.

Шиятов С.Г. О типах верхней границы леса и ее динамике на Полярном Урале. – В кн.: Биологические основы использования природы Севера. Сыктывкар: Коми кн. изд-во, 1970а, с. 73–81.

Шиятов С.Г. К методике расчета индексов прироста деревьев. – Экология, 1970б, № 3, с. 85–87.

Шиятов С.Г. Дендрохронологическое изучение ели сибирской в низовье реки Таза. – В кн.: Дендроклиматохронология и радиоуглерод. Каунас: Ин-т ботаники АН ЛитССР, 1972, с. 76–81.

Шиятов С.Г. Дендрохронология, ее принципы и методы. – Зап. Свердлов. отд-ния ВБО, 1973, вып. 6, с. 53–81.

Шиятов С.Г. Некоторые данные о современных тенденциях в характере взаимоотношений леса и тундры в горах Приполярного Урала. – В кн.: Биологические проблемы Севера. VI симпоз. Тез. докл. Якутск: Якут. фил. СО АН СССР, 1974, вып. 5, с. 90–94.

Шиятов С.Г. Сверхвековой цикл в колебаниях индексов прироста лиственницы (Larix sibirica) на полярной границе леса. – В кн.: Биоэкологические основы дендрохронологии. Вильнюс: Ин-т ботаники АН ЛитССР, 1975, с. 47–53.

Шиятов С.Г. Реконструкция колебаний климата и динамики полярной границы леса на севере Западной Сибири за последние 900 лет на основе анализа радиального прироста деревьев. – В кн.: Особенности естественно-географической среды и исторические процессы в Западной Сибири. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1979, с. 21–23.

Шиятов С.Г. Пути устранения неоднородности дендрохронологических рядов. – В кн.: Продуктивность и рациональное использование растительности Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1980, с. 90–100.

Шиятов С.Г. Климатогенные смены лесной растительности на верхнем и полярном пределах ее произрастания: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Свердловск: Ин-т экологии растений и животных УНЦ АН СССР, 1981. 59 с.

Шнитников А.В. Изменчивость общей увлажненности материков северного полушария. М.; Л., Изд-во АН СССР, 1957. 334 с. – Зап. геогр. о-ва СССР. Н.С.; Вып. 16.

Шнитников А.В. Природные явления и их ритмическая изменчивость. – В кн.: Доклады на ежегодных Чтениях памяти Л.С. Берга, VIII–XIV, 1960–1966. Л.: Наука, 1968, с. 3–16.

Шнитников А.В. Внутривековая изменчивость компонентов общей увлажненности. Л.: Наука, 1969. 244 с.

Шнитников А.В. Из голоценовой истории озер Евразии. – В кн.: Ритмы и цикличность в природе. М.: Мысль, 1970, с. 51–67.

Шостакович В.Б. О периодических колебаниях осадков в Сибири. – Тр. Иркут. магнитн. и метеорол. обсерватории, 1928а, № 2/3, с. 1–9.

Шостакович В.Б. Периодические колебания геофизических явлений и солнечные пятна. – Тр. Иркут. магнитн. и метеорол. обсерватории, 1928б, № 2/3, с. 15–25.

Шостакович В.Б. Анализ периодичности геофизических явлений. – Тр. Иркут. магнитн. и метеорол. обсерватории, 1928в, №2/3, с. 57–71.

Шостакович В.Б. Иловые отложения озер и периодические колебания в явлениях природы. – Зап. Гос. гидрол. ин-та, 1934, т. 13, с. 95–140.

Эйгенсон М.С. Вековые изменения солнечной активности и его геофизические последствия. – Докл. АН СССР, 1946, т. 53, № 5, с. 413–415.

Эйгенсон М.С. Очерки физико-географических проявлений солнечной активности. Львов: Изд-во Львов. ун-та, 1957. 229 с.

Эйгенсон М.С. Солнце, погода и климат. Л.: Гидрометеоиздат, 1963. 273 с.

Яворский Н.Х. Астро-динамико-статистическое прогнозирование климатических условий, в которых возможно формирование засух и переувлажнений.– В кн.: Вопросы агрономики. Фрунзе: Кирг. с.-х. ин-т, 1975а, с. 118–125.

Яворский Н.Х. Изменения урожайности и некоторых явлений в трехлетнем цикле изменений суммы прили-

вообразующих сил Луны и Солнца. – В кн.: Вопросы агрономии. Фрунзе: Кирг. с.-х. ин-т, 1975б, с. 126–131.

Яворский Н.Х. Отражение 186-летнего цикла атмосферных приливов на изменениях годичных приростов деревьев северной границы леса. – В кн.: Вопросы агрономии. Фрунзе: Кирг. с.-х. ин-т, 1977, с. 173–183.

Яворский Н.Х. Отзывчивость стоков рек территории СССР на изменения атмосферных приливов над особо важными долготами Северного полушария.– В кн.: Вопросы механизации сельскохозяйственного производства. Фрунзе: Кирг. с.-х. ин-т, 1978, с. 87–92.

Яворский Н.Х., Яворский Е.Н., Яворский В.Н. Теоретически возможные циклы в выпадениях осадков за счет влияния на них атмосферных приливов. – В кн.: Вопросы агрономии. Фрунзе: Кирг. с.-х. ин-т, 1979, с. 131–137.

Яглом А.М. Статистические методы экстраполяции метеорологических полей. – В кн.: Тр. Всесоюз. метеорол. совещ. Л.: Гидрометеоиздат, 1963, т. 2.

Яковлева Н.И. Некоторые вопросы проявления квазидвухлетнего цикла в показателях солнечной активности и в метеорологических данных. – Труды/Гл. геофиз. обсерватория им. А.И. Воейкова, 1975, вып. 355, с. 94–103.

Яценко-Хмелевский А.А. Основы и методы анатомического исследования древесины. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1954. 335 с.

Aandstad S. Untersuchungen über das Dickenwachstum der Kiefer in Solör, Norwegen. – Nytt mag. naturvidensk., 1934, Bd. 74, S. 121–154.

Aandstad S. Die Jahresringbreiten der Kiefer und die Zeitbestimmung alterer Gebäude in Solör im östlichen Norwegen. – Nytt mag. naturvidensk., 1938, bd. 78, S. 201–268.

Abbot C.G. Cycles in tree-ring widths. – Smithsonian Misc. Coll., 1936, vol. 95, N 19, p. 1–5.

Antevs E. The big tree as a climatic measure. – Carnegie Inst. Wash. Publ., 1925, N 352, p. 115–153.

Bray J.R. Vegetational distribution, tree growth and crop success in relation to recent climatic change. – In: Advances in ecological research. L.; N.Y., 1971, vol. 7, p. 177–233.

Brückner E. Limaschwankungen seit 1700 nebst Bemerkungen über die Klimaschwankungen der Diluvialzeit. – Geogr. Abh. A. Penk, Wien, 1890, Bd. 4, H. 2, S. 155–485.

Brückner E. Zur Frage der 35-jahrigen Klimaschwankungen. – Petermanns geogr. Mitt., 1902, Bd. 48.

Bruckner E. Die Eiszeiten in den Alpen. – Geogr. Ztschr., 1904, Jg. 10, H. 10, S. 569–578.

Bryson R.A., Dutton J.A. Some aspects of the variance spectra of tree rings and varves. – Ann. N.Y. Acad. Sci., 1961, vol. 95, N 1, p. 580–604.

Clough H.W. The long-period variations in the length of the 11-year solar period and concurrent variations in terrestrial phenomena. – Bull. Amer. Meteorol. Soc., 1943, vol. 25, N 154.

Douglass A.E., Weather cycles in the growth of big trees. – Month. Weather Rev., 1909, N 6, p. 225–237.

Douglass A.E. A method of estimating rainfall by the growth of trees. – Amer. Geogr. Soc., 1914, vol. 46, N 5, p. 321–335.

Douglass A.E. Climatic cycles and tree-growth: A study of the annual rings of trees in relation to climate and solar activity. Wash.: Carnegie Inst., 1919. Vol. 1. 127 p.

Douglass A.E. Some aspects of the use of the annual rings of trees in climatic study. – In: Smithsonian Inst. annu. rep. for 1922. Wash., 1924, p. 223–239.

Douglass A.E. Climatic cycles and tree-growth: A study of the annual rings of trees in relation to climate and solar activity. Wash.: Carnegie Inst., 1928. Vol. 2. 166 p.

Douglass A.E. Tree growth and climatic cycles. – Sci. Month., 1933, vol. 37, N 12, p. 481–495.

Douglass A.E. Climatic cycles and tree growth: A study of cycles. Wash.: Carnegie Inst., 1936. Vol. 3. 171 p.

Eckstein D., Bauch J. Beitrag zur Rationalisierung eines dendrochronologischen Verfahrens und zur Analyse seiner Aussagesicherheit. – Forstwiss. Cbl.,1969, Jg. 88, H. 4, S. 230–250.

Erlandsson S. Dendro-chronological studies. Uppsala: Almqvist and Wiksells, 1936. 119 p.

Ferguson C.W. A 7104-year annual tree-ring chronology for bristlecone pine, Pinus aristata, from the White Mountains, California. – Tree-Ring Bull., 1969, vol. 29, N 3/4, p. 3–29.

Fritts H.C. Tree rings and climate. L. etc.: Acad. press, 1976. 567 p.

Huber B. Über die Sicherheit Jahrringchronologischer Datierung. – Holz Roh- und Werkst., 1943, Jg. 6, H. 10/12, S. 263–268.

Koch L. The last Greenland ice. – Medd. Grønland, 1945, bd. 130, N 3, s. 1–374.

Köppen W. Lufttemperaturen, Sonnenflecken und Vulkanausbrüche. – Meteorol. Ztschr., 1914, Bd. 31, H. 7, S. 305–328.

Köppen W. Eine 89 jährige Periode in der Witterung? – Meteorol. Ztschr., 1918, Bd. 35, H. 3/4, S. 98–99.

Köppen W. Das Gezetz in der Wiederkehr strenger Winter in Westeuropa. – Meteorol. Ztschr., 1930, Bd. 47, H. 6, S. 205–215.

Lamb H.H. The early medieval warm epoch and its sequel. – Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol., 1965, vol. 1, p. 13–37.

Lamb H.H. The changing climate. L.: Methuen, 1966. 236 p.

Lamb H.H. Activite volcanique et climat. – Rev. géogr. phys. et geol. dyn., 1969, vol. 11, p. 363–380.

Matalas N.C. Statistical properties of tree-ring data. – Bull. Intern. Assoc. Sci. Hydrol., 1962, vol. 7, N 2, p. 39–47.

Ording A. Årringanalyser på gran og furu. – Medd. Norske skogsforsøksv., 1941, bd. 7, h. 2, N 25, s. 102–354.

Pettersson O. Studien in der Geophysik und der kosmischen Physik. – Ann. Hydrogr. und Mar. Meteorol., 1941, H. 3/5.

Plass G.N. The carbon dioxide theory of climatic change. – Tellus, 1956, vol. 8, N 2, p. 140–154.

Radoski H.R., Fougere P.F., Zawalick E.J. A comparison of power spectral estimates and applications of the maximum entropy method. – J. Geophys. Res., 1975, vol. 80, N 4, p. 619–625.

Ruden T. En vurdering av anvendte arbeids-metoder innen trekronologi og arringanalyse. – Medd. Norske skogforsøksv., 1945, bd. 9, h. 2, N 32, s. 181–267.

Schulman E. Tree-rings and cycle analysis. – Tree-Ring Bull., 1936, vol. 2, N 3, p. 19–22.

Schulman E. Douglass on climatic cycles and tree growth. – Bull. Amer. Meteorol. Soc., 1938, vol. 19, N 5, p. 204–211.

Schulman E. Dendroclimatic changes in semiarid America. Tucson: Univ. Arizona press, 1956. 142 p.

Siren G. Tree rings and climate forecasts. – New. Sci., 1963, vol. 19, N 346, p. 18–20.

Willett H.C. Long period fluctuations of the general circulation of the atmosphere. – J. Meteorol., 1949, vol. 6, N 1, p. 34–50.

