

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР  
ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ И КОНТРОЛЮ  
ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

ТРУДЫ  
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
ГЛАВНОЙ ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ  
им. А. И. ВОЕЙКОВА

*Выпуск*

**403**

КРИТЕРИИ И ХАРАКТЕРИСТИКИ  
ЗАСУШЛИВЫХ ЯВЛЕНИЙ  
НА ТЕРРИТОРИИ СССР

Под редакцией  
канд. геогр. наук Е. В. ВОРОБЬЕВОЙ  
канд. геогр. наук Б. И. САЗОНОВА



ЛЕНИНГРАД ГИДРОМЕТЕОИЗДАТ 1979

Сборник содержит статьи по исследованию засушливых явлений, условий их формирования и возможных причин. Излагаются результаты сопоставления различных индексов и показателей засушливости. Дается характеристика циркуляции во время засух и в предшествующий им длительный период, а также анализ влияния подстилающей поверхности (океан) и солнечной активности на формирование засушливых явлений. Предлагаются схемы их прогноза.

Сборник рассчитан на специалистов метеорологов, климатологов, гелиогеофизиков, работников в области долгосрочных прогнозов погоды, преподавателей, аспирантов и студентов гидрометеорологических специальностей.

The publication contains papers on the studies of droughts, their formation and possible causes. The results of correlation between different indices and exponents of aridity are set forth. The characteristic of circulation during droughts and in the preceding long period is given as well as analysis of the effect of underlying surface (ocean) and solar activity on drought phenomena formation. Schemes of their forecast are suggested.

The publication is intended for meteorologists, climatologists, heliogeophysicists, workers in the field of long-range weather forecasts, teachers, post-graduates and students of hydrometeorological specialities.

*Л. Г. Полозова, С. Г. Шиятов*

## **ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА РАДИАЛЬНЫЙ ПРИРОСТ ДЕРЕВЬЕВ В ВЫСОКОГОРНЫХ РАЙОНАХ УРАЛА**

Длительные дендрохронологические ряды (индексы ширины годичных колец деревьев) широко используются для реконструкции некоторых важных характеристик климата в прошлом и изучения закономерностей его изменения [3]. Для этих целей наиболее пригодны деревья, произрастающие в пессимальных условиях существования, на верхней, полярной и южной границах леса. В связи со сказанным исключительный интерес представляет Уральский хребет, который пересекает несколько природных зон (от тундры до степей), а его вершины во многих местах поднимаются выше верхней границы леса. Древесная растительность на Полярном Урале поднимается в горах до высоты 200—400 м, а на Южном Урале (г. Ирмель) — до 1300—1400 м. Поскольку в пределах субарктического и умеренного климатических поясов высотное положение верхней границы леса определяется в основном термическим режимом вегетационного периода, то, изучая колебания прироста деревьев, произрастающих на верхнем пределе своего существования, можно проследить за изменением более или менее однородных биоклиматических условий во времени и пространстве.

Уральский хребет не создает резкой климатической границы между Восточной Европой и Западной Сибирью, его влияние сказывается в количественном различии климатических характеристик на западных и восточных макросклонах хребта. На западных склонах Урала существенно увеличивается количество осадков летом и зимой благодаря обострению фронтов в приходящих с запада циклонах. Восточные склоны хребта получают меньшее количество осадков. На этих макросклонах часто создается скачок и в температурном поле: в холодный период Уральский хребет нарушает постепенность перехода, когда более теплый воздух из Европейской части перетекает через хребет и встречается с более холодным сибирским. Теплый воздух в этом случае не может опуститься на равнину и течет вверх холодного далее на восток. Следует отметить, что летом этот эффект отсутствует.

При северных и южных вторжениях Уральский хребет, в силу своего меридионального положения, не оказывает существенного влияния на распространение потоков арктического или тропического воздуха. Отсюда становится понятной значительная синхронность в многолетнем ходе температуры воздуха на всем протяжении Урала (рис. 1). Длительные колебания температуры воздуха существенно связаны с нарушением зональности в атмосферной циркуляции.

Значительная синхронность многолетних колебаний температуры воздуха на всем протяжении Урала может служить основанием для предположения о наличии синхронности в колебаниях прироста деревьев, произрастающих на верхней границе леса, где одним из лимитирующих факторов является температура воздуха летних месяцев.

