

## 1957-летняя древесно-кольцевая хронология по востоку Таймыра

М. М. НАУРЗБАЕВ, Е. А. ВАГАНОВ

*Таймырский биосферный заповедник, Хатанга  
Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, Красноярск*

### АННОТАЦИЯ

В нескольких важных районах циркумполярной области Северного полушария ведущие дендрохронологические лаборатории мира начали работы по созданию сверхдлительных (несколько тысячелетий) древесно-кольцевых хронологий для реконструкции динамики температуры в период голоцена. Восток Таймыра (бассейны рек Котуй, Хета, Новая, Маймеча) является одним из таких ключевых районов. Растущие ныне старовозрастные деревья, хорошо сохранившиеся остатки древесины на поверхности земли и в аллювиальных отложениях малых северных рек дают обильный дендрохронологический материал для построения длительных шкал. Приведена методика построения почти 2-тысячелетней древесно-кольцевой хронологии, основанной на сборах древесины лиственницы. Оценены основные статистические характеристики изменчивости роста на разных возрастных и календарных этапах, выделены периоды усиления и депрессии роста, связанные с изменением условий среды. Рассмотрены методические особенности стандартизации индивидуальных серий ширины годичных колец, позволяющих выявлять вековые и внутривековые циклы, проведен анализ циклических составляющих изменчивости прироста с использованием методов преобразования Фурье. Рассмотрено, как выделенные по Таймырской хронологии длительные периоды потеплений и похолоданий соотносятся с данными по другим районам Субарктики Северного полушария.

### ВВЕДЕНИЕ

В рамках проекта PAGES (IGBP) определены два приоритетных направления исследований: а) Temporal stream I – прямые и косвенные данные о глобальных изменениях на планете с высоким (год, сезон) временным разрешением за последние 2 тысячелетия; б) Temporal stream II – данные о глобальных изменениях за несколько сот тысячелетий с низким временным разрешением (сотни, тысячи лет) [1–3]. Древесно-кольцевые хронологии (ДКХ) являются одним из первостепенных источников информации в рамках первого направления [1, 4]. В последние годы ведущие дендрохронологические лаборатории и группы приступили к построению так называемых сверхдлительных (несколько тысячелетий) ДКХ в ключевых рай-

онах циркумполярной области с целью реконструкции изменений температуры в полярных широтах Северного полушария, зоны наибольшей чувствительности к ожидаемому глобальному потеплению [5–8]. Три таких района расположены в пределах азиатской части России. В пределах этих районов имеются как старовозрастные живые деревья (возрастом до 650–700 лет), так и достаточное количество отмершей, но сохранившейся на поверхности земли древесины и полуископаемой древесины хорошей сохранности из аллювиальных отложений малых северных рек [6, 8–10]. Один из районов – Полярный Урал и п-ов Ямал, где уже сейчас получены абсолютные хронологии длительностью более 3000 лет [11], два других – восток Таймыра и низовья р. Индигирки, где найден в достаточном количестве дендрохронологический материал

[12–15], радиоуглеродные даты которого свидетельствуют о возможности построения ДКХ на весь период голоцена.

В данной работе представлены результаты построения и анализа 1957-летней абсолютной хронологии по измерениям годичных колец лиственницы для одного из ключевых районов – востока Таймыра.

### ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Район сборов дендрохронологического материала (рис. 1) ограничен субширотно 70° 30' и 71° 00' с. ш. и расположен в северной части Мойеро-Котуйского лесорастительного района [16]. Основной материал (древесина отмерших деревьев) был собран в пределах современной границы леса в подгольцовых лиственничных редколесьях и редилах на террасированных склонах рек с отметками высот 200–300 м над ур. м. Для участков сборов характерны островное размещение редколесий и реди, доминирование в приземном ярусе тундровых растительных группировок, наличие выхода крупнообломочного материала (щебень, крупный камень) в нанорельефе. Преобладают свежие местообитания. Древесный ярус образован разновозраст-

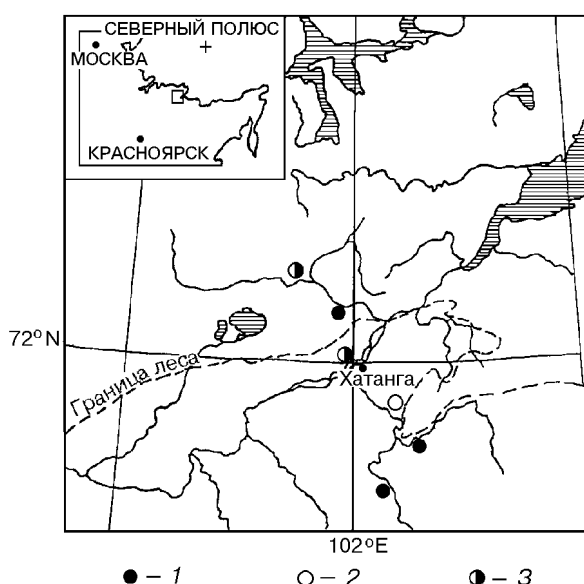


Рис. 1. Карта-схема сбора образцов древесины для построения дендрохронологии по востоку Таймыра. Места сбора образцов: 1 – живых деревьев, 2 – древесины отмерших деревьев, 3 – полудископаемой древесины.