ПРИЛОЖЕНИЕ

ДЕНДРОХРОНОЛОГИЧЕСКИЕ РЯДЫ ВЫСОКОГОРНЫХ РАЙОНОВ УРАЛА

Ряд 1, лиственница сибирская (Полярный Урал, проточно и обильно увлажненные местообитания, 21 модель, 1541–1968 гг., 428 лет)

Десятилетие	Год									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
154	–	116[1]	89	72	99	121	119	129	99	109
155	72	82	92	92	101	72	116	111	92	104
156	32	99	119	124	183	183	208	198	121	92
157	116	129	146	124	84	163	64	163	126	87
158	146	96	114	208	205[2]	166	124	144	126	111
159	121	134	149	57	156	205	84	104	106	126
160	111	59	42	79	59	72	84	87	129	50
161	47	87	129	59	92	84	67	17	89	144
162	89	69	50	32	67	84	47	92	64	72
163	35	25	42	116	30	72	116	146	96[3]	52
164	54	57	45	57	45	89	111	109	166	101
165	111	82	62	153[4]	141	79[5]	139	101	158	149
166	106[6]	111	84	45	74	131	114	17	96	114
167	141	186[7]	144	50[8]	74	69	74[9]	45	104	42
168	62	92	64[10]	52	40	84	69	101	141	109
169	124	87	92	99	74	121	104	47	22	30
170	77	87	106	124	151	141	69	178	151	121
171	166	116	116	134	40	144	136	69	84	144
172	119	129	89	69[11]	136	141	144	134	139	129
173	42	109[12]	59	121	59	101	79	168	116[13]	131
174	161	121	74	129	168	124	121	106	101	84
175	121	151	42	77	205	59	149	119	144	100
176	99	166	195	94	116	126	59	166	109	111
177	20	111	59	67	114	126	52	109	158	126
178	109	111	134	45	52	106	50	109	92	104
179	119	134	146	163[14]	149	114	173	114	101	67
180	114	134	121	124	104	156	124	186	151	121
181	77	101	45	99	64	42	15	35	7	42
182	30	69	99	109	126	57	79	109	30	111
183	79	37	92	40	22	64	37	52	40	101
184	116	47	151[15]	79	166	144	106	158[16]	101[17]	126
185	139	151	101[18]	126	101	40[19]	101	57	67	101
186	64	96	64	50	59	67	72	27	92	79
187	166	114	119[20]	64	59	77	84	104	94	94[21]

Ряд 1 (окончание)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
188	89	69	30	10	20	15	52	67	42	20
189	92	17	54	67	46	79	72	92	131	35
190	104	67	99	30	104	72	64	62	79	116
191	69	139	59	124	45	163	114	106	96	47
192	111	163	181	191	166	104	124	126	149	72
193	40	92	72	121	67	89	77	109	163	144
194	92	50	119	121	109	139	99	54	121	79
195	114	134	129	186	149	144	186	134	129	144
196	109	139[20]	134[19]	181[17]	178	198[15]	101	121	79	–

Примечание: в этой и других таблицах число в степени показывает количество использованных для построения отдельных отрезков ряда модельных деревьев.

Ряд 2, лиственница сибирская (Полярный Урал, заболоченные местообитания, 8 моделей, 1594–1969 гг., 376 лет)

Десятилетие	Год									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
159	–	–	–	–	88[1]	166	93	119	80	156
160	139	85	78	90	95	149	110	173	178	98
161	100	190	188	98	110	107	132	112	202	73
162	56	37	41	39	34	49	46	66	66	63
163	54	37	46	68	32	39	117	149	107	68
164	37	39	39	54	32	66	80	56	93	66
165	93	61	49	80	83	46	90	76	110	107
166	102	98	100	83	66	83	107	68	124	171
167	161	217	154	80	110	100	80	66	127	73
168	80	122	95	83	80	100	66	100	127	112
169	132	98	90	137[2]	100	159	132	68	17	27
170	49	49	68	127	98	63	51	122	119	61
171	107	46	63	80	17	73	144	49	66	144
172	112	171[3]	117	78	124	137	139	132	151	127
173	76	88	80	124	78	83	71	119	124	127
174	119	95	54	83	159	129	119	137	115	100
175	124	124	41	76	146	54	159	127	180	124
176	105	149	190	115	141	149	90	176	134	154
177	39	161	76	51	102	124	37	88	119	122
178	95	100	110	34	59	100	41	95[4]	105	110
179	139	188	146	185	146	149	202	151[5]	129	90
180	129	151	137	159	117	161	112	166	129	129
181	80	105	71	100	71	44	5	51	7	44
182	39	66	112	146	163	83	141[6]	215	76	168
183	154	56	119	98	54	112	85	112	85	146
184	168	71	185	66	183	141	132	195[7]	183	183
185	168	190[8]	117	151	144	46	149	88	102	137
186	78	129	80	46	49	76	83	17	110	95
187	166	88	98	59	44	41	44	56	56	56

Ряд 2 (окончание)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
188	63	32[7]	15	5	24	22	46	41	32	17
189	80	10	59	44	29	61	51	76	134	27
190	93	63	124	39	105	73	88	76	112	139
191	71	146	63	107	32	161	78	83	129	85
192	129	173	190	195	176	102	119	134	129	85
193	59	117	37	134	68	63	80	119	151	117
194	85	63	156	107	90	144	83	37	76	37
195	73	56	154	141	144	156	171	107	117	119
196	105	168	88	178[6]	151	193	56	112	68	85

Ряд 3, лиственница сибирская (Полярный Урал, сухие местообитания, 9 моделей, 1648–1964 гг., 317 лет)

Десятилетие	Год:									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
164	–	–	–	–	–	–	–	–	81[1]	58
165	81	94	71	113	107	63	120	144	152	160
166	175	202	113	110	97	71	76	39	102	128
167	123	199[2]	178	134	118	97	81	102	92	73
168	58	55	47	52	54	55	55	65	63	50
169	73	76	81	86	63	118	81	50	47	52
170	50	60	68	102	131	139	141	110	126	151[3]
171	152	97	126	141	84	115	92	71	73	89
172	76	97	79	65	110	107	113	122	123	136
173	81	123	92	123	85	86	73	149	139	168
174	155	115	73	118	135	136	128	139	123	81
175	89	118	42	58	102	58	115[4]	118	131	115
176	123	175	186	81	126	134	86	170	110	131
177	52	110	73	84	110	113	52	86	128	123
178	115	123	136	58	84	113	79	94	116	115
179	160	181	194	170	160	157	194	152	147	92
180	113	102	128	149	123	165	131	199	181	160
181	86	110	63	113	73	45	8	37	8	31
182	16	31	58	94	110	71	86	113	39	79
183	81	34[5]	60	37	26[6]	55	37	55[8]	52	89
184	126	79	157	86	128	123	165	178	147	170
185	144	170	120	147	139	39	123	81[9]	76	144
186	97	141	76	65	60	71	65	29	76	97
187	217	133	134	65	63	76	94	131	120	68
188	58	37	11	13	14	14	34	57	58	47
189	79	21	42	45	29	47	52	76	97	26
190	63	50	71	45	71	58	42	50	71	105
191	73	126	60	97	45	149	76	84	79	47
192	76	147	196	215	191	115	123	126	134	63
193	37	60	68	134	81	102	92	147	204	173
194	204	68	153	152	115	118	84	39	89	73
195	128	144	152	191	186	199	196	128	107	113
196	86	97[4]	76	94[3]	113	–	–	–	–	–

Ряд 4. лиственница сибирская (Полярный Урал, свежие местообитания, 9 моделей, 1648–1964 гг., 317 лет)

Десятилетие	Год									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
164	–	–	–	–	–	–	–	–	161[1]	71
165	103	85	58	106	217	45[2]	146	127	233	169
166	201[3]	132	103	77	114	79	111	34	122	161
167	196[4]	183	209	180	185	167	130	71	106	66
168	79	85	75	74	111	122	108	79	122	77
169	140	146	135	87	71	116	103	61	21	42
170	74	124	148	151	198[5]	201	127	156	135	82
171	93	79	116	127	69	119	116	95	124	119
172	127	143	79	53	127	138	135	124	93	103
173	48	66	40	74	45	74	64	130	108	127
174	103	98	82	71	140	138	103	79	79	40
175	69	116	40	50	108	53	122	100	167	108
176	85	138	140	74	90	119	69	169	98	100
177	40	93	40	29	108	146	69	135	169	151
178	116	82	100	40	50	82	40	66	56	79
179	114	108	119	146	98	90	135	127	106	74
180	122	122	143	114	103	143	143	212	161	108
181	90	85	45	79	64	34	8	27	3	32
182	24	40	56	77	106[6]	50	103[7]	135	58[8]	108
183	79	61	79	34	24[9]	50[10]	37	50	45	69
184	77	61	138	100	111	103	143	164	140	159
185	167	196	151	167	130	66	140	95	77	103
186	79	135	90	69	74	82	87	42	93	108
187	217	156	159	98	98	69	90	114	124	95
188	71	64	27	19	19	16	29	40	48	42
189	90	34	53	58	34	48	50	71	71	19
190	48	58	61	42	61	50	29	40	50	79
191	77	124	74	98	61	164	90	103	111	69
192	108	164	196	230	220	124	111	124	153	66
193	13	29	56	82	64	85	87	132	193	183
194	130	82	138	146	132	135	93	45	93	90
195	130	159	164	185	192	191	240	143	127	124
196	100[9]	87[2]	40[1]	79	66	–	–	–	–	–

Ряд 1–4, лиственница сибирская (Полярный Урал, все типы местообитаний, 48 моделей, 1541–1969 гг., 429 лет)

Десятилетие	Год									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
154	–	115[1]	90	72	97	122	117	127	97	115
155	72	82	90	90	102	72	115	112	90	102
156	32	100	120	125	182	182	207	197	122	92
157	115	127	145	125	85	162	65	165	127	87
158	145	97	142	207	205[2]	165	125	145	127	112
159	122	135	150	57	135[3]	197	87	112	97	140
160	122	70	52	82	72	100	92	120	152	67
161	65	122	155	72	100	92	90	47	132	120
162	77	55	42	30	52	70	42	82	65	67
163	40	25	42	100	27	60	120	152	100[4]	52
164	42	47	37	52	35	82	105	95	142[6]	77
165	100	75	50	130[7]	142	62	132	110	172	152
166	137[11]	127	92	62	85	105	107	25	105	132
167	157[12]	192[14]	170	95[15]	110	97	87[16]	57	102	52
168	65	85	62[17]	55	57	87	72	90	122	92
169	120	96	95	97[18]	72	122	102	50	22	32
170	67	85	105	127	155[19]	147	90	157	140	107[20]
171	137	95	110	125	50	122	115	72	90	127
172	112	132[21]	87	65[22]	127	134	135	128	127	122
173	52	97[23]	62	112	62	90	72	150	117[24]	132
174	142	112	72	110	157	127	117	107	100	75
175	105	135	42	70	165	57	137[25]	115	150	105
176	100	157	180	90	115	127	67	167	110	115
177	30	110	60	60	110	125	52	107	150	127
178	107	105	125	45	55	100	50	95[26]	90	102
179	127	142	147	162[27]	140	120	172	127[28]	112	75
180	117	130	127	132	107	155	125	187	152	125
181	80	100	52	97	65	40	10	37	8	40
182	27	57	87	107	125[29]	62	95[31]	135	45[32]	117
183	92	45[33]	87	47	30[35]	67[36]	45	60[38]	50	97
184	112	60	150[39]	82	145	127	130	167[41]	130[42]	151
185	150	170[43]	117[44]	142	120	45[45]	120	75[46]	77	115
186	75	117	75	55	60	70	75	27	92	90
187	185	115	125[47]	70	65	67	80	100	97	82[48]
188	75	55[47]	22	10	20	15	42	55	52	27
189	85	20	50	57	37	62	60	82	110	30
190	82	60	90	35	87	65	55	57	75	110
191	70	132	62	110	45	160	95	97	100	55
192	105	160	185	200	180	107	117	125	142	70
193	37	75	62	115	67	85	80	122	172	150
194	105	60	132	127	110	135	90	47	102	72
195	112	127	142	177	160	165	195	130	120	127
196	102[46]	137[33]	112[31]	167[27]	162	200[21]	90	120	77	87[6]