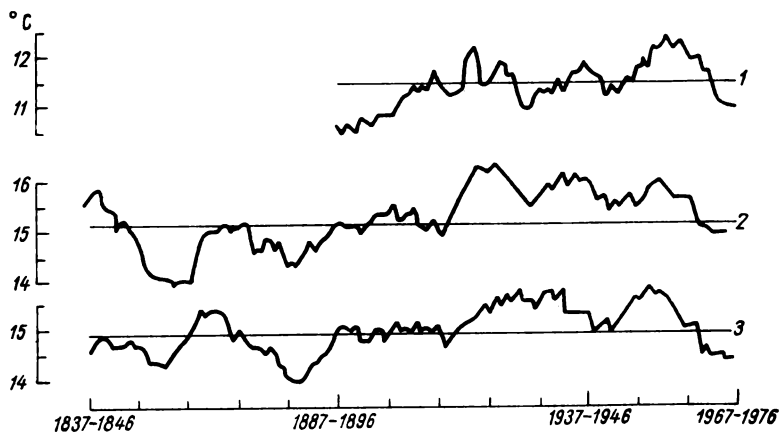


Рис. 1. Средняя температура вегетационного периода (июль — август), сглаженная по скользящим 10-летиям.  
1 — Салехард, 2 — Карпинск, 3 — Златоуст.

Для установления связей между приростом деревьев в толщину и важнейшими климатическими факторами (температура, осадки) использовались ряды индексов ширины годичных колец лиственницы сибирской, ели сибирской и сосны обыкновенной, полученные С. Г. Шиятовым по модельным деревьям с Полярного, Приполярного, Северного и Южного Урала. Всего было использовано 30 дендрохронологических рядов по отдельным типам условий местообитания и 7 рядов обобщенных. Последние были получены путем объединения моделей одной древесной породы с разных типов условий местообитания. Для построения этих рядов было использовано 448 живых модельных деревьев (от 4 до 23 шт. на один ряд) и 87407 годичных колец. Расчет индексов прироста проводился по методике, предложенной Шиятовым [2]. Протяженность полученных рядов колебалась от 198 до 505 лет. Краткая их характеристика приведена в табл. 1.

## Краткая характеристика дендрохронологических рядов

№ ряда	Район сбора образцов древесины	Вид древесного растения	Тип условий местообитания	Высота над уровнем моря, м	Количество моделей, шт.	Количество годовичных колец, шт.	Протяженность ряда		Коэффициент чувствительности
							годы	число лет	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Восточный склон Полярного Урала, бассейн р. Соби (66°45'—66°55' с. ш., 65°15'—66°05' в. д.), Тюменская область	Лиственница	ВГЛ, проточно и обильно увлажненные	150—300	21	4901	1541—1968	428	0,39
2			ВГЛ, заболоченные		8	1548	1694—1939	376	0,42
3			ВГЛ, сухие		9	1683	1648—1964	317	0,32
4			ВГЛ, свежие		10	2120	1648—1964	317	0,37
1—4			ВГЛ, все типы		48	10252	1541—1969	429	0,37
5		Ель	ВГЛ, проточно и обильно увлажненные		11	2089	1637—1969	333	0,29
6	Восточный склон Приполярного Урала, г. Неройка (64°30'—64°55' с. ш., 59°40'—60°15' в. д.), Тюменская область	Лиственница	ВГЛ, свежие	550—700	14	3157	1673—1970	298	0,43
7			ВГЛ, сухие		18	3474	1683—1970	288	0,37
8			ВГЛ, обильно и проточно увлажненные		20	3790	1691—1969	279	0,39
6—8			ВГЛ, все типы		52	10421	1673—1970	298	0,38
9		Ель	ВГЛ, обильно и проточно увлажненные		12	1599	1681—1969	289	0,29
10			ВГЛ, свежие		4	789	1710—1969	260	0,36

