

АКАДЕМИЯ НАУК СССР  
ИНСТИТУТ ЭВОЛЮЦИОННОЙ МОРФОЛОГИИ  
И ЭКОЛОГИИ ЖИВОТНЫХ ИМЕНИ А. Н. СЕВЕРЦОВА  
НАУЧНЫЙ СОВЕТ ПО ПРОБЛЕМАМ БИОСФЕРЫ

# ИСТОРИЯ БИОГЕОЦЕНОЗОВ СССР В ГОЛОЦЕНЕ



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

Москва 1976

История биогеоценозов СССР в голоцене. М., "Наука", 1976 г.

В сборнике рассматриваются общие вопросы эволюции современных экосистем и их компонентов в голоцене, важнейшие процессы исторического развития соновных биогеоценологических формаций, истории растительного покрова и населения животных мало изученных в этом отношении районов страны.

Табл. II, илл. 46, библи. 483 наз.

Ответственный редактор

Л.Г.Динесман

Редакционная коллегия: Н.К.Верещагин, П.Б.Виппер, И.М.Громов, Н.К.Киселева (секретарь), К.К.Флеров

ВЕКОВЫЕ КОЛЕБАНИЯ КЛИМАТА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ГОДИЧНОГО  
ПРИРОСТА ДЕРЕВЬЕВ ВДОЛЬ ПОЛЯРНОЙ ГРАНИЦЫ ЛЕСА

Л.Г.Полозова, С.Г.Шиятов

Главная геофизическая обсерватория им. А.И.Воейкова -  
Институт экологии растений и животных УНЦ АН СССР

Изучение вековых и более длительных колебаний климата в настоящее время сдерживается недостаточной протяженностью рядов метеорологических наблюдений. Поэтому несомненный интерес представляет использование данных, полученных косвенными методами. Одним из наиболее перспективных является дендрохронологический метод, основанный на изучении климатически обусловленных колебаний годовичного прироста древесных растений.

Деревья, произрастающие на полярной границе леса, в своих кольцах прироста содержат записи изменений климата за многие сотни лет. Величина годовичного прироста у этих деревьев в основном зависит от термического режима летнего периода (Erlandsson, 1936; Giddings, 1943; Mikola, 1962). Положительная корреляция найдена между показателями годовичного прироста древесины и средней температурой воздуха всех летних месяцев, но наиболее высокая связь между ними наблюдается в июле (коэффициент корреляции достигает 0,7-0,8). Достаточно высокие корреляции получены и с такими показателями, как средняя максимальная температура воздуха и сумма активных температур. Именно эти климатические характеристики

наиболее важны для понимания процессов, происходящих в биогеоценозах Крайнего Севера, особенно при изучении их динамики.

Задача настоящей работы - выявление вековых колебаний в дендрохронологических рядах, полученных на профиле, простирающемся вдоль полярной границы леса от низовьев р.Печоры до нижнего течения р.Таз. При этом нас особенно интересовало, как в пределах этого профиля, протяженностью 1300 км, изменяются характеристики векового цикла во времени и пространстве. Конечной целью исследования являлось установление границ районов, сходных по дендроклиматологическим связям и характеру проявления векового цикла.

Сбор образцов древесины для построения дендрохронологических рядов производился в шести районах (табл. I). Годичные кольца изучались у ели сибирской (*Picea obovata*) и лиственницы сибирской (*Larix sibirica*) - наиболее распространенных и долгоживущих древесных пород на исследованной территории. Величиной прироста эти деревья четко реагируют на изменение климатических условий. Образцы ели были взяты во всех точках профиля, лиственницы - только в пределах его зауральской части. Дендрохронологические ряды строились для различных типов условий местообитания (сухих, свежих, проточно и обильно увлажненных, застойно и избыточно увлажненных). Всего получено 27 рядов. Кроме того, для районов, охарактеризованных несколькими рядами по одной древесной породе, вычислены обобщенные ряды. Вычисление индексов прироста проводилось по методике С.Г.Шнятова (1972).