Ряд 1–4а, лиственница сибирская (Полярный Урал, все типы местообитаний, 71 модель, 1960–1969 гг., 1010 лет)

Десятилетие	Год									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
96	87[1]	131	155	204	70	165	41	134	143	160
97	104	41	48	41	56	7	24	32	63	92
98	92	14	53	39	32	31	95	66	65	170
99	162	15	92	94	44	106	124	22	56	27
100	27	80	27	80	2	107	87	73	39	19
101	19	27	39	32	58	82	160	146[2]	46[3]	78
102	119	109	102	78	121	49	97	104	87	141
103	114	153	121	187	138	148	129	63	78	107
104	126	121	146[4]	104	75	34	87	63	126	114
105	163	44	116	155	136	209	100	136	75	85
106	100	87	68	82	73	10	78	107	61	46
107	34	56	68	121	75	82	51	39	66	58
108	58	126	175	182	119	90	73[5]	155	53	158[6]
109	167	163	124[7]	97	119	136	75	92	44	46
110	51	78	73	102	109	109	75	121	63[8]	24
111	58	90	63	107	95	82	109	163	78	104
112	92	87	27	90	82	58	95	68	51	100
113	87	99	85	119	141	117	104	143	82	124
114	66	121[9]	126[10]	158	215	95	143	136	116	121
115	85	73	119	112	109	134	141	112	131	143
116	90	109	63	131	112	90	51	75	131	112
117	17[11]	78	53[12]	61	56	107	100	58	68	80
118	17	114	65	100	126	121	107	124	192	184
119	141[13]	131	165	136	158	121	141	112	102	150
120	97	90	134	104	133	66	68	92	148	148
121	87	107	97	29	73	90	95	80	58	109
122	102[12]	97	95	148	153	175	141	148[11]	163	224[12]
123	124	99	75	92	49[13]	56	51	104	107	121[12]
124	153	170	133	119	107	92	124	109	126	136
125	172	131	104	107	121	136	100	133	131	34
126	95	153	119	66	119	121	129	129	170	143[11]
127	41[10]	90	126	131	138	116	141	112	14	119[11]
128	100	129	155	192	189	138	68	177	187	107
129	70	92	165	44	68	61	121	46	73	56
130	22	68	49	109	44[12]	104	58	95	90	131
131	180	170	58	165	129	129	148	146	158	222
132	163	160	90	87	117	175[11]	121	177	17	87
133	29	85	63	95	73	131	119	102	97	136
134	148	146	12[10]	95	70	78	102[9]	29	126	121
135	121	116	83[8]	126	29	141	136	146	138	97
136	119	99	175	87	148	146	73	201	153	165[7]
137	87[6]	68	73	136	155	165	143	87	158	29
138	41	92	146	44	163	172	102	70	119	87[7]
139	109	158	63	109	107	153	107	104	112	90
140	97[6]	75	78	102	114	75	70	133	80	80
141	112	95	66	75	41	92	80	87	102	124

Ряд 1–4а (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
142	36	87	65	56	61	97	138	160	163	82
143	119	129	126	112	155	75	148	175[5]	155	135
144	121	131	165	165	165	194	83	131	63	85
145	73	46	56	34	119	58	44	119	61	19
146	73	75	78	63	63	160	7	75	74	63
147	92	78	95	167[6]	167	117	141	43	107[5]	121[6]
148	170	29	99	51	95	51	75	126	129[5]	146
149	126	165	124	87	75	117	141	121[4]	133	56
150	80	138	80	92	95	141	112	129	44	73
151	97	78	107	141	124	92	61[3]	121	148	138
152	138	182	182	121	73	82	53	70	97	75
153	109	58	68	114	148	61	148	121	102	134
154	173	131[4]	87	53	73	75	82	138	104	100
155	63	87	90	95	87	58	97	104	85	136
156	24	109	124	155	165	180	199	209	155	87
157	73	92	153[5]	126	78	143	53	126	85	49
158	99	75[6]	102	134	131[7]	97	85	109	114	75
159	129	124	136	80	143[8]	165	90	109	121	170[7]
160	146	51	46	116	92	102	114	150	134	61
161	68	129	131	61	95	90	116	32	99	126
162	73	46	36	19	46	53	49	102	58	70[6]
163	39	19	27	80	19	53	133	124	90[7]	44
164	32	36	24	34	22	68	90	92	141[9]	92
165	95	78	56	126[10]	141	46[12]	124	104	158	146
166	131[14]	121	95	68	87	104	102	24	102	129
167	148[15]	187[17]	163	97[18]	116	102	87[19]	58	109	53
168	70	92	68[20]	58[19]	61	95	75	92	126	100
169	129	104	104	97[20]	70	119	99	51	22	32
170	61	82	102	119	150[21]	143	90	158	141	107[22]
171	134	95	109	119	49	119	109	68	82	121
172	107	131[23]	85	65[24]	129	131	133	129	124	124
173	56[23]	100[24]	61	109	61	87	70	146	116[26]	129
174	138[24]	109	70	107	153	124	114	104	97	73
175	102	131	41	68	160	56	133[25]	112	146	102
176	97	153	175	87	112	124	65	163	107	112
177	29	107	58	58	107	121	51	104	146	124
178	104	102	121	44	53	97	48	92[26]	87	100
179	124	138	143	158[27]	136	117	167	124[28]	109	73
180	114	126	124	129	104	150	121	182	148	121
181	78	97	51	95	63	39	10	36	7	39
182	27	56	85	104	121[29]	61	92[31]	131	44[32]	114
183	90	44[33]	85	46	29[35]	65[36]	44	58[38]	49	95
184	109	58	146[39]	80	141	124	126	163[41]	126[42]	146
185	146	165[43]	114[44]	138	117	44[45]	117	73[46]	75	112
186	73	114	73	53	58	68	73	27	90	87
187	180	112	121[47]	68	63	65	78	97	95	80[48]
188	73	53[47]	22	10	19	15	41	53	41	27
189	82	19	48	56	36	61	58	80	107	29
190	80	58	87	34	85	63	53	56	73	107

Ряд 1–4а (окончание)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
191	68	129	61	107	44	155	92	95	97	53
192	102	155	180	194	175	104	114	121	138	68
193	36	73	61	112	65	82	78	119	167	146
194	102	58	129	124	107	131	87	46	100	70
195	109	124	138	172	155	160	189	126	117	124
196	100[46]	133[33]	109[31]	163[27]	158	194[21]	87	117	75	85[6]

Ряд 5, ель сибирская (Полярный Урал, проточно и обильно увлажненные местообитания, 11 моделей, 1637–1969 гг., 333 года)

Десятилетие	Год									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
163	–	–	–	–	–	–	–	72[1]	84	89
164	75	55	48	67	34	51	43	91	106	99
165	193	115	87	94	89	106	99	130	130	67
166	67	77	100	135	120	77	72	63	82	60
167	108	125[2]	154	123	123	173	113	115	120	65
168	72	79	31	27	53	46	36	65	84[3]	96
169	103	118	149	100	60	96	72	39	55	46
170	51	41	55	58	111	79	96	125	67	75
171	65	51	82	65	51	99	87	55	99	108
172	65	89	99	125	147	113	130	166	198	123
173	106	149	89[4]	84	43	111	75	89	72	82
174	96	94	111	128	171	118	125	108	84	55
175	103[5]	113	84	113	130	94	168	149	149	84
176	70	123	115	100	106	115	91	149	140	140
177	130	186	115	118	142	144	91	130[6]	137	130
178	135	118	125	55	156	87	108	111	103	113
179	120	123	79	100	84	79	115	79	106	87
180	113	91	60	115	79	99	100	183	137	130
181	120	115	91	108	77	84[7]	67[8]	75	70	82
182	72	58	41	82	79	72	72	79	34	140
183	96	82	149	111	115	181	135	113	89	120
184	159	70	84	60	103	89	94	108	89	115
185	103[9]	156	144	142	123	60	137	106	106	113
186	67	113	63	70	53	72	67	36	53	67
187	103	103	115	140	118	113	106	99	103	100
188	142	89	75	60	58	51	55	46	22	36
189	84	46	89	43	55	77	100	135	156	79
190	149[10]	100	91	24	70	84	96	123	115	159
191	106	159	91	166	89[11]	152	79	103	137	94
192	89	82	106	100	118	111	144	147	120	94
193	132	144	70	108	106	161	144	132	171	152
194	166	106	220	144	120	144	91	72	113	84
195	123	79	120	115	89	70	108	75	103	181
196	60	94	63[10]	82[9]	111	120[6]	99	130	65	99[5]

Ряд 6, лиственница сибирская (Приполярный Урал, свежие местообитания, 14 моделей, 1673–1970 гг., 298 лет)

Десятилетие	Год									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
167	–	–	–	127[1]	168[2]	212	215	124[3]	144	105[5]
168	71	146	141	100	115	107	117	78	127	95
169	102	119	137	88	32	161	117	22	54	67
170	68	76	95	110	176[6]	202	129	171	207	71
171	146	119	90	29	39	168	198	112	98	80
172	95	127	34	61	163	149	123	122	132	73
173	24	83	39	63[7]	34	56	137	220	141[8]	129
174	117	139	83	44	71	54	78	63	44	78
175	76	144[9]	34	61	180	80[10]	88	90	166	98
176	100	83	85	61	144	127	51	98	115	93
177	29	134	29	15	141	127	82	83	173	122
178	78	151	122	37	34	115	80	144	137	139
179	129[11]	139	156	166	115	144	161	105	88	90
180	110	137	161	173[12]	107	139	107	193	144	93
181	49	61	68	93	46	37	12	20	22	95
182	88	119	146	127	151	83[13]	129	176	83	173
183	212	73	134	102	34	80	32	88	39	80
184	90	66	107	90	129	134	78	134	127	122
185	119	163	100	134	85	56	197	44	68	129
186	63	74	73	17	73	63	76	73	80	122
187	149	93	100	105	85	46	95[14]	122	119	95
188	90	95	29	22	63	66	102	112	73	61
189	139	51[13]	27	73	22	93	34	56	105	46
190	56	49	80	27	51	39	61	88	102	107
191	88	132	80	115	56	124	98	90	134	78
192	66	139	171	176	37	119	90	124	71	56
193	5	22	29	59	44	56	90	110	98	149
194	132	83	151	141	110	122	100	73	124	95
195	119	54	171	139	163	132	202	105	124	117
196	107	163	56	139	188	146	68	88	122	115
197	76	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Ряд 7, лиственница сибирская (Приполярный Урал, сухие местообитания, 18 моделей, 1683–1970 гг., 288 лет)

Десятилетие	Год									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
168	–	–	–	73[1]	63	54	63	68	114[2]	109
169	90	130	183	182[3]	87	130	130	60	98	133
170	114	139	152	158	193	198	158	193	220	130
171	169	111	100	33	49	103	128	90[4]	63	90
172	68	114	54	73	98	103	95	84	71	106
173	65	122	92	144	95	90	111	188	147	136