9—10										
11	Северный Урал, Косвинский Камень и Тылайско-Конжаковско-Серебрянский массив (59°30'—59°40' с.ш., 59°00'—59°20' в. д.), Свердловская область	Лиственница	ВГЛ, все типы ВГЛ, обильно и точно увлажненные	800—950	16 25	2388 5069	1681—1969 1590—1969	289 380	0,39 0,35	
12			ВГЛ, свежие		23	3975	1598—1969	372	0,29	
13			ВГЛ, сухие		22	4025	1599—1969	371	0,33	
11—13			ВГЛ, все типы		70	13069	1590—1966	380	0,33	
14		Ель	ВГЛ, свежие		23	4106	1676—1969	294	0,21	
15			ВГЛ, обильно и точно увлажненные		20	2580	1769—1969	201	0,23	
16			ВГЛ, сухие		19	2389	1772—1969	198	0,27	
14—16			ВГЛ, все типы		62	9075	1676—1969	294	0,22	
17		Сосна	Вблизи ВГЛ, свежие	680—700	11	2824	1557—1969	413	0,24	
18	Южный Урал, хребет Таганай (55°13'—55°24' с.ш., 59°40'—60°00' в.д.), Челябинская область	Ель	ВГЛ, сухие	900—1100	16	2475	1735—1970	236	0,22	
19			ВГЛ, обильно и точно увлажненные		14	2002	1750—1970	221	0,27	
20			ВГЛ, свежие		15	2390	1764—1970	207	0,29	
18—20			ВГЛ, все типы		45	6867	1735—1970	236	0,22	
21			Долинные курумы	600—650	10	2899	1564—1970	407	0,20	
22			" "		19	6996	1488—1970	483	0,20	
23		Сосна	Вблизи ВГЛ, сухие	800—850	18	2503	1731—1970	240	0,20	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
24	Южный Урал, г. Иремель (54°30' — 54°35' с. ш., 58°45' — 58°55' в. д.), Баш- кирская АССР	Ель	ВГЛ, сухие	1150 — 1300	5	923	1699—1973	275	0,21
25			ВГЛ, обильно и про- точно увлажненные		14	2123	1709—1972	264	0,20
26			ВГЛ, свежие		15	2544	1720—1972	253	0,24
24—26			ВГЛ, все типы		34	5590	1699—1973	275	0,18
27			Долинные курумы	900—1000	11	2473	1648—1973	326	0,23
28		Лиственни- ца			8	1503	1670—1973	304	0,25
29			ВГЛ, обильно и про- точно увлажненные	1000—1100	11	1549	1770—1972	203	0,31
30		Сосна	Долинные курумы	900—1000	22	6909	1469—1973	505	0,18

Примечание. ВГЛ — верхняя граница леса.

Модельные деревья для анализа ширины годичных колец брались в следующих типах условий местообитания: сухих, свежих, обильно и проточно увлажненных, заболоченных и долинных курумах.

Сухие местообитания приурочены к вершинам повышений и отрогов, а также к перегибам рельефа. Почвы мелкие, щелнистые, их увлажнение происходит в основном за счет атмосферных осадков. В засушливые периоды растения могут испытывать недостаток почвенной влаги. На таких местообитаниях произрастают лишайниково-моховые и кустарничковые редколесья и криволесья.

Свежие местообитания занимают склоны средней крутизны (10—20°). Весной и во время обильных дождей грунты бывают переувлажнены, так как здесь проходит поверхностный и внутрипочвенный сток воды с вышерасположенных участков. Почвы сравнительно богатые, подзолистого типа. Растения не испытывают недостатка в почвенной влаге. Здесь произрастают зеленомошные редколесья и криволесья.

Обильно и проточно увлажненные местообитания приурочены к берегам ручьев и долинам стока. Они характеризуются наиболее богатыми аллювиальными и дерново-луговыми почвами, обильным и проточным увлажнением грунтов в течение большей части периода вегетации. На таких местообитаниях произрастают разнотравные парковые леса и редколесья, иногда березовые криволесья.

Заболоченные местообитания вблизи верхней границы леса встречаются на пологих склонах и террасах и в основном на Полярном Урале. Увлажнение грунтов избыточное и застойное. Они заняты осоково-гипновыми болотами, на которых растут одиночные лиственницы и ели.

Долинные курумы, состоящие из хаотического нагромождения голых каменных россыпей, характерны только для гор Южного Урала, которые сложены кварцитами и кварцитовидными песчаниками. В отличие от склоновых курумов, которые приурочены к наиболее крутым склонам, долинные курумы занимают пологие ложбины стока. Стекающая с вышерасположенных участков гор вода не может пробить себе русло среди плаща каменных россыпей и в то же время препятствует формированию здесь почвенного покрова. По периферии долинных курумов произрастают одиночные или в виде небольших куртин очень угнетенные сосны, ели, а иногда и лиственницы. Медленный рост деревьев в таких местообитаниях связан с недостаточным минеральным питанием и резкими колебаниями влажности фрагментарных участков почвы и мелкозема. Для нас растущие здесь деревья представляют значительный интерес в связи с тем, что они достигают большого возраста (до 400—600 лет). Долинные курумы расположены обычно на 100—300 м ниже по склону, чем верхняя граница леса.