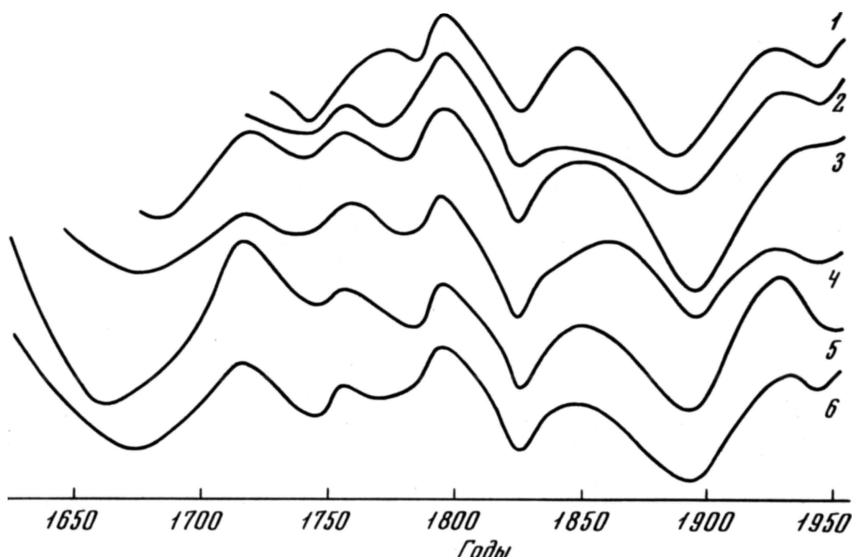
Дендрохронологические ряды строились в основном по результатам изучения годичных колец у ныне живущих старых деревьев, возраст которых достигал 300-430 лет. Лишь в районе р.Таз использовалась и погребенная древесина, извлеченная при археологических раскопках на территории г.Мангазея. Это позволило увеличить протяженность рядов более чем в два раза по сравнению с другими районами (табл. I). Длина полученных рядов колебалась от 140 до 867 лет. Для их построения было измерено и обработано 97 183 годичных колец у 524 модельных деревьев. В табл. I приведена характеристика 7 обобщенных и 3 не подвергнутых осреднению рядов, которые использованы в этой работе.

Выявление вековых циклов производилось методами скользящего осреднения и автокорреляционных функций. При осреднении наиболее подходящим оказалось 30-летнее сглаживание. Для сокращения вычислительных операций был принят шаг, равный 10 годам. Мелкие флуктуации, не относящиеся к вековому циклу, исключались при помощи дополнительного сглаживания вручную. Методика анализа автокорреляционных функций и их интеграла опубликована в работе О.А.Дроздова и А.С.Григорьевой (1971).

## Т а б л и ц а I

## Краткая характеристика дендрохронологических рядов

Номер ряда- дов	Район сбора образ- цов древесины	Рас- те- ние	Тип ус- ловий место- обита- ния	Чис- ло мо- де- лей, шт.	Число изучен- ных го- дичных колец, шт.	Протяженность ряда	
						годы	лет
1.	Низовья р.Печоры южная граница зоны лесотундры, 67°13' с.ш.	Ель	Все типы	85	II 312	1707-1968	262
2.	Верховья р.Усы, се- верная граница зоны лесотундры, 67°05' с.ш.	Ель	Все типы	46	5595	1723-1968	246
3.	Низовья р.Оби, юж- ная часть зоны ле- сотундры, 66°33' с.ш.	Ель	Все типы	25	5313	1650-1973	324
4.	Низовья р.Оби, юж- ная часть зоны ле- сотундры 66°33' с.ш.	Лист-Все вен- ница	Все типы	44	10 665	1609-1973	365
5.	П-ов Ямал, северная граница зоны лесо- тундры, 67°08' с.ш.	Ель	Све- жие	5	1296	1630-1964	335
6.	П-ов Ямал, северная граница зоны лесо- тундры 67°08' с.ш.	Лист- вен- ница	Все типы	21	4386	1535-1964	430
7.	Низовья р.Пур, се- верная граница зо- ны лесотундры 67°08' с.ш.	Лист- вен- ница	Прото- чно и обиль- но ув- лажнен- ные	5	1070	1631-1968	338
8.	Низовья р.Пур, се- верная граница зо- ны лесотундры 67°08' с.ш.	Ель	Прото- чно и обильно увлаж- ненные	3	945	1652-1968	317
9.	Нижнее течение р. Таз, южная граница зоны лесотундры, 66°38' с.ш.	Ель	Все типы	135	25 445	1245-1969	725
10.	Нижнее течение р. Таз, южная грани- ца зоны лесотунд- ры, 66°38' с.ш.	Лист- вен- ница	Все типы	155	31 156	1103-1969	867
Итого		-	-	524	97 183	-	-