Ряд 7 (окончание)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
174	133	111	117	52	79	82	95	98	84	82
175	63	111	46	60	158	79	92	103[5]	155	103
176	127	128	122	82	152	155[6]	76	139	120	117
177	57	120	44	68	152	141	92	76	149	150
178	68	121	122[7]	33	54	98	79	171	160[8]	155
179	166	185	179	185	136	130	158[9]	154[11]	155[12]	138
180	139	122	160[13]	174	136	179	136[14]	206[15]	160	100
181	65	73	87	90	54	41[16]	11	25	27	65
182	71	84	111	137	136	82	133	152	98	166
183	226	68	128	106	27	54[17]	38	73	33	46
184	44	38	63	84	128	120	109	133	117	111
185	133	206	130	152	109	63	106	38	54	79
186	54	46	60	35	49	56	57	71	82	106
187	141	80	79	87	52	33	49	68	84[18]	79
188	49	57	19	11	41	41	57	87	65	68
189	160	52	41	49	30	71	8	35	73	33
190	68	46	60	27	49	38	49	84	87	92
191	90	136	92	98	38	44	100	68	90	68
192	38	106	147	152	14	91	92	122	98	57
193	25	8	5	41	39	38	92	141	147	185
194	144	122	147	120	119	136	117	82	125	92
195	128	38	154	155	188	147	134	136	132	133
196	125	158	49	150	188	158	79	122	136	139
197	103	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Ряд 8, лиственница сибирская (Приполярный Урал, проточно и обильно увлажненные местообитания, 20 моделей, 1691–1969 гг., 279 лет)

Десятилетие	Год									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
169	–	124[1]	171	107	57	110	110[2]	36	24	64
170	80	103	117	143	178	193	164	216	191	71
171	126[3]	133	126	80	167	93	121	90	95	129
172	152	142	52	103	152	154[4]	107	150	154	50
173	45	98	80	93	86	117[5]	129	162	93	105
174	131	150	100	73	124	136	112	93	66	117
175	107	138	45[6]	76	212	95	86	57	193[8]	105
176	152	76	86	73	143	136	50	110	124	126[9]
177	45	147	59	10	140	126	93	124	171[10]	140
178	83	124	88	21	33	77[11]	76	143	105	121
179	126	131	167	112[12]	98	100[13]	131[14]	98	86	105
180	112	98	164	119[15]	88	133[16]	103	193	136	73
181	36	47	76	69	40	36	17	27	26	76
182	71	107	129	150	143	76	112[17]	114	69	136
183	188	76	100	93	26	59	29	62	36	90
184	112	105	160	121	152	157	100	129	105	95
185	103	152	124	119	95	73	114	52	78	143

Ряд 8 (окончание)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
186	78	26	55	10	50[18]	52	50	73	80	86
187	126	71	80	93	98	57	76	124[19]	147	78
188	86	93	21	14	50	52	62	83	63	64
189	121	50	24	52	45[20]	95	17	33	76	43
190	78	76	90	36	83	73	90	117	105	64
191	62	86	80	112	67	66	114	112	138	100
192	40	121	181	200	38	82	83	124	73	47
193	27	26	26	52	66	64	117	154	145	207
194	143	129	171	185	123	122	121	88	145	117
195	143	78	152	143	160	129	193	90	98	100
196	98	119	40	95	157	107	93	105	130	129

Ряд 6–8, лиственница сибирская (Приполярный Урал, все типы местообитаний, 52 модели, 1673–1970 гг., 298 лет)

Десятилетие	Год									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
167	–	–	–	124[1]	162[2]	197	199	124[3]	142	107[5]
168	72	149	144	95[6]	107	100	107	75	122[7]	97
169	100	124[8]	157	119[9]	50	144	119[10]	32	57	85
170	82	100	117	132	184[11]	214	144	189	211	85
171	149[12]	122	102	42	72	134	162	100[13]	87	95
172	102	127	42	75	142	139[14]	117	119	122	75
173	42	97	65	92[15]	62	85[16]	127	197	127[17]	122
174	124	137	95	55	90	85	92	80	60	92
175	82	137[18]	40[19]	65	187	85[20]	90	85[21]	174[23]	102
176	124	90	92	70	144	137[24]	55	112	119	112[25]
177	42	137	42	25	144	129	90	97	167[26]	134
178	80	134	110[27]	30	40	95[28]	80	149	129[29]	138
179	137[30]	147	167	149[31]	112	122[32]	147[34]	117[36]	105[37]	110
180	119	117	162[38]	152[40]	110	149[41]	114[42]	197[43]	144	87
181	50	60	77	82	47	37[44]	15	25	26	78
182	77	102	127	134	142	80[45]	122[46]	142	82	154
183	204	72	119	100	27	62[47]	32	72	35	72
184	82	70	112	100	138	137	92	129	114	107
185	117	172	117	132	97	65	110	45	67	117
186	67	47	62	20	55[48]	57	60	72	80	102
187	137	80	85	92	80	47	72[49]	107[50]	117[51]	82
188	70	82	22	15	50	52	72	92	65	62
189	137	52[50]	30	57	35[51]	87	20	40	82	40
190	70	60	77	30	62	52	67	98	97	85
191	77	112	85	107	55	72	105	92	119	82
192	47	119	167	177	30	95	87	122	80	52
193	20	15	20	50	52	55	102	137	129	184
194	139	114	157	152	117	124	112	82	132	102
195	132	60	157	144	169	134	207	107	115	114
196	107	142	42	124	174	134	82	105	127	128
197	87[31]	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Ряд 9, ель сибирская (Приполярный Урал, проточно и обильно увлажненные местообитания, 12 моделей, 1681–1969 гг. 289 лет)

Десятилетие	Год									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
168	–	103[1]	87	85	103	78	60	94	101	188
169	197	161	188	128	32	158	94	55	48	66
170	76	39	44	34	39	76	89	94	87	115
171	108	115	94	73	103	128	110	108	110	76
172	66	83	53	112	103	108	71	76	115	66
173	46	76	76	66	37	64	71	83	94	131
174	110	85	64	66	115	87	94	73	76	73
175	51	80	41	85	83	60	115	131	103	83
176	73	73	66	110	103	85	94	108	112	94
177	57	94	25	66	103	83	83	101	117	103
178	117	144	119	71	103	110	66	76	83	71
179	66	60	73	94[2]	99	147	170	115	154	119
180	195	179	156	163	108	115	85	177	156	158
181	124	149	128	161	83	71	27	51	53	80
182	55	69	71	55	60[3]	44	48	53	27	80
183	119	66	110	92	78	131	115[4]	158	89	119
184	158	135	98	99	115	121[5]	138[6]	154	94	128
185	111	110	110	142	140	89[7]	170	147	154	112
186	85	128	83[8]	55	94	64	80	51[9]	76	89
187	115	124	149	108	94	135	144[10]	135[11]	154	126[12]
188	143	142	51	44	96	105	87	62	55	69
189	126	112	163	103	57	46	55	76	119	83
190	133	115	121	16	44	57	69	76	89	126
191	99	105	73	96	25	105	73	101	131	124
192	80	69	128	124	110	142	94	149	128	156
193	157	158	87	66	80	83	103	83	115	124
194	138	85	138	126	80	101	115	71	147	117
195	142	105	186	183	140	110	158	133	101	144
196	103	108	39	110	128	124	103	108	99	117

Ряд 10, ель сибирская (Приполярный Урал, свежие местообитания, 4 модели, 1710–1969 гг., 260 лет)

Десятилетие	Год									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
171	205[1]	160	117	36	18	81	79	126	83	108
172	129	151	142	158	144	129	108	142	113	45
173	45	102	34	70	129	167	144	196	144	196
174	63	43	68	54	90	117	192	117	144	99
175	23	63	18	102	117	113	137	142	205	117
176	106	122	144[2]	83	144	176	108	129	97	181
177	59	108	77	74	167	153[3]	124	151	97	86
178	102	95	133	43	117	88	52	79	106	63

Ряд 10 (окончание)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
179	45	47	68	68	65	79	86	56	83	54
180	97	156	36	110	83	137	117	181	185	214
181	158	124	165	167	74	72	38	32	32	43
182	36	32	20	36	45	38	41	65	36	124
183	187	102	178	137	97	144	81	117	56	141
184	142	97	56	70	64	65	115	120	106[4]	135
185	115	144	88	104	104	72	140	144	167	117
186	83	102	83	72	86	74	99	56	41	50
187	88	72	104	92	106	99	103	104	104	113
188	122	124	34	52	99	102	81	70	45	50
189	97	68	137	61	52	86	63	79	88	65
190	126	135	142	23	38	43	50	59	61	86
191	52	72	34	59	25	63	45	72	102	74
192	61	77	99	95	47	106	97	131	144	176
193	160	148	84	83	106	129	137	142	162	171
194	172	124	208	174	120	131	104	83	23	97
195	99	70	169	122	95	83	124	72	113	158
196	122	135	20	117	140	135	92	59	92	124

Ряд 9–10, ель сибирская (Приполярный Урал, все типы местообитаний, 16 моделей, 1681–1969 гг., 289 лет)

Десятилетие	Год									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
168	–	102[1]	86	84	102	75	57	93	100	193
169	202	168	193	129	27	161	93	52	45	66
170	72	34	39	27	34	72	86	93	86	118
171	170[2]	147	109	45	52	109	95	120	97	90
172	95	120	93	143	129	122	84	109	118	45
173	32	86	45	61	75	118	111	147	126	179
174	86	56	57	52	104	102	152	93	111	81
175	23	66	14	90	100	81	134	145	165	100
176	86	97	118[3]	93	131	147	102	125	102	154
177	52	102	50	68	147	134[4]	113	138	104	90
178	106	111	131	48	113	95	54	77	100	61
179	48	48	68	79[5]	77	109	122	79	113	79
180	140	168	86	134	93	129	104	181	175	195
181	145	136	152	168	77	70	29	35	36	54
182	43	44	40	41	52[6]	41	43	57	29	102
183	152	81	145	115	86	138	100[7]	140	75	126
184	152	118	79	86	93	100[8]	129[9]	140	97[10]	131
185	111	122	100	126	125	81[11]	159	145	159	113
186	84	118	81[12]	59	90	68	86	52[13]	63	77
187	105	106	134	102	97	125	131[14]	126[15]	140	120[16]
188	137	136	44	45	95	104	86	63	52	63

Ряд 9–10 (окончание)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
189	118	100	156	93	57	54	57	75	111	77
190	129	118	126	5	41	52	63	70	81	109
191	86	97	63	86	25	93	66	93	122	111
192	75	70	120	115	93	131	93	143	131	161
193	156	154	86	70	86	93	111	97	125	136
194	145	95	154	136	90	109	118	72	168	111
195	129	95	181	168	126	102	147	118	102	147
196	109	113	34	111	129	126	100	94	95	118

Ряд 11, лиственница сибирская (Северный Урал, проточно и обильно увлажненные местообитания, 25 моделей, 1590–1969 гг., 380 лет)

Десятилетие	Год									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
159	144[1]	118	99	139	156	127	109	109	173	175
160	156[2]	50	139	109	97	19	40	83	94	158
161	151	139	154	54	132[3]	80	156	90	135	175
162	66	109	76	73	80	76	47	92	92	64
163	33	94	120	187	158[4]	132	80	78	85	59
164	83	43	87	90	64	54	92	99	116	99
165	118	113	73	180	170	135	116	85	142	102
166	116	73	118	97	85	59	24	28	35	54
167	50	45	43	33	54	85	90	76	19	54
168	85	99	59	59	76	132	146	85	132	161
169	132	142	106	106	31	90	92	83	87	85
170	71	61	83	111	99	116	47	130	104	106
171	123	64	57	76	59	144	127[5]	99	66	83
172	64	92	47	80	90	92	83	125	139	97
173	54	120	76	104	113	17	57	76	64	24
174	35	116	123	104	173	163	94	113	38	144
175	125	116	59	92	132	127	80	154	191	156
176	182[6]	125	99	104	156	132	106	113	116	113
177	123	151	92	45	97	54	76	78	99	80
178	57	73	21[7]	43	43	64	47	87[8]	64	76[9]
179	97	139	109[10]	127	118	161	149	106[12]	102	94[13]
180	137	109[14]	113	142	111[17]	163	146[20]	182	151	102
181	17	54	57	94	94	64[23]	78	47	52	71
182	102	118	111[24]	125	106	116	120[25]	90	130	146
183	177	80	80	161	118	73	52	113	85	118
184	137	149	120	118	154	120	104	132	127	156
185	123	149	28	47	73	69	97	83	50	127
186	80	24	54	28	123	109	94	151	109	102
187	123	97	38	80	69	73	73	85	146	64
188	80	57	9	59	54	31	38	38	76	80
189	123	111	116	57	40	71	59	92	137	83