Прежде чем выявлять связи между приростом деревьев и климатическими факторами, необходимо рассмотреть наличие сход-



ства между рядами, полученными для разных районов, типов условий местообитания и видов древесных растений. Для оценки степени сходства использовались два показателя — коэффициент синхронности и коэффициент корреляции. Первый показатель вычисляется путем деления количества одинаково направленных годовичных отрезков кривой на количество противоположно направленных. При этом использовалось максимально возможное перекрытие между двумя рассматриваемыми рядами. Степень синхронности оценивалась следующим образом: до 60% — синхронность отсутствует, с 61 до 70% — слабая, с 71 до 80% — хорошая, с 81 до 90% — высокая, с 91 до 100% — очень высокая. На Полярном Урале высокая и очень высокая синхронность наблюдается между рядами лиственницы (81—95%), а между обобщенными рядами лиственницы (№ 1—4) и рядом ели (№ 5) — синхронность хорошая (72%). Примерно такие же показатели синхронности характерны и для рядов прироста деревьев в районе Приполярного Урала (69—92%). Синхронность несколько снижается на Северном Урале (хорошая и высокая), на Южном Урале она самая низкая. Так, на хребте Таганай синхронность между рядами ели, растущей на высоте верхней границы леса, колеблется от 69 до 88%, в то время как между рядами сосны и ели — слабая или совсем отсутствует. Такая же картина и на г. Ирмель. В одном случае (ряды 28 и 30) коэффициент синхронности составил всего 36%, т. е. ряды сосны и лиственницы в одинаковых условиях местообитания (долинные курумы) показали почти противоположный ход в колебаниях индексов прироста.

Сопоставление обобщенных рядов для различных районов Урала показало, что по мере удаления районов друг от друга синхронность между их рядами уменьшается. Хорошая синхронность (71—72%) наблюдается только между рядами, полученными с Полярного и Приполярного Урала. Ряды Приполярного Урала имеют слабую синхронность с рядами Северного Урала (61—65%), а ряды Северного Урала с рядами Южного Урала (62—64%). Отсутствует синхронность между рядами Южного Урала, с одной стороны, и рядами Приполярного и Полярного Урала, с другой стороны.

В табл. 2 приведены значения коэффициентов корреляции между дендрохронологическими рядами для различных районов Урала. Обращает на себя внимание наличие высокой связи между рядами лиственницы в различных условиях местообитания. Наиболее тесные связи (0,80—0,96) отмечены на Полярном, Приполярном и Северном Урале. Но и на Южном Урале ряды лиственницы (№ 28 и № 29) имеют также довольно высокий коэффициент корреляции (0,80). Связь между рядами ели менее тесная (0,65—0,83), а на г. Ирмель даже слабая (0,19—0,52).

Интересной особенностью рассматриваемых связей является наличие слабой корреляции между рядами лиственницы и ели: на Полярном и Приполярном Урале коэффициенты корреляции колеблются от 0,38 до 0,54, на Северном Урале — от 0,12 до 0,33, на

## Коэффициент корреляции между дендрохронологическими рядами

№ ряда	Полярный Урал, 1886—1957 гг.					
	лиственница					ель
	1	2	3	4	1—4	5
1	1,00	0,88±0,03	0,85±0,04	0,84±0,04	0,98±0,01	0,47±0,09
2		1,00	0,81±0,04	0,80±0,04	0,90±0,02	0,54±0,08
3			1,00	0,93±0,02	0,88±0,03	0,45±0,09
4				1,00	0,89±0,03	0,44±0,09
1—4					1,00	0,46±0,09
5						1,00

№ ряда	Приполярный Урал, 1886—1969 гг.						
	лиственница				ель		
	6	7	8	6—8	9	10	9—10
6	1,00	0,90±0,02	0,84±0,03	0,95±0,01	0,43±0,09	0,34±0,10	0,44±0,09
7		1,00	0,86±0,03	0,96±0,01	0,46±0,09	0,43±0,09	0,49±0,08
8			1,00	0,96±0,01	0,38±0,10	0,41±0,09	0,43±0,09
6—8				1,00	0,44±0,09	0,42±0,09	0,48±0,08
9					1,00	0,65±0,06	0,97±0,01
10						1,00	0,76±0,04
9—10							1,00

№ ряда	Северный Урал, 1838—1969 гг.					
	лиственница			ель		
	12	13	11—13	14	15	14—16
12	1,00	0,86±0,03	0,96±0,01	0,32±0,08	0,20±0,09	0,23±0,09
13		1,00	0,93±0,01	0,33±0,08	0,17±0,09	0,30±0,08
11—13			1,00	0,26±0,08	0,12±0,10	0,26±0,08
14				1,00	0,82±0,03	0,94±0,01
15					1,00	0,87±0,03
14—16						1,00

Южном Урале (г. Ирмель) — от 0,09 до 0,19. Это свидетельствует о том, что на колебания прироста этих древесных растений оказывают влияние различные климатические факторы, особенно на Южном Урале.