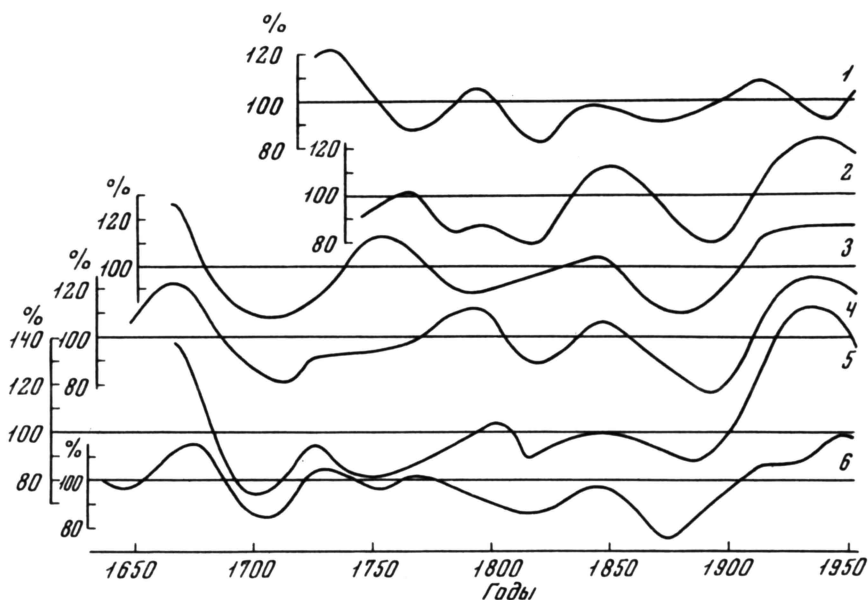


Р и с . 1. Вековой цикл в рядах по лиственнице, произрастающей в различных типах условий местообитания (1 - застойно и избыточно увлажненные; 2, 5 - свежие; 3 - сухие; 4 - проточно и обильно увлажненные, 6 - все типы). Низовье р. Оби

Анализ графиков, полученных при помощи скользящего осреднения, показал, что в пределах одного района и у одной древесной породы в различных типах условий местообитания наблюдается хорошо выраженная синхронность в проявлении векового цикла. Это видно при сравнении вековых колебаний индексов прироста лиственницы в низовьях р.Оби (рис.1). Такое же сходство характерно и для других районов профиля. Поэтому для установления характеристик векового цикла мы использовали в основном обобщенные ряды. Лишь для районов, по которым из-за недостатка материала не были получены обобщенные ряды (Ямал, Пур), они анализировались по отдельным типам условий местообитания.

Результаты скользящего осреднения дендрохронологических рядов по ели и лиственнице графически представлены на рис.2 и 4, а основные характеристики векового цикла, снятые с этих графиков, приведены в табл.2.