Ряд 11 (окончание)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
190	118	127	123	104	73	118	163	170	116	132
191	71	132	135	139	99	130	127	76	161	102
192	57	102	123	165	111	132	99	149	125	175
193	154	154	73	87	83	69	123	104	109	149
194	116	104	149	123	85	125	92	64	116	142
195	106	69	154	106	132	116	144	154	139	99
196	123	151	139	90	97	118	125	45	123	40

Ряд 12, лиственница сибирская (Северный Урал, свежие местообитания, 23 модели, 1598–1969 гг., 372 года)

Десятилетие	Год									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
159	–	–	–	–	–	–	–	–	74[1]	155
160	190	93	114	114	104	50	59	104	48	88
161	55	64	57	52	74	55	88	48	64	71
162	57	74	57	71	86	71	57	74	74	43
163	45	55	59	74	55	81	64	59	59	57
164	67	33	57	81	67	64	71	67	81	64
165	90	86	83	119	133	119	121	97	150	136
166	131	90	133	88	95	95	64	45	74	88
167	97	90	59	81	114	119	81	71	45	45
168	59	64	57	69	81	126	124	81	124	183
169	190	150	128	88	50	88	81	81	97	74
170	64	64	64	95	112	119	86	126	152	150
171	171	104	104	112	102	131	162	159	104	97
172	74	88	64	114	102	95	81	109	97	74
173	48	95	67	124[2]	133	55[3]	109	152	121	102
174	76	128	124	88	133	97	104[4]	57	21	74[5]
175	86	90[6]	100	100	147	126	88	104	145	145
176	162	71	78	78	126	76	59	86	147	147
177	147	136	143[7]	78	176[8]	88	95	71	155	121
178	81	90	19	36[9]	33	62	59[10]	86	104[11]	112
179	128[13]	133	128	133[14]	136[15]	178	169	147	97	107
180	126	126	121	147	128[16]	164	133	164	162	102
181	29[16]	55[14]	52[15]	64	36	26	52	55[16]	69	93
182	138	152	126	166	136	140[17]	138	109	155	176
183	176[19]	116	99	159	138	78	64[20]	102	76	112
184	119	147	131	119	176	150	131	145	121	166
185	147	145	64	55	76	64	93	69	24	71
186	64	29	38	24	88	104	81	124	119	109
187	121	119	69	88	62	81	90	83	159	74
188	104	48[21]	14	52	40	40	31	26	69	78
189	107	88	88	40	40	67	57	81	124	62
190	133	124	133	104	83	131	155	162	109	133

Ряд 12 (окончание)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
191	81	131	140	126	71	131	128	59	138	102
192	74	133	124	157	131	140	104	157	133	176
193	174	171	102	104	114	95	119	102	107	145
194	95	104	150	76	88	124	102	62	128	145
195	128	71	178	128	143	152	178	159	150	109
196	145	162	126	88	121	126	86	10	104	40

Ряд 13, лиственница сибирская (Северный Урал, сухие местообитания, 22 модели, 1599–1969 гг., 371 год)

Десятилетие	Год									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
159	–	–	–	–	–	–	–	–	–	94[1]
160	134	66	97	78	59	40	66	134	174	134
161	160	179	115	104	160	115[2]	158	123	167	153
162	64	52	82	101	94	82	75	118	92	57
163	85	106	158	165	179	179	97	115	130	123
164	118	35	120	170	134	108	167	179	134	106
165	123	160	75	130	141	160	125	94	144	87
166	78	87	141	160	158	66	42	26	47	61
167	61	38	42	52	87	125	115	106	92	61
168	78	40	71	82	111	141	177	68	90	106
169	87	113	101	108	35	80	120	106	125	87
170	97	87	52	71	97	132[3]	85	144	156	118
171	123	111	125	97	82	113	104	156	123	59
172	68	99	82	134	174	141[4]	106	170	134	75
173	50	115	85	94	120	26	54	80	87	45
174	50	113	134	127	167	139	106	118	47	97
175	92	99	68	73	134	113	66	104	156	141
176	196	106	115	94	113	139	99	99	151	137
177	97[5]	111	113	104	156	94	92	115	146	118
178	61	87[6]	31	47	57	75	31	66	64	73
179	66[7]	111	97[8]	113	104	130[9]	156[10]	125[12]	108	90[13]
180	115	85	94[14]	111	94	146	113	148	148[15]	104
181	9[16]	57[17]	50	64	42	31	47	35	52	73
182	92	118	113	127	101[18]	97	141	106	134	118
183	151	75	73	144	90	24	31[19]	85	52	80
184	94	108	108	97	123	113	106	127	123	160
185	120	125	38	57	75	64	108	78[20]	26	85
186	82	35	47	19	101	118	73	113	113	120
187	106	101	42	80	66	71	71	71	97	40
188	50	33	9	40	33	28	26	26	73	99
189	134	111	113	59	42	90	73	87	125	59[21]
190	108	97	99	97	71	111	148	172[22]	111	125
191	75	118	111	130	73	127	118	73	132	101

Ряд 13 (окончание)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
192	45	104	94	144	101	130	80	139	115	148
193	130	153	71	92	78	64	118	115	115	148
194	123	104	132	87	111	156	90	71	118	125
195	94	66	174	108	139	113	158	123	120	87
196	127	132	80	90	123	132	101	45	111	52

Ряд 11–13, лиственница сибирская (Северный Урал, все типы местообитаний, 70 моделей, 1590–1969 гг., 380 лет)

Десятилетие	Год									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
159	151[1]	118	97	144	163	132	109	109	137[2]	123[3]
160	170[4]	59	125	104	87	21	45	104	99	137
161	130	132	118	59	127[5]	85[6]	151	92	139	123
162	57	78	69	80	83	73	52	97	85	47
163	45	87	123	165	154[7]	144	78	83	92	73
164	87	26	87	116	83	66	113	120	118	92
165	118	127	71	163	165	146	123	87	151	104
166	109	176	132	118	109	61	24	17	35	54
167	52	40	33	35	69	104	94	80	33	45
168	73	71	54	61	83	142	161	73	123	156
169	135	139	111	104	21	85	99	87	102	80
170	73	61	64	94	102	125[8]	61	139	135	120
171	137	85	87	83	71	135	127[9]	130	90	76
172	64	92	57	104	123	113[10]	92	146	135	85
173	47	116	76	104[11]	120	26[12]	66	94	85	47
174	47	118	127	109	163	139	102[13]	97	33	104[14]
175	101[*]	102[15]	76	90	139	123	78	120	165	149
176	180[16]	99	97	92	135	113	87	99	137	132
177	123[17]	135	118[18]	73	146[19]	78	86	85	135	106
178	66	83[20]	21[21]	38[22]	40	66	45[23]	79[24]	80[25]	90[26]
179	104[29]	130	113[31]	127[32]	123[33]	159[34]	158[35]	127[39]	102	97[41]
180	125	106[42]	109[43]	132	111[47]	158	132[50]	165	154[51]	102
181	19[52]	54[51]	52[52]	76	61	43[55]	61	45[56]	57	78
182	109	127	116[57]	137	113[58]	116[59]	132[60]	99	137	146
183	168[62]	90	83	156	116	59	59[64]	102	73	104
184	118	137	120	111	151	127	113	135	123	161
185	130	139	43	52	76	66	102	78[65]	33	97
186	76	28	47	24	104	118	83	130	111	109
187	118	104	50	83	66	76	78	80	135	59
188	78	47[66]	12	50	45	34	33	31	73	85
189	120	104	106	52	40	76	61	87	130	69[67]
190	118	116	118	102	76	118	156	168[68]	111	130
191	76	126	127	132	83	130	125	71	144	102
192	57	111	113	156	113	132	94	149	123	165

Ряд 11–13 (окончание)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
193	151	161	80	94	92	76	120	106	111	146
194	111	104	144	97	94	135	94	66	120	137
195	109	69	168	113	137	125	158	144	137	199
196	132	149	116	90	113	125	106	33	113	43

Ряд 14, ель сибирская (Северный Урал, свежие местообитания, 23 модели, 1676–1969 гг., 294 года)

Десятилетие	Год									
	1	2	3	4	5	6	7	8	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
167	–	–	–	–	–	–	165[1]	130	70	111
168	104	98	43	48	43	50	74	78	91	102
169	80[2]	80	91	102	100	126	111	70	111	98
170	98	85	72[3]	107	135	120	135	137	146	154
171	146	135	109	109	109	117[5]	100	139	117	83
172	78	78	115	89	111	87	113	109	100	74
173	83	111	74	63	83	70	63	59	111	120
174	102	65	63	80	80	80	76	76	76	83
175	74	100[6]	109[7]	109	100	100	117	124	102	122
176	124	117	115	139	109	109	124	102	126	113
177	126	152	161	146	174	137	128	120	120	143
178	100	109	109	117	111	117	111	61	37	28
179	37[9]	54	43	54	87	109	111[10]	102[11]	130[12]	104
180	117	154	107[13]	78	96	150	124	133	143	154
181	113[14]	126	109	133	113	85	61	70	74	104
182	122	117	115[15]	115	124	111	139	122[16]	104	113
183	124	109	115	117[17]	87[18]	67	70	67	70[19]	139
184	111	107	70	115	89	83[21]	104	128	70	98
185	100	100	115	143	115	107	148	124	80	124[22]
186	76	124	52	63	57	52	109	76	93	74
187	100	130	93	83	102	111	130	83	102	74
188	83	65	43	74	93	85[23]	63	87	78	130
189	117	120	152	93	100	115	109	109	100	63
190	109	100	96	96	43	87	137	130	111	113
191	83	80	70	70	46	89	46	74	74	59
192	67	63	54	67	61	91	59	135	133	163
193	161	154	107	107	78	46	76	59	89[22]	107
194	102	52	83	98	52	72	93	61	115	122
195	139	70	87	83	96	78	115	133	102	146
196	148	152	87	148	139	146	148	117	96	87

Ряд 15, ель сибирская (Северный Урал, проточно и обильно увлажненные местообитания, 20 моделей, 1979–1969 гг., 201 год)

Десятилетие	Год									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
176	–	–	–	–	–	–	–	–	–	82[1]
177	80	134	63	119[2]	102	78	69	80	76	69
178	76	115	119	119	145	152	126	35	33	33
179	48	56	72	72	91[3]	121[4]	85	85	134	124
180	124	180	132	108	119	117[5]	124	163	137	143
181	76	95	134	111	80	61	78	78	72	85
182	152	141	102	95	113	108	128	134[6]	80	100
183	104[7]	93	113[8]	108	102[9]	119	113	128[11]	93	137
184	111	108	89	134	111	91	126	161	98	137
185	139	137[12]	137	163	141	124	178	163	119	156[15]
186	95	121	59	89	63	43	87[15]	67	98	95
187	93	117	121	91	121	139	161	98	111	98[16]
188	108	91	65	69[17]	80	80	67	89	87	132
189	104	104[18]	134[19]	85	93	95	93	95	91	65
190	111[20]	80	80	80	59	89	152	130	115	126
191	111	76	74	50	35	82	39	78	87	67
192	63	37	61	52	87	108	76	161	130	132
193	132	108	93	76	76	59	54	43	87	95
194	85	46	78	108	56	76	91	65	102	115
195	137	74	67	74	56	59	95	119	95	126
196	121	126	102	139	141	158	161	111	104	69

Ряд 16, ель сибирская (Северный Урал, сухие местообитания, 19 моделей, 1772–1969 гг., 198 лет)