В условиях равнинной лесотундры (низовье р. Таза), как показано в [1, 2], коэффициенты корреляции между индексами прироста

ста ели и лиственницы достигают значительных величин (0,60—0,69), т. е. в тех условиях один и тот же климатический фактор определяет прирост этих древесных растений.

Коэффициенты корреляции между сглаженными по 5-летиям значениями индексов прироста в различных районах Урала показывают, что между рядами лиственницы связь достаточно тесная, в то время как между рядами ели она слабая или отсутствует совсем. Об этом свидетельствуют и графики изменения прироста лиственницы и ели (рис. 2а, б), полученные путем осреднения значений индексов прироста по 50-летним скользящим интервалам. В рядах лиственницы (рис. 2а) хорошо выделяется длительный (сверхвековой) цикл, который прослеживается по всему уральскому профилю. Последний минимум этого цикла был очень глубоким и пришелся на вторую и третью четверти XIX в.: глубина этого минимума уменьшается по мере движения с севера на юг. Это свидетельствует о единстве и крупномасштабности воздействия климатических факторов на прирост лиственницы, которое может быть обусловлено меридиональным типом атмосферной циркуляции, когда холодный арктический воздух беспрепятственно проникает вдоль Уральских гор далеко на юг.

Сходство в реакции ели на такие вторжения воздуха ограничивается лишь районами Полярного и Приполярного Урала (рис. 2б), далее к югу синхронность проявления сверхвекового цикла исчезает.

Количественный анализ дендрохронологических рядов при помощи фильтрации скользящим осреднением, автокорреляционных функций и спектрального анализа показал наличие циклов довольно широкого диапазона длительности и амплитуды. Для получения более полной информации очень длительные ряды разбивались на 2—3 отрезка. Во многих случаях расчеты производились и для всего ряда в целом.

На Полярном и Приполярном Урале в высокочастотном диапазоне наиболее часто проявляется цикл длительностью 16—22 года с амплитудой, достигающей, например, у лиственницы 25—30%. В области низких частот выделяются колебания длительностью 100—130, 160—180 и 200—260 лет, амплитуда их 10—15%. Высокая амплитуда (до 35%) характерна для векового и полuveкового циклов, особенно у рядов лиственницы, произрастающей в сухих и заболоченных местах. Цикл длительностью 250—260 лет четко выделяется после сглаживания индексов прироста лиственницы при помощи 50-летних интервалов (рис. 2а, б).

На Северном Урале длительность циклов остается примерно такой же, как на Приполярном и Полярном Урале, но амплитуда колебаний снижается и обычно не превышает 10%. Класс надежности определения циклов невысок (II или III). В рядах ели амплитуда циклов почти такая, как и на Полярном Урале (не выше 20%).

На Южном Урале (хр. Таганай) в колебаниях индексов прироста ели заметен сдвиг в сторону высокочастотной части спектра:

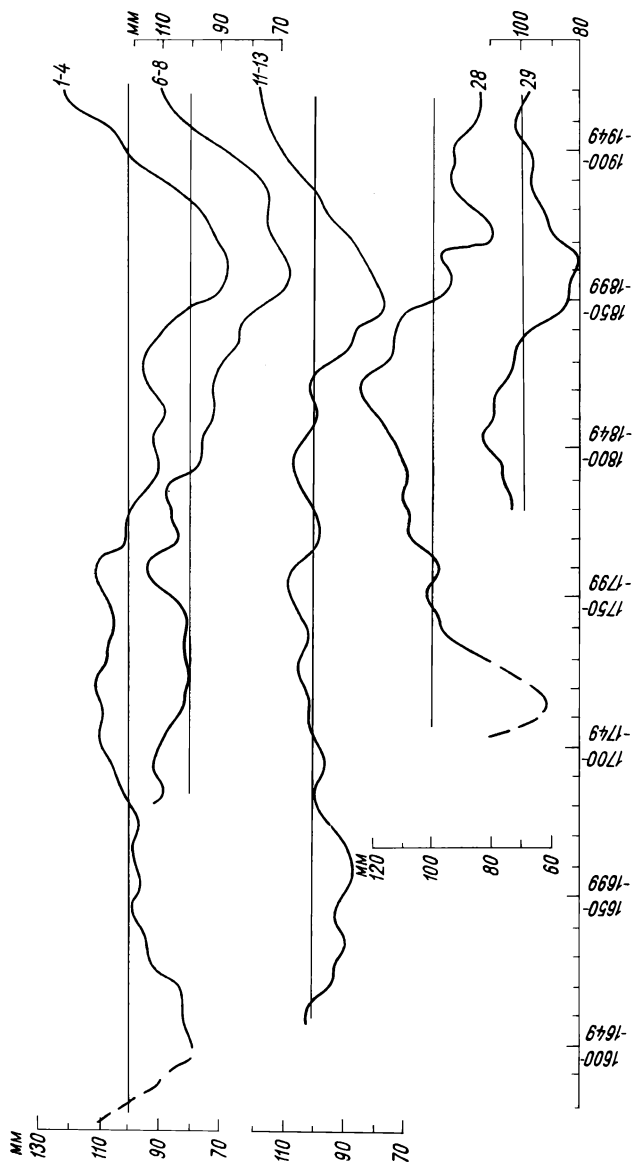


Рис. 2а. Скользящие 50-летние средние значения индексов ширины годовых колец лиственницы в различных районах Урала. Кривые обозначены в соответствии с табл. 1.

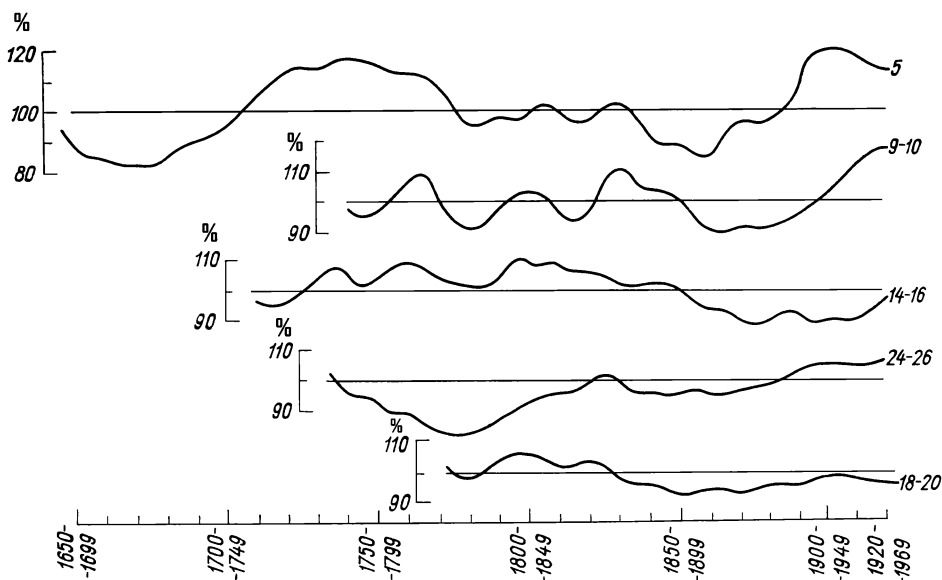


Рис. 26. Скользящие 50-летние средние значения индексов ширины годовичных колец ели в различных районах Урала. Кривые обозначены в соответствии с табл. I.

10—14, 20—24, 40—50, 80—90 лет. Амплитуда коротких циклов достигает 25—30%. В рядах ели с г. Ирмель преобладают циклы 20—24 года и 25—30 лет, а также 200—220 лет, но с незначительной амплитудой. В условиях долинных курумов у ели и сосны выделен цикл длительностью 300—350 лет.

Довольно хорошим косвенным показателем, по которому можно судить о реакции деревьев на изменение климатических факторов, является коэффициент чувствительности, характеризующий изменчивость величины прироста от года к году [4]. Ряд считается чувствительным, если коэффициент чувствительности выше 0,30. Значения этих коэффициентов для отдельных рядов, приведенные в табл. 1, показывают, что почти все ряды лиственницы имеют высокую чувствительность (до 0,43), в то время как ряды ели и сосны малочувствительны (0,18—0,29). Лишь один ряд ели (№ 10) с Приполярного Урала имеет высокий коэффициент чувствительности (0,36). Чувствительность рядов заметно падает с севера на юг как у лиственницы, так и у ели и сосны. Это говорит о том, что в северной части Уральского хребта деревья более четко реагируют на изменение климатических условий, чем на Южном Урале.

Для выявления дендроклиматических связей использовались данные ближайших к районам сбора образцов древесины метеостанций, располагающих длительными рядами наблюдений: Салехард (Полярный Урал), Березово (Приполярный Урал), Карпинск

(Северный Урал) и Златоуст (Южный Урал). Как видно из приведенного списка, лишь одна метеостанция (Златоуст) расположена близко к району исследований (хр. Таганай). Остальные метеостанции находятся вне пределов Уральского хребта, на удалении от 60 до 250 км от места сбора образцов древесины. Это, естественно, усложняет выявление фактических связей между приростом деревьев, произрастающих на верхней границе леса, и климатическими факторами. Однако другого выхода нет, так как существующие в высокогорной части Урала метеостанции (Рай-Из, Неройка) имеют короткие ряды наблюдений, недостаточные для установления надежных статистических связей.