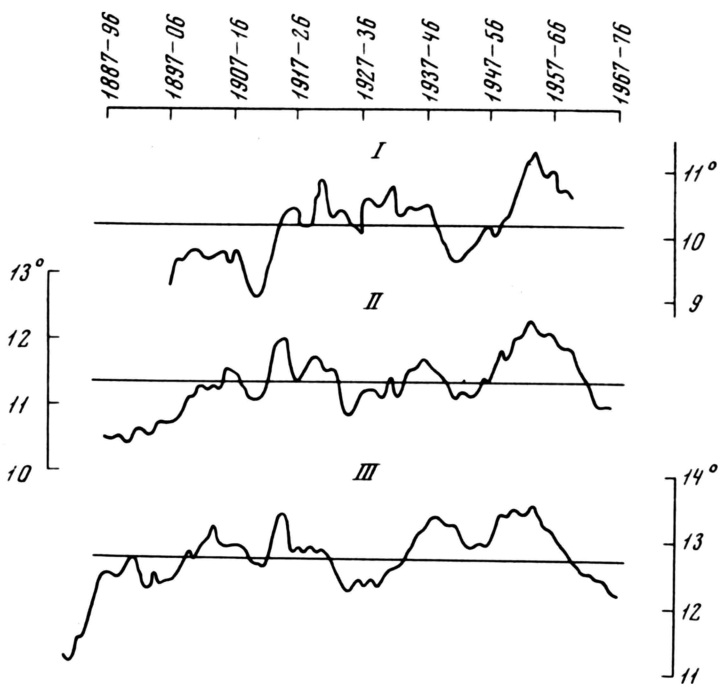
Сначала рассмотрим вековой цикл у ели (рис.2). Можно отметить, что на всем протяжении профиля имеется много общего в ходе проявления этого цикла. Так, почти у всех рядов синхронны минимумы в начале XVIII, XIX и конце XIX столетий и максимумы в конце XVII, се-



Р и с . 2. Вековой цикл в рядах по ели в различных районах (1 - р. Печора, все типы местообитания; 2 - р. Уса, все типы; 3 - р. Обь, все типы; 4 - п-ов Ямал, свежие; 5 - р. Пур, прочно и обильно увлажненные; 6 - р. Таз, все типы)

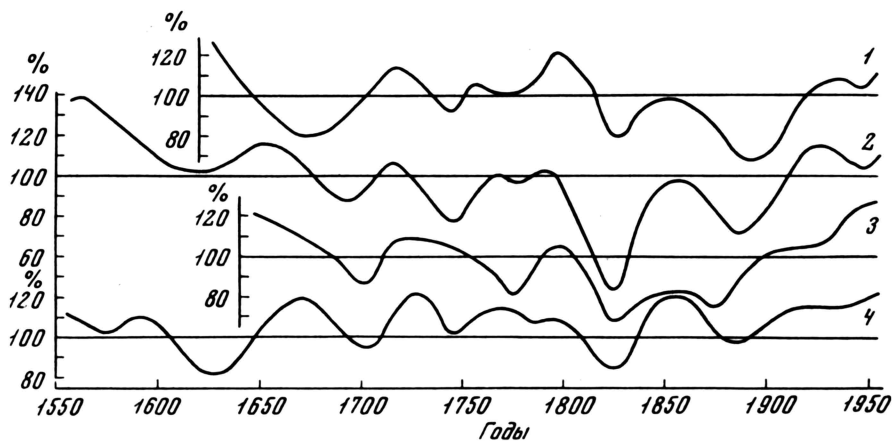
редине XIX и начале XX столетий. Однако есть и различия. Например, в низовье р.Печоры некоторые максимумы и минимумы векового цикла не согласуются с другими районами. Особенно бросается в глаза сильное снижение прироста ели в 40-х годах текущего столетия, не отмеченное в пределах остальной части профиля. Это, несомненно, связано с различиями климатических условий западной и восточной частей профиля, что видно из рис.3.

Визуальное сопоставление хода векового цикла у рядов ели показало, что наибольшее сходство наблюдается между рядами, полученными для верховьев, р.Усы и низовьев р. Оби, с одной стороны, и для п-ова Ямал, низовьев рек Пур и Таз - с другой. Из данных табл.2 видно, что у ели в пределах профиля происходит изменение характеристик векового цикла. В западной части профиля (р.Печора) длительность векового цикла составляет 60-62 года, а амплитуда - 19%. Наибольшую длину (80-92 года) и амплитуду (34-36%) цикл имеет в средней части профиля (верховья р.Усы, низовья р.Оби, п-ов Ямал). По мере движения дальше на восток снова сокращаются и длина, и амплитуда цикла (соответственно, до 55-70 лет и 17-30%).