Десятилетие	Год									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
177	–	–	132[1]	90	92	97	81	53	118	173
178	102	136	111	85	88	72	72	60	62	51
179	58	35	92	88	83	90[2]	155	104	113	141
180	143[3]	125	58	85	132	134	85	145	97[4]	125
181	88	118	108	65	58	32	37	46	85[5]	88
182	120	170[6]	145	129[7]	148	125	134	106	95	95
183	95	92	85	102	72	44	83	95	58	127
184	118[8]	113[9]	90	143[10]	125	97	143	145	92	122
185	127	125	95[11]	102	99	106[12]	115	127	102	129
186	72	129[13]	65	69	102	113[14]	141	122	148	127[15]
187	113	138	97	62	78	81	127	90	113	88
188	67	55	39[16]	74	76	69	51	83	92	164
189	141	145	173	92[17]	92	78	42	49	74[18]	49
190	83	72	81	69	35	95[19]	155	120	106	115
191	99	81	76	90	60	148	65	120	102	92
192	125	90	76	69	108	125	72	169	129	120
193	125	115	92	88	88	72	83	69	113	99
194	118	42	90	106	46	83	102	60	108	92
195	113	106	111	115	99	67	95	125	85	129
196	118	134	99	170	127	125	125	150	120	111

Ряд 14–16, ель сибирская (Северный Урал, все типы местообитаний, 62 модели, 1676–1969 гг., 294 года)

Десятилетие	Год									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
167	–	–	–	–	–	–	160[1]	129	72	110
168	105	99	48	53	48	55	77	81	92	108
169	81[2]	79	92	103	101	129	114	70	112	99
170	97	86	70[3]	108	136	123	138	140	149	158
171	149	136	110	112	110	123[5]	101	151	123	79
172	71	72	121	88	114	83	118	112	101	66
173	77	114	66	53	77	61	53	46	114	127
174	108	55	53	74	75	75	68	69	70	79
175	68	101[6]	121[7]	110	102	101	121	127	103	118
176	129	121	118	147	112	110	129	103	132	112[8]
177	125	160	154[9]	140[10]	160	123	112	103	112	140
178	94	116	114	75	121	125	114	46	26	15
179	31[12]	45	44	53	86[13]	110[15]	112[16]	99[17]	132[18]	116
180	125[19]	158	105[20]	86	105	140[21]	118	143	134[22]	147
181	101[23]	116	114	116	97	70	61	66	75[24]	97
182	127	134[25]	118[26]	114[27]	127	114	136	121[29]	97	105
183	112[30]	101	108[31]	112[32]	88[34]	77	83	92[36]	75[43]	136
184	112[38]	108[39]	81	127[40]	103	88[42]	118	140	81	112
185	116	117[43]	116[44]	138	118	112[45]	147	134	97	134[47]
186	79	123[48]	57	70	68	66[49]	110[51]	86	110	94[52]
187	101	127	101	79	101	110	136	90	108	85[53]
188	86	70	48[54]	72[55]	83	79[56]	59	86	83	140
189	118	121[57]	151[58]	90[59]	94	99	83	89	88[60]	59
190	101[61]	85	86	81	46	90[62]	147	127	110	116
191	97	79	72	70	46	103	48	88	86	70
192	81	60	61	64	83	105	68	151	129	139
193	140	127	97	90	79	57	70	57	94[61]	102
194	101	46	83	103	53	75	94	61	108	110
195	129	81	87	88	83	68	103	125	94	134
196	129	136	94	149	134	143	145	123	105	88

Ряд 17, сосна обыкновенная (Северный Урал, свежие местообитания, 11 моделей, 1557–1969 гг., 413 лет)

Десятилетие	Год									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
155	–	–	–	–	–	–	–	108[1]	65	56
156	106	150	128	178	112	87	132	81	90	86
157	135	67	119	106	101	70	65	65	72	79
158	106	70	65	58	76	87	106	121	115	85
159	81	70	74	65	65	97	128	106	85	58
160	92	79	63	79[2]	76	76	85	106	83	92
161	92	76[3]	101	92	125	108	76	79	123	162
162	121	106	99	87	101	79	94	94	79	79
163	65	54	47	56	110	115	76	65	72	76
164	70	36	85	67	63	72	52	63	72	52
165	72	76	85	76	125	79	81	97	81	101
166	90	76	99	97	61	87[4]	94	45	31	36
167	63	49	47	101	101	101	87	87	58	110
168	128	92	87	128	164	146	112	76	52	117

Ряд 17 (окончание)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
169	90	85	103	90	76	139	85	70	110[5]	101
170	81	89	47	76	92	74	65	76	106	90
171	87	65	70	108	92	94	83	74[6]	81	27
172	65	83	74	108	153	175	121[7]	130	150	112
173	72	110	94	94	117	70	49	74	103	123
174	99	108	79	83	117	106	97	97	72	83
175	87	99	81	125	141	119	125	160	141	101
176	90	125	148	112	137	153	139	132	153	108
177	99	112	101	79	101	34	70	117	81	83
178	67	115	108	115	130	92	74	106	121	99
179	94	121	106	94	99	119	110	106	99	103
180	121	115	61	36	61	87	58	99	125[8]	130[9]
181	58	58	74	97	112	56	63[10]	81	67	115
182	115	130	106	119	130	110	74	94	81	90
183	139	87	110	130	121	92	101[11]	90	81	157
184	115	92	97	90	130	130	135	153	130	148
185	130	101	115	135	123	128	162	119	61	115
186	94	92	90	61	117	101	112	135	125	132
187	103	101	90	83	101	135	121	119	132	135
188	148	79	49	94	130	87	83	74	49	108
189	168	137	130	115	74	103	110	135	162	74
190	110	150	175	81	56	106	137	155	101	115
191	101	130	121	125	67	130	103	87	103	85
192	92	108	139	144	117	117	87	150	137	144
193	128	155	139	123	108	85	117	123	121	146
194	146	101	83	83	67	92	72	20	108	141
195	103	65	94	65	97	85	132	128	144	108
196	125	153	103	178	184	162	148	132	146	90

Ряд 18, ель сибирская (Южный Урал, хребет Таганай, сухие местообитания, 16 моделей, 1735–1970 гг., 236 лет)

Десятилетие	Год									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
173	–	–	–	–	–	190[1]	114	127	123	140
174	94	92	127	98	118	123	114	116	162	151
175	162	162	138	147	68	31	39	55	44	61
176	68	94	109	133	114	127	107	101	103	103
177	158	182	151	162	105[2]	123[3]	92	72	131	83
178	116	101	72	83	118	125	123	85	79	55
179	57	114[4]	107[5]	109	162[6]	83	96[7]	85	94[8]	68
180	88	94	105	101	114	123	107[9]	116	83	109
181	66	83	85	72	72	88	85	98	109	77
182	74	90	116	103[10]	103	103	105	98	107	88
183	94	74	90	92[11]	94[12]	85	98	120	103	136
184	105	112	101	114	92	116	123	149	72	81
185	90	92	103	90	61	114	94	81	101	151
186	79	136[13]	57	74	114	107	109	98	92	77
187	81	85	48	39	72	79	109	81	118[14]	112[15]
188	103	92	37	57	81	94	88	105	72	96
189	116	131	116[16]	109	83	90	83	105	101	90
190	92	98	88	116	90	131	129	118	83	83

Ряд 18 (окончание)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
191	129	70	85	94	98	120	123	129	136	149
192	107	92	85	68	114	103	55	90	72	88
193	123	109	114	98	50	72	105	83	109	138
194	116	66	83	109	129	114	98	63	112	125
195	96	105	103	48	74	63	92	79	55	77
196	74	105	85	103	83	103	140	96	118	136
197	164	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Ряд 19, ель сибирская (Южный Урал, хребет Таганай, проточно и обильно увлажненные местообитания, 14 моделей, 1750–1970 гг., 221 год)

Десятилетие	Год									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
175	184[1]	131	31	73	100	84	78	55	82	78
176	109	106	106	84	84	162	33	58	62	42
177	84	148	135	175	184	93	137	162	106	129
178	69	82	129[2]	78	93	82	62	78	84	95
179	115	137	148	124	113	104	98	47[3]	67	67
180	67[4]	111	78	111	129	140	171	211	140	118
181	91	113	62	89[5]	71	75	89	104	106[6]	80
182	106[7]	100	106	131	133	120	118	146	148	133[8]
183	113	111[9]	113	100	106	124	120	120	111[10]	137
184	98	69	80	104	93	113	129	137	64	71
185	93	95	146	82	42	126	111[11]	82	93	146
186	86	151	55	62	86	86	106	118	144	109
187	106	133	86	58	111	109	126	78	78	89
188	84	91	31	84[12]	113[13]	93	98	155	106	91
189	82	98[14]	124	122	104	109	91	126	93	78
190	104	82	53	95	82	113	129	104	67	53
191	129	42	53	64	71	109	100	102	115	137
192	82	89	86	51	102	98	44	89	51	55
193	100	98	129	102	47	60	86	78	126	162
194	144	91	102	122	144	129	111	95	124	140
195	111	113	126	98	82	42	84	78	62	80
196	62	109	78	95	67	78	118	82	86	113
197	157	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Ряд 20, ель сибирская (Южный Урал, хребет Таганай, свежие местообитания, 15 моделей, 1764–1970 гг., 207 лет)

Десятилетие	Год									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
176	–	–	–	–	165[1]	168[2]	34	34	67	50
177	91	148	110	141	151	115	98	105	67	151
178	117	79[3]	110	55	110	77	100	81	98	36
179	62	57	74	74[5]	192	112	125	81	148	110
180	120[6]	125	112	153	120	112	57	115	112[7]	117
181	74	86	43	36	65	89	108[8]	112	127[9]	65

Ряд 20 (окончание)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
182	91	74	96	81	86	117[10]	137	120	115	81
183	96	108	115	112	120[11]	125	125[12]	132	137	163
184	139	156	100	127	84	117[13]	144	187[14]	108	86
185	112[15]	100	125	96	50	129	105	108	91	139
186	55	117	26	55	112	110	108	129	122	84
187	77	115	62	41	81	84	120	79	125	110
188	89	74	36	60	86	96	69	112	98	98
189	91	110	115	103	74	91	65	89	89	84
190	86	91	67	105	100	122	117	125	84	74
191	91	50	62	79	81	117	93	125	148	165
192	108	112	91	67	117	93	65	112	77	112
193	134	117	151	125	81	86	117	112	110	139
194	129	69	74	93	115	100	96	46	112	112
195	105	98	98	62	93	65	96	69	74	84
196	67	86	67	108	57	96	129	84	120	153
197	172	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Ряд 18–20, ель сибирская (Южный Урал, хребет Таганай, все типы местообитаний, 45 моделей, 1735–1970 гг., 236 лет)

Десятилетие	Год									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
173	–	–	–	–	–	171[1]	115	126	121	135
174	97	94	124	103	117	119	113	115	153	146
175	169[2]	148	85	115	83	59	61	56	65	70
176	79	103	110	113	121[3]	162[4]	45	54	70	56
177	110	164	130	162	151[5]	117[6]	103	101	106	119
178	108	85[7]	101[8]	68	108	94	97	79	83	52
179	70	99[9]	106[10]	94[12]	171[13]	97	106[14]	74[15]	106[16]	81
180	92[18]	108	101	120	119	124	106[19]	140	106[20]	113
181	74	90	66	65[21]	68	85	94[22]	106	115[24]	72
182	89[25]	88	106	103[26]	106	113[27]	119	117	119	98[28]
183	99	97[29]	103	101[30]	106[32]	108	113[33]	124	117[34]	144
184	108	113	94	115	88	115[35]	130	158[36]	83	79
185	99[37]	94	121	90	52	121	101[38]	90	94	144
186	72	133[39]	45	63	103	101	108	115	117	88
187	85	108	54	45	85	88	117	79	108[40]	103[41]
188	92	85	36	65[42]	91[43]	92	83	121	92	94
189	97	113[44]	117[45]	110	85	94	79	106	94	83
190	92	90	70	106	90	121	124	115	79	70
191	117	54	68	79	83	113	106	119	133	148
192	99	97	85	61	110	97	54	97	65	83
193	119	108	130	108	59	72	103	90	115	146
194	128	74	85	108	128	113	101	68	115	126
195	103	106	108	68	83	56	90	74	63	79
196	68	99	76	101	70	92	128	88	108	133
197	162	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Ряд 21, ель сибирская (Южный Урал, хребет Таганай, долинные курумы, 10 моделей, 1564–1970 гг., 407 лет)