Поскольку более или менее общепризнано, что на радиальный прирост деревьев на верхней границе леса в первую очередь влияют термические условия вегетационного периода, то сначала были вычислены коэффициенты корреляции между несглаженными индексами прироста и средними температурами летних месяцев (июня—августа). Как видно из табл. 2, на Полярном Урале связь прироста лиственницы с температурой лета достаточно тесная, особенно на обильно и проточно увлажненных и заболоченных местообитаниях (0,60 и 0,62 соответственно). При осреднении индексов прироста и температуры по 5-летиям коэффициент корреляции значительно увеличивается (до 0,84). Правда, число коррелируемых пар при этом сократилось до 18, но реальность связи не подлежит сомнению, так как отношение величины коэффициента к его вероятностному отклонению более чем в два раза превышает допустимый предел.

Уравнение регрессии для корреляционной связи между приростом лиственницы (все типы местообитаний) и температурой лета на Полярном Урале имеет следующий вид:

$$t = 0,017l + 9,4,$$

где  $t$  — средняя 5-летняя температура лета (июнь — август),  $l$  — средние 5-летние значения индексов прироста лиственницы.

Реконструированный по этому уравнению ряд средней температуры лета в районе Салехарда и Полярном Урале за последние 350 лет представлен на рис. 3. Как видно из этого рисунка, совпадение хода фактической и реконструированной температуры вполне удовлетворительное. Анализируя восстановленную кривую многолетнего хода температуры вегетационного периода, можно отметить три глубоких и длительных периода похолодания: в первой половине XVII в., начале XIX в., в конце XIX в. С 80-х годов XIX в. температура повышалась вплоть до 1960—1964 гг., после чего она начала резко снижаться и в 1970—1974 гг. почти достигла уровня конца прошлого столетия. Наиболее длительный период с преобладанием повышенного уровня температуры летних месяцев наблюдался с 1700 по 1800 г. (около 100 лет). Таким образом, циклические колебания температуры вегетационного периода в текущем столетии и похолодание последнего десятилетия не выходят за рамки ранее происходивших колебаний и нет основа-

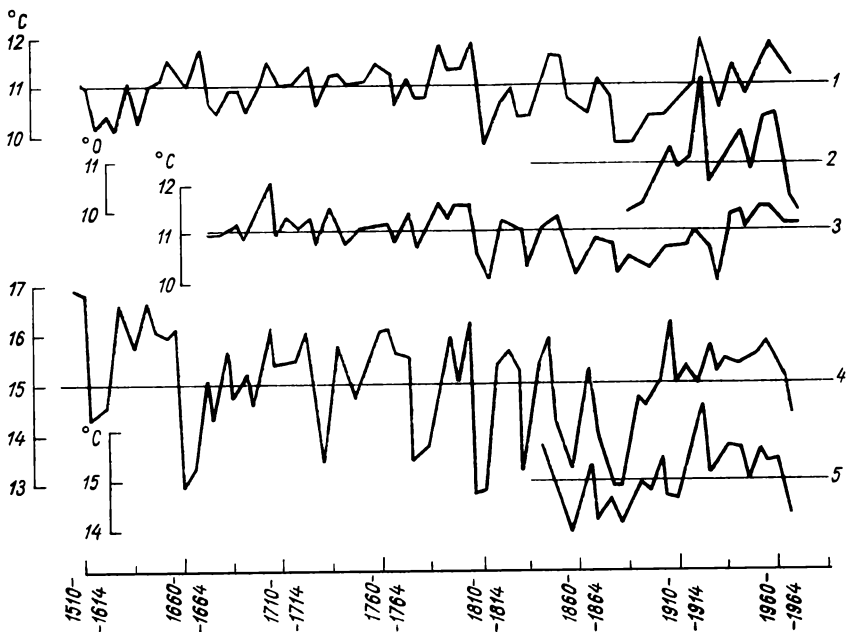


Рис. 3. Средние 5-летние величины температуры вегетационного периода, восстановленные по индексам прироста лиственницы.

1 — Полярный Урал, 2 — Приполярный Урал, 3 — Салехард (наблюдаемые величины), 4 — Северный Урал, 5 — Карпинск (наблюдаемые величины).