Р и с . 3. Колебание средней температуры воздуха летнего сезона (июнь - август), сглаженной по скользящим десятилетиям

I - Нарьян-Мар; II - Салехард; III - Туруханск



Р и с . 4. Вековой цикл в рядах по лиственнице в различных районах (I - р. Обь, все типы местообитания; 2 - п-ов Ямал, все типы; 3 - р. Пур, проточно и обильно увлажненные; 4 - р. Таз, все типы)



Т а б л и ц а 2

Средние длительность и амплитуда векового цикла у еловых и лиственничных рядов, полученных при помощи скользящего осреднения

Район сбора образцов древесины	Ель			Лиственница		
	Длительность, годы		Амплитуда, %	Длительность, годы		Амплитуда, %
	по минимумам	по максимумам		по минимумам	по максимумам	
Низовья р.Печоры	60	62	19	-	-	-
Верховья р.Усы	80	85	36	-	-	-
Низовье р. Оби	87	87	34	67	73	25
П-ов Ямал	92	90	34	66	73	31
Низовья р.Пур	63	70	30	56	63	21
Нижнее течение р.Таз	57	55	17	59	66	19

У рядов по лиственнице вековой цикл проявляется более синхронно (рис.4). Некоторые отклонения заметны лишь для низовьев р.Пур, что, возможно, связано с недостаточным количеством модельных деревьев (5 шт.), взятых к тому же в одном типе местообитания. Изменение длины цикла при движении от центральной части профиля к востоку прослеживается и у лиственничных рядов. В восточной части профиля вековой цикл более короток (56-63 года) и имеет меньшую амплитуду (19-21%) по сравнению с центральной частью (соответственно, 66-73 года и 25-31%).

Сопоставление характеристик векового цикла у разных древесных пород в пределах одного района свидетельствует о том, что еловые ряды имеют несколько большую длину и амплитуду по сравнению с лиственничными, но в целом эти различия незначительны. Основные минимумы и максимумы довольно хорошо совпадают у ели и лиственницы (рис. 2 и 4).

Характеристики векового цикла, выявленные при анализе автокорреляционных функций и их интеграла (табл.3) в общем подтверждают данные, полученные при помощи скользящего осреднения. Кроме того, метод автокорреляционных функций позволил оценить значимость циклов различной длительности, проявляющихся в том или другом ряду. Так, в некоторых районах профиля выделены сверхвековые циклы с амплитудой, превышающей амплитуду векового цикла (верховья р.Усы, п-ов Ямал). Это необходимо учитывать при экстраполяции векового цикла в прогностических целях.

Т а б л и ц а 3

Характеристики векового цикла у ели и лиственницы,  
полученные автокорреляцией

Район сбора образцов древесины	Ель			Лиственница		
	длительность, годы	амплитуда, %	вероятность случайного получения цикла, %	длительность, годы	амплитуда, %	вероятность случайного получения цикла, %
Низовья р.Печоры	40-45	20	0,005	-	-	-
	65-70	10	0,05			
Верховья р.Усы	60-70	10	0,05	-	-	-
	120	30	0,001			
Низовья р.Оби	80-85	25	0,001	75-80	15	0,01
				250-280	10	0,3
П-ов Ямал	60-65	20	0,01	70-75	30	0,001
	110-120	35	0,001			
Низовья р.Пур	65-70	30	0,003	50-55	20	0,05
	90-95	50	0,001			
	260	10	0,05			
Нижнее течение р.Таз	60-65	30	0,001	55-65	15	0,01
	45-50	35	0,001	180-185	10	0,05

Таким образом, анализ характеристик векового цикла, полученных разными методами, указывает на то, что в пределах исследованного профиля центром проявления векового цикла является район низовьев р.Оби. Здесь он имеет наибольшую длительность и амплитуду. К западу и востоку от этого района длительность векового цикла сокращается. Это вполне согласуется с нашими предыдущими исследованиями (Полозова, 1970), в которых отмечалось убывание длительности векового цикла на периферии ареала его проявления и переход к полувековым циклам.