Десятилетие	Год									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
156	–	–	–	–	154[1]	161	142	78	69	53
157	94	94	128	103	89	48	94	64	46	64
158	96	82	115	124	108	105	96	115	110	110
159	126	82	82	99	110	108	121	167	161	117
160	135	131	147	76	128	108	119	124	172	154
161	147	133[2]	131	174[3]	124	87	103	167	96	89
162	142	69	105	96	76	96	115	99	106	78
163	87	78	85	89	117	135	156	133	112	85
164	101	105	131[4]	110	128	121	131	96	62	105
165	108[5]	108	101	94	71	94	76	87	94	76
166	82	87	112	105	94	108	112	101	110	105
167	71	66	60	94	115	96	96	71	66	69
168	82	96	73	103	103	89	105	85	94[6]	110
169	87	121	149	137	149	110	121	60	94	71
170	85	48	32	50[7]	50	78	73	115	121	172
171	105	101	117	89	73	69	85	87	69	69
172	108	85	112	108	121	108	121	53	119	73
173	94	101	89	85	137	103	87	87	99	112
174	131	131	76	76	85	99	101	94	89	119
175	85	89	73	89	89	71	69	99[8]	73	78
176	96	89	103	94	94	80	87	103	94	69
177	78	73	82	87	126	73	108	115	82	108
178	92	115	119	87	89	60	55	78	60	34
179	53	66[9]	92[10]	50	112	87	89	101	135	110
180	108	142	94	124	137	161	101	117	110	115
181	87	78	76	76	57	73	76	82	126	96
182	78	96	133	105	110	101	96	89	121	99
183	105	99	82	92	103	76	78	108	85	115
184	92	85	64	76	64	85	99	108	80	71
185	73	76	62	57	80	60	108	99	85	128
186	124	131	119	108	103	110	105	149	121	121
187	94	78	85	105	96	115	121	82	92	85
188	105	87	105	103	112	126	92	144	119	126
189	147	92	115	103	78	124	69	89	103	94
190	99	99	92	89	66	108	89	92	85	99
191	66	94	80	89	101	121	112	96	142	133
192	119	144	119	112	142	119	92	135	117	128
193	142	119	115	112	115	103	96	112	101	161
194	94	82	112	128	99	124	99	64	103	135
195	103	85	87	69	92	71	92	78	92	110
196	101	94	78	99	135	121	119	69	167	165
197	115	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Ряд 22, сосна обыкновенная (Южный Урал, хребет Таганай, долинные курумы, 19 моделей, 1488–1970 гг., 483 года)

Десятилетие	Год									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
148	–	–	–	–	–	–	–	–	128[1]	132
149	139	84	113	71	128	102	49	62	55	117[2]
150	119	104	75	99	117	150	121	88	73	84
151	46	49	60	42	77	86	117	73	75	62
152	97	102	166	172	124	121	152[3]	190	161	137
153	82	139	95	88	95	93	106	135	104	82
154	104	66	95	73	77	93	71	82	102	119
155	106	152	139[4]	143	108	148	124	97	106	95
156	90	71	99	102	82	77	95[5]	86	82	75[6]
157	84	124	117	115	55	53	68[7]	84	119	121
158	90	130	104	150	90	88	93	62	40	77
159	71	75	93	121	82[8]	124	124	110	79	64
160	71[9]	75	68	115	88	71	90	119	148[10]	130
161	152	128	137	161	115	113	119	88	119	110
162	113	62	75	82	88	64	77[11]	88	115	82
163	97	97	62[12]	68	95	117	126	113	119[13]	106
164	82[14]	60	68	77	71	84	64	71	51	64
165	68	62	84	62	108	84[15]	135	143	99	104
166	135	77	97	93	75[16]	115	113	66[17]	77	108[18]
167	115	97	62	64	66	71	90	66	73	82
168	90	90	99	115	108[19]	108	143	146	84	121
169	86	97	108	110	119	115	97	77	104	79
170	62	84	60	62	86	110	97	97	106	130
171	95	99	97	86	77	46	93	75	77	73
172	79	108	88	97	121	119	121	106	115	126
173	106	132	117	108	141	108	77	104	104	102
174	82	73	99	53	88	97	110	104	93	97
175	71	77	66	79	135	75	60	95	99	102
176	115	117	102	93	77	77	113	102	104	49
177	117	130	84	51	102	93	84	113	99	88
178	88	102	93	79	121	88	75	53	82	66
179	84	119	88	90	115	75	117	117	119	132
180	115	137	126	82	64	77	84	68	108	88
181	79	86	90	88	75	71	66	75	66	82
182	110	108	102	102	124	104	95	106	68	73
183	90	104	79	84	115	88	82	88	66	84
184	62	62	93	88	88	104	84	117	90	102
185	117	90	82	86	71	66	115	121	75	110
186	139	82	121	84	102	53	53	117	124	71
187	95	99	88	90	102	139	121	119	104	86
188	115	71	84	62	95	86	113	113	97	148
189	113	115	117	130	134	115	108	121	132	106
190	139	146	177	146	108	139	141	146	88	128
191	146	115	113	135	121	119	104	117	143	97
192	88	77	128	128	128	139	108	121	150	84
193	102	99	99	88	110	115	95	119	115	143
194	143	104	68	132	110	102	99	106	108	132
195	119	128	99	102	124	93	143	113	126	117
196	135	135	119	130	137	141	143	121	139	150
197	139	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Ряд 23, сосна обыкновенная (Южный Урал, хребет Таганай, сухие местообитания, 18 моделей, 1731–1970 гг., 240 лет)

Десятилетие	Год									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
173	–	169[1]	133	167	97	57	89	97	87	118
174	53	57	87	61	93	40	72	72	89	91
175	123	110	106	129	156	85	99	144	129	137
176	137	135	133	133	152	133	135	112	129	91
177	85	104	110	97	118	80	85	97	104	116
178	123	150	123	110	99	93	108	106	169	123
179	127	125	110	106	129	142	159	97[2]	87	101[3]
180	97	70	51	66	55	85	93	116	137	129[4]
181	83	61	99	78	80	66	40	53	55	101
182	76[5]	114	106	150[6]	140	129	118	125	99	83
183	87	83	70[7]	89	87	80	74[8]	85	93	127
184	118	123	125	148	154[10]	156	142	142[11]	93	120[12]
185	144	108[13]	106	61	61	83	78	104[16]	72	74[18]
186	78	78	61	66	70	51	49	70	85	64
187	66	59	85	78	83	106	95	93	110	120
188	135	99	55	44	76	59	59	47	53	106
189	110	118	125	127	99	89	85	97	142	101
190	108	108	129	114	78	104	125	120	78	78
191	101	80	87	91	87	110	85	106	112	80
192	57	72	106	110	125	137	80	129	106	108
193	131	133	120	108	104	108	101	106	112	148
194	159	112	49	93	72	95	80	61	83	144
195	91	106	70	112	99	87	104	74	61	53
196	70	104	95	135	125	129	131	104	99[17]	76
197	80	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Ряд 24, ель сибирская (Южный Урал, массив Иремель, сухие местообитания, 5 моделей, 1699–1973 гг., 275 лет)

Десятилетие	Год									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
169	–	–	–	–	–	–	–	–	–	108[1]
170	120	135	79	91	128	149	144	144	171	200
171	144	193	144	149	164	135	108	87	87	79
172	87	91	100	108	87	115	79	79	79	72
173	72	108	115	100	108	91	65	79	100	91
174	91	87	115	156	115	100	128	108	79	65
175	51	79	100	79	87	72	79	87	91	65
176	65	100	87	87	72	100	87	100	115	91
177	120	128	135	135	65	87	91	115	120	115
178	100	87	100	115	100	87	79	87	39[2]	58
179	100	159	128	154	118	137	113	120	94	65
180	75	130	91	75	51	72	106	111	89	87
181	65	84	67	65	70	75	87[3]	94[4]	100	82
182	51	67	77	106	113	103	130	123[5]	108	118
183	120	108	123	111	89	36	39	46	39	67
184	115	118	113	113	111	120	111	94	77	77
185	67	46	34	48	53	100	103	89	75	84
186	48	113	70	70	118	123	94	108	137	106

Ряд 24 (окончание)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
187	125	147	96	77	65	70	67	67	118	77
188	84	75	55	55	100	51	41	60	99	132
189	123	152	144	118	67	99	72	77	142	118
190	140	123	70	111	91	84	87	108	89	63
191	58	72	89	103	108	135	144	137	128	142
192	111	103	113	84	84	111	55	79	46	70
193	75	130	159	120	120	113	137	147	154	164
194	132	115	75	99	125	87	91	79	111	149
195	144	115	144	132	132	89	132	103	106	94
196	103	72	53	132	96	115	168	135	96	100
197	103	84	108	125	–	–	–	–	–	–

Ряд 25, ель сибирская (Южный Урал, массив Иремель, проточно и обильно увлажненные местообитания, 14 моделей, 1709–1972 гг., 264 года)

Десятилетие	Год									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
170	–	–	–	–	–	–	–	–	–	143[1]
171	146	133	165	83	100	122	139	174	126	143
172	137	128	128	89	67	41	43	83	98	100
173	98	104	83	87	91	104	113	113	104	122
174	159	139	67	76[2]	111	100	146	135	191	104
175	96	107	96	117	137	135	109	91	89	96
176	120	100	120	137	102	89	120	104	107	91
177	117	93	104	122	128	100	98	91	65	89
178	72	67	78	85	41	43	43	50	37	43
179	46	37	35	46	61	43	80	63[3]	65	65
180	87	98	107	124	87	80	91	87	111	107
181	54	63	48	104	96	54[4]	50	80	61	63
182	87	80	78	80	80[5]	85[7]	78	78	80	85[8]
183	98	67	70	102	85	93	111	100	89	133
184	115	111	124[9]	100	104[10]	124[11]	128	150	122[12]	128
185	163	146	120	154[13]	148	146	154	146	128	122
186	59	48	9	41	80	61	107	122	146	89
187	109	128	133	89	128	126	135	102	148	135
188	146	78	28	39	67	46	72	46	72	107
189	96	100	124	128	126	133	104	120	124	100
190	109[14]	111	89	93	104	115	113	120	117	91
191	104	70	89	80	72	117	107	113	135	163
192	104	89	120	98	126	128	87	104	76	65
193	96	87	117	115	117	98	137	139	165	191
194	172	122	111	159	150	93	50	30	43	41
195	48	57	93	78	83	72	91	107	120	107
196	102	93	91	126	128	146	159	107	80	96
197	85	91	87	–	–	–	–	–	–	–

Ряд 26, ель сибирская (Южный Урал, массив Иремель, свежие местообитания, 15 моделей, 1720–1972 гг., 253 года)

Десятилетие	Год									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
172	89[1]	111	120	53	134	116	138	160	111	151
173	107	160	147	136	136	122[2]	109	129	67	91
174	76	62	120	102	96	100	116	109	158	160
175	180	136[3]	100	51	73	94	91	69	29	107[4]
176	94	156	158	178	151	107	94	96	118	67
177	118	118	100	85	111	118	114	100	80	107
178	85	71	78	58	80	51	67	91[5]	40	42
179	56	51	60	71	165	82	156[6]	100	89	58
180	71	131	87	96[7]	89	73	96	111[8]	105	102
181	94	100[9]	60	62	60	76	65	60[10]	67	47
182	87	91	140	143	143	114	129	107	114[11]	149
183	122	114	125	127	91[12]	102	87	91[13]	94	131
184	116	131	120	102	80	82	91	94[14]	82	62
185	96[15]	62	67	89	111	131	127	118	82	73
186	18	67	49	105	149	131	131	122	120	94
187	78	111	60	47	67	60	87	67	136	85
188	94	73	42	69	118	105	105	114	129	158
189	120	109	105	73	38	62	56	71	82	94
190	105	102	67	85	80[14]	87	82	100	89	69
191	94	89	102	98	102	120	109	122	134	145
192	85	87	111	87	107	127	82	107	91	91
193	129	125	129	100	91	78	89	114	145	154
194	147	98	116	118	131	80	96	60	114	131
195	120	82	122	62	94	56	76	87	82	80
196	80	78	78	147	94	145	171	100	98	122
197	116	127	143	–	–	–	–	–	–	–