ний рассматривать их как нечто исключительное и связывать с антропогенными воздействиями. Данные дендрохронологического анализа свидетельствуют также о том, что так называемый малый ледниковый период (1500—1850 гг.) на Полярном Урале не проявился в температуре вегетационного периода.

На Полярном Урале был получен только один ряд ели с обильно и проточно увлажненных местообитаний. Связь индексов прироста ели с температурой летнего периода оказалась невысокой (0,31). В случае осреднения значений по 5-летиям связь также возрастает (0,53), но не достигает таких значений, как у рядов лиственницы.

Связь между приростом лиственницы на Приполярном Урале с температурой летних месяцев оказалась более слабой; более того, связь с температурой в Березове оказалась несколько ниже, чем с температурой Салехарда, хотя последняя метеостанция удалена от района сбора образцов на 500 км, а первая — на 250 км. По-видимому, это связано с большей континентальностью климата Березова, расположенного в континентальной западно-сибирской области, в то время как Салехард и район взятия образцов древесины — на верхней границе леса в области атлантико-аркти-

ческого влияния. Ряды ели Приполярного Урала имеют большую связь с температурой Березова, чем с температурой Салехарда.

Сглаженные по 5-летиям величины индексов прироста лиственницы на Приполярном Урале и температуры летних месяцев в Салехарде показали достаточно высокую связь (0,75), которая позволила составить следующее уравнение регрессии:

$$t = 0,015l + 9,7.$$

Естественно, что многолетние колебания температуры летних месяцев, восстановленные по этому уравнению (рис. 3, 2), в общем сходны с колебаниями, полученными для Полярного Урала (рис. 3, 1), и свидетельствуют о крупномасштабности атмосферных процессов, оказывающих влияние на приrost лиственницы.

На Северном Урале связь между осредненными по 5-летиям значениями индексов прироста лиственницы и температурой лета в Карпинске еще достаточно высокая (0,54), особенно для сухих местообитаний (0,71). Уравнение регрессии имеет вид

$$t = 0,04l + 11,2.$$

Восстановленная температура летних месяцев (рис. 3, 4) отражает в основном те же крупномасштабные колебания климата, которые наблюдались на Полярном и Приполярном Урале, но с большей амплитудой.

Что касается ели, то уже на этой широте не обнаруживается практически никакой связи индексов прироста с термическими факторами. Отсутствует связь и с такими показателями, как осадки за гидрологический год, осадки за теплый период, гидротермический коэффициент Селянинова за летний период. Это же справедливо и для рядов ели, полученных на Южном Урале.

Ряды лиственницы в условиях Южного Урала имеют слабые положительные связи с термическими факторами, слабые отрицательные связи с гидротермическим коэффициентом Селянинова, связь с осадками за гидрологический год отсутствует совсем. Все попытки найти такие климатические характеристики, которые более или менее тесно были связаны с индексами прироста лиственницы и ели на Южном Урале, не увенчались успехом. Это, видимо, связано с тем, что в этом районе не проявляется действие одного лимитирующего фактора. На приrost деревьев оказывает влияние сложный комплекс факторов, о чем свидетельствуют слабые синхронность и связь между дендрохронологическими рядами (см. табл. 2). Этот вопрос требует дальнейшей, более углубленной разработки.

Связь прироста сосны с изученными климатическими характеристиками на Южном Урале также слабая. Так, для осредненных по 5-летиям значений связь индексов прироста с температурой лета не превышает 0,47. Таким образом, надежные дендроклиматические связи выявлены для индексов радиального прироста лиственницы, обитающей на верхней границе леса на Полярном, Приполярном и Северном Урале. Использование этих связей для



восстановления временного хода средней температуры вегетационного периода в этих районах дало возможность установить, что циклические колебания в ходе летней температуры текущего столетия наблюдались и в предыдущие три века, что современный тренд скорее является восходящей ветвью сверхвековых циклов (160, 250 лет), чем результатом антропогенных воздействий.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Полозова Л. Г., Шиятов С. Г. Влияние термического режима на радиальный прирост деревьев в различных условиях их местообитания. — Экология, 1975, № 6, с. 30—35.
2. Шиятов С. Г. Дендрохронологическое изучение ели сибирской в низовье реки Таза. В кн.: Дендроклиматохронология и радиоуглерод. (Материалы Второго всесоюзного совещания по дендрохронологии и дендроклиматологии, Каунас, 25—27 сентября 1972 г.). Каунас, 1972, с. 76—81.
3. Fritts H. C. Tree rings and climate. Academic Press, London, 1976. 567 p.
4. Schulman E. Dendroclimatic changes in semiarid America. University of Arizona Press, Tucson, Arizona, 1956.