Изменение характеристик векового цикла в пределах профиля, по нашему мнению, связано с ощутимыми климатическими различиями районов исследования. Для характеристики климата использовались данные наиболее длительных наблюдений на метеостанциях Нарьян-Мара

(1887-1970 гг.), Салехарда (1882-1970 гг.) и Туруханска (1881-1970 гг.). Графики колебаний 10-летней средней скользящей температуры на июнь-август (т.е. за период вегетации растений) приведены на рис.3. Обращает внимание сходство кривых Салехарда и Туруханска. В Нарьян-Маре изменение летних температур происходило по-иному, а временами зеркально отражало ход кривых двух последних районов. Нарьян-Мар расположен в области атлантического влияния, средняя температура лета здесь более чем на  $2,5^{\circ}$  ниже, чем в Туруханске, и почти на  $1,5^{\circ}$  ниже, чем в Салехарде. Это, видимо, и обуславливает различия в реакции прироста деревьев в рассматриваемых районах на изменяющиеся термические условия вегетационного периода. Наиболее тесные корреляции между индексами прироста ели и лиственницы и температурой лета получены нами в зауральской части профиля, в районе расположения метеостанций Салехарда и Туруханска. Здесь при осреднении исходных данных по пятилетиям коэффициент корреляции достигает 0,7-0,8, в то время как в районе Нарьян-Мара он не превышает 0,3. Известно, что на севере Швеции и Финляндии корреляция между приростом деревьев и термическими показателями вегетационного периода столь же высока, как и на севере Западной Сибири (Erlandsson, 1936; Mikola, 1962). Слабая связь прироста деревьев с термическими условиями в районе Печоры, по-видимому, связана с близостью этой территории к арктическим морям. Отсутствие устойчивого континентального прогресса почвы в результате частых прорывов арктического воздуха усложняет и без того непростой механизм влияния климатических факторов на прирост деревьев. В других районах зарубежной Субарктики столь слабая связь между приростом и термическими условиями еще не отмечалась. Это говорит о том, что необходимо и в дальнейшем проводить работы по расшифровке климатических записей, которые содержат деревья на полярном пределе своего произрастания. Другими словами, надежные дендроклиматические связи выявлены нами только в пределах зауральской части профиля.

Во второй четверти текущего столетия кривые колебаний годовичного прироста деревьев в пределах Западной Сибири находились в длительном и высоком максимуме (рис.2 и 4). Это может свидетельствовать о наложении максимумов векового и сверхвекового циклов в этот период. В течение последних двух десятилетий наметилась тенденция как к уменьшению прироста деревьев, так и снижению средней температуры лета (рис.3). По-видимому, сейчас наступила нисходящая фаза векового и сверхвекового циклов. Она может продлиться до конца текущего века в восточной части Западной Сибири и до первого-второго десятилетий следующего века в западной части, где вековой цикл наиболее длителен.

## Л и т е р а т у р а

- Дроздов О.А., Григорьева А.С. 1971. Многолетние циклические колебания атмосферных осадков на территории СССР. Гидрометеоиздат.
- Полозова Л.Г. 1970. Анализ цикличности колебаний средней месячной температуры воздуха в северном полушарии. - Труды ГГО, вып. 269. Л., Гидрометеоиздат.
- Шиятов С.Т. 1972. Дендрохронологическое изучение ели сибирской в низовье реки Таза. В сб.: Дендроклиматохронология и радиоуглерод. Каунас.
- Erlandsson S. 1936. Dendro-chronological studies. Stockholm Högskolas Geokronol. Inst., Data 23. Uppsala.
- Giddings J.L., Jr. 1943. Some climatic aspects of tree worth in Alaska. - Tree-Ring Bulletin, 9, 4, p. 26-32.
- Mikola P. 1962. Temperature and tree growth near the northern timber-line. In: Tree growth, Ed. T.T.Kozlowski. N.Y.