Ряд 24–26, ель сибирская (Южный Урал, массив Иремель, все типы местообитаний, 34 модели, 1699–1973 гг., 275 лет)

Десятилетие	Год									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
169	–	–	–	–	–	–	–	–	–	102[1]
170	115	126	77	88	119	139	132	132	157	166[2]
171	146	161	155	113	130	126	121	132	106	113
172	106[3]	113	121	73	93	84	79	110	93	110
173	88	132	119	110	115	110[4]	95	110	82	97
174	102	86	101	102[5]	106	97	137	121	168	119
175	124	115[6]	97	71	95	102	93	73	46	95[7]
176	95	135	141	161	128	99	98	97	115	73
177	119	113	106	104	110	107	106	99	75	102
178	79	64	75	68	64	44	53	73[8]	29[9]	37
179	53	63	62	77	130	86	130[10]	93[11]	82	60
180	75	119	93	99[12]	82	73	95	104[13]	102	99
181	79	88	55	71	67	68[15]	64[16]	70[18]	71	57
182	77	82	110	116	117[19]	102[21]	110	99[22]	102[23]	119[24]
183	113	95	104	115	87[25]	86	84	86[26]	82	119
184	113	121	119[27]	102	93[28]	104[29]	108	113[30]	97[31]	90
185	115[32]	90	82	108[33]	117	132	135	124	99	93

Ряд 24–26 (окончание)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
186	37	64	35	75	117	102	115	119	130	93
187	97	121	93	66	90	88	102	82	137	102
188	113	75	40	55	95	73	82	77	99	132
189	110	111	117	102	77	95	77	90	106	99
190	110[34]	108	75	91	90[33]	97	95	108	99	77
191	90	77	93	90	88	124	110	119	132	150
192	95	88	113	90	110	124	79	102	78	77
193	106	108	138	108	106	90	115	128	155	170
194	155	110	108	132	137	86	75	51	82	93
195	90	75	110	77	93	66	90	97	102	94
196	93	84	79	135	108	139	166	106	88	108
197	99	104	113	115[5]	–	–	–	–	–	–

Ряд 27, ель сибирская (Южный Урал, массив Иремель, долинные курумы, 11 моделей, 1648–1973 гг., 326 лет)

Десятилетие	Год									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
164	–	–	–	–	–	–	–	–	161[1]	153
165	69	98	125	79	79	108	168	177	156	144
166	96	86	129	141	89	91	60	50	62	69
167	120	127	79	98	125	103	91	93	100	72
168	84	98	89	122	98	79	67	77	65	57
169	53	67	120[2]	132	129	100	108	77	48	50
170	86	105	72	72	122	98	38	48	98	158[3]
171	125	144	120	139	139	115	122	96	67	48
172	62	60	74[4]	100	110	120	120[5]	93	161	163
173	110	98	96	86	122	79	96[6]	65	93	84
174	81	67	98	65	100[7]	74	86	98	115	98
175	91	108	93	86	86	69	72	74	65	65
176	81	98	69	77	62	93	34	57	62	38
177	67	57	62	84	93	91	112	110	156	139
178	134	134	112	79	89	125	127	129	125	69
179	62	72	81	72	125	100	86	74	112[8]	103[9]
180	98	103	69	86	112	117	91	91	89	115
181	69	74[10]	91	62[11]	43	86	100	69	108	81
182	81	91	103	100	112	100	77	96	96	127
183	120	79[10]	77	100	98	79	67	84	69	100
184	98	100	93	65	50	69	77	91	62	74
185	84	67	84	93	86	72	96	105	72	105
186	62	117	77	74	74	129	144	120	117	112
187	112	120	74	53	100	110	112	67	129	77
188	77	89	74	105	134	98	57	105	89	115
189	112	132	148	108	89	139	115	125	100	105
190	122	112	129	120	98	125	100	156	132	163
191	139	122	115	120	91	146	108	96	134	129
192	100	139	144	125	129	132	105	141	86	93
193	112	115	72	105	74	84	122	134	120	170
194	144	110	158	148	161	144	120	57	96	127
195	77	53	112	84	112	96	148	129	148	134
196	141	112	77	108	84	110	125	84	151	129
197	115	110	120	163	–	–	–	–	–	–

Ряд 28, лиственница сибирская (Южный Урал, массив Иремель, долинные курумы, 8 моделей, 1670–1973 гг., 304 года)

Десятилетия	Год									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
167	122[1]	105	112	172	122	134	127	98	105	60
168	67	77	120	41	81	108	153	172	148	122
169	158	129[2]	168	156	158	141	105	115	170	117
170	151	151	120	89	84	**81**	**115**	**127**	127	151
171	141	144	112	96	89	103	79	74	43	36
172	36	43	43	89	89	98	77	89	50	43
173	50	50	43	65	65	43	55	41	43	53
174	74	89	81	77	110	105	93	98	81	77
175	65	93	105	151	129	120	93	125	110	120
176	120	89	74	81	79	74	108	91	74	81
177	125	122	89	67	122	103	144	100	115	127
178	74	100	120	120	60	74	60	65	84	105
179	103	117	165	161	185	153	161	96	65	67
180	93	60	74	127[3]	139	132	81	156	134[4]	110
181	79	79	74	98	98	105	144[5]	93	125	96
182	105	153	110[6]	103	148	189	117	74	115	146
183	141	127	96	151	161[7]	38	74	141	112	139
184	139	151	125	129	168	122[8]	132	84	79	139
185	127	96	105	93	156	55	89	79	57	117
186	134	129	93	117	165	103	81	148	81	96
187	93	50	103	89	53	46	46	74	100	81
188	129	93	81	98	103	69	31	53	55	103
189	122	115	57	69	60	77	110	91	98	100
190	146	98	153	84	60	93	122	127	125	129
191	91	84	74	69	81	89	24	17	50	60
192	57	79	112	163	163	144	96	77	57	57
193	57	62	65	93	112	108	156	110	105	117
194	72	91	117	137	93	65	65	31	93	127
195	93	53	141	96	110	127	127	194	151	77
196	53	67	62	79	84	74	79	72	84	72
197	72	96	105	91	–	–	–	–	–	–

Ряд 29, лиственница сибирская (Южный Урал, массив Иремель, проточно и обильно увлажненные местообитания, 11 моделей, 1770–1972 гг., 203 года)

Десятилетие	Год									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
177	174[1]	176	122	145	186	152	108	81	97	79
178	34	81	142	79	63	104	99	124	68	90
179	97	140	129	124	163	70	147	99	45	86
180	131	106	106	95	99	113	90	154	142	106
181	115	136	111	108	86	88	136	113	131	68
182	90	118	99	63	84	77	52	50	115[2]	167
183	147	75	59	131[3]	68	18	59[4]	154[5]	161[6]	154[7]
184	90[8]	124	102[9]	169	188	145[10]	167[11]	120	129	145
185	138	124	99	88	126	45	66	106	97	147
186	108	90	47	93	197	149	95	136	93	84
187	70	43	79	47	29	25	41	75	99	111
188	138	57	57	86	84	61	41	72	97	95

Ряд 29 (окончание)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
189	99	118	70	61	59	72	88	84	104	106
190	126	93	133	97	57	72	97	104	113	93
191	61	36	66	79	111	108	88	59	106	104
192	108	99	108	161	188	172	95	59	61	52
193	59	79	86	104	126	115	140	122	84	115
194	90	97	108	149	86	79	66	20	81	115
195	93	41	115	99	118	131	149	186	163	79
196	68	86	86	115	66	59	70	52	61	50
197	88	90	111	–	–	–	–	–	–	–

Ряд 30, сосна обыкновенная (Южный Урал, массив Иремель, долинные курумы, 22 модели, 1469–1973 гг., 505 лет)

Десятилетие	Год									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
146	–	–	–	–	–	–	–	–	–	142[1]
147	122	100	115	142	166	146	166	95	86	117
148	111	88	58	69	77	82	91	88	108	100
149	58	91[2]	91	88	82	75	55	119	80	77
150	91	117	128	173	153	117	84	40	64	75
151	64	49	64	80	113	88	91	69	75	51
152	69	69	64	73	82	115	106	117	122	131
153	131	111	91	62[3]	100[4]	93	137	124	86	97
154	95	35	53	71	75	64	53	97	95	60
155	64	91	88	82	91	111	117	113[5]	104	75
156	80	111	124	80	69	88	91	113	86	80
157	53	75	86	75	77	82	100	93	131	144
158	150	148	150	175	157	122	100	58	60	77
159	91	84	108	142	131	153[6]	168	166	115	88
160	86	64	82	93	88	40	64	111	124	124
161	104	95	106	108	108	108	93	75	104	104
162	133	111	139[7]	115	113	91	84	93	113	88
163	108[8]	131	97	111	104	117	119	113	93	97
164	91[9]	77	44	58	86	91	80	106	86	82
165	88	102	104	95	124	95[10]	142	153	135	146
166	157	106	122	113	93	119	117	66	75	80
167	60	75	51[11]	62	80	88	91	82	62	53
168	55[12]	80	66	75	100	104[13]	139	119[14]	117	131
169	117	128	137	137	128	111	100	97[15]	128	91
170	80[16]	88	82	91	113	124	104	106	113	139
171	131	91	66	69[17]	93	86	135	100	91	73
172	84	102	91	104	102	80	77	82	102	95
173	102	128	97	88	135	100	84	82	84	104
174	108	102	93	42	88	115[18]	128[19]	135	111	93
175	102	71	64	75	119	69	53	97	131	119
176	122	131	126	117	111	108	117	126	137	95
177	115	113	88	82	100	44	46	69	69	58
178	66	86	95	93	100	77	69	73	80	73
179	71	93[20]	95	88	106	97	111	86	62	77
180	84	73	58	82	64	86	104	91	131	126
181	102	122	104	113[21]	86	106	88	95	64	95

Ряд 30 (окончание)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
182	91	117	128	133	128	111	100	113	100	97
183	108	100	106	102	97	86	95	122	86	100
184	93	84	113	88	80	75	75	102	77	93
185	95	69	86	80	77	80	106	108	62	86
186	95	66	80	64	88[22]	64	75	102	97	66
187	69	104	91	102	100	104	84	106	108	91
188	115	73	75	80	93	58	62	60	77	97
189	75	102	91	108	84	106	115	113	119	100
190	102	108	155	133	91	100	146	142	86	119
191	124	97	115	126	117	137	113	131	137	119
192	113	113	139	117	142	164	97	142	146	133
193	97	108	128	102	108	108	115	128	113	139
194	155	115	44	108	122	106	71	97	111	142
195	95	124	93	122	124	126	162	155	177	111
196	124	133	131	150	119	146	157	117	131	97
197	97	115	126	122	–	–	–	–	–	–

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3

Глава 1. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ И ОБЪЕМ ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ 5

Глава 2. ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ДЕНДРОХРОНОЛОГИЧЕСКИХ РЯДОВ, СИНХРОННОСТЬ И ТЕСНОТА СВЯЗИ МЕЖДУ НИМИ 39

Глава 3. ЦИКЛИЧНОСТЬ МНОГОЛЕТНИХ КОЛЕБАНИЙ РАДИАЛЬНОГО ПРИРОСТА ДЕРЕВЬЕВ 46

Глава 4. ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА РАДИАЛЬНЫЙ ПРИРОСТ ДЕРЕВЬЕВ И РЕКОНСТРУКЦИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПРОШЛОГО 79

Глава 5. ПРОГНОЗ КЛИМАТИЧЕСКИ ОБУСЛОВЛЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ РАДИАЛЬНОГО ПРИРОСТА ДЕРЕВЬЕВ 87

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 93

ЛИТЕРАТУРА 96

ПРИЛОЖЕНИЕ. ДЕНДРОХРОНОЛОГИЧЕСКИЕ РЯДЫ ВЫСОКОГОРНЫХ РАЙОНОВ УРАЛА 105