Рис. 2. Фотография ствола отмершего дерева, сохранившегося на верхней границе леса.

ными деревьями лиственницы, имеющими плоские, низкоопушенные кроны и толстую глубокотрещиноватую кору в прикорневой части. Разреженный древесный полог характеризуется наличием большого количества отмерших деревьев различной степени сохранности (соотношение отмерших и живых 1,5 : 1) (рис. 2). Спилы с отмерших деревьев отбирали преимущественно в нижней части ствола. Измерено и датировано 62 образца, которые и были использованы для построения обобщенной древесно-кольцевой хронологии.

Кроме того, в работе использовали обобщенные древесно-кольцевые хронологии, полученные для района исследований по кернам живых деревьев [6, 14].

### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

При первичной подготовке дендрохронологического материала (диски и керны) добывались высокой степени обработки поверхности

(шлифовкой или зачисткой лезвием) до "клеточного" разрешения [17]. Измерения ширины годичных колец проведены на полуавтоматизированной установке с точностью до 0,005 мм [18]. Сочетая кросскорреляционный анализ [19] и графическую перекрестную датировку, определяли абсолютные (календарные) даты индивидуальных серий и выявляли выпадающие кольца. В ряде случаев датировали так называемые "плавающие" хронологии, объединяющие несколько индивидуальных.

Стандартизация индивидуальных серий и получение обобщенной хронологии выполнены по общепринятой методике [20, 21] с использованием сплайн-функции в качестве аппроксимации возрастного тренда [22]. Все статистические расчеты осуществляли с помощью специализированного программного пакета для дендрохронологических исследований (DPL) [19]. Пример обработки индивидуальных серий показан на рис. 3 для двух серий (KTU-105, KTU-052) с расчетом возрастного тренда по сплайн-функции. Обобщенная хронология получена осреднением стандартизированных индивидуальных. Поскольку такая хронология может иметь существенную автокорреляцию 1-го и 2-го по-

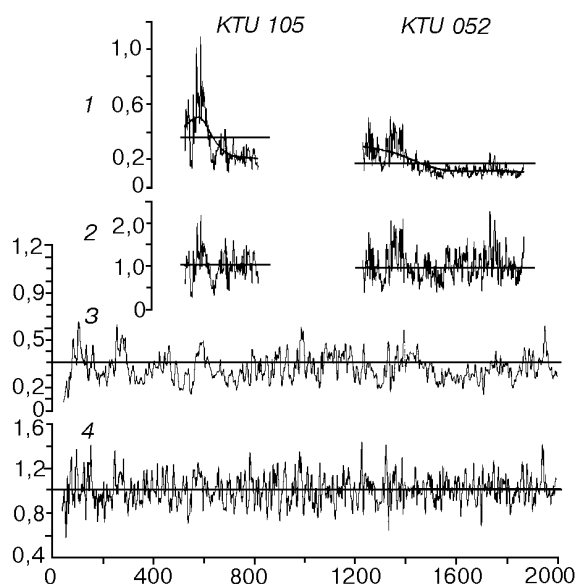


Рис. 3. Примеры стандартизации измерений ширины годичных колец отдельных деревьев (1 – абсолютные значения ШГК, 2 – индексы) и обобщенные хронологии: 3 – сглаженная 11-летней скользящей средней кривая абсолютных значений ширины годичных колец, мм, 4 – сглаженная кривая индексов.

рядков [21], то для нее рассчитывалась модель авторегрессии [21], которая содержит неклиматический сигнал [6, 20, 21]. Вычитанием из обобщенной хронологии рассчитанных по модели авторегрессии значений индексов прироста получали так называемую "остаточную" хронологию (residual), которая содержит максимальный климатический сигнал [6, 21]. Обе полученные хронологии (STD и RES) были объектом дальнейшего анализа.

Оценку циклических составляющих изменчивости индексов обобщенной хронологии провели методом спектрального разложения Фурье [23, 24].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Общее число индивидуальных серий, включенных в обобщенную древесно-кольцевую хронологию – 95, из них 62 – по сохранившимся остаткам древесных стволов. Собственный возраст деревьев колеблется от 90 до 631 года, средний прирост – 0,3 мм/год. Абсолютная продолжительность хронологии – 1957 лет (от 38 до 1994 г. нашей эры). Тестирование хронологии с помощью программы COFESHA [19] показало правильность датировок всех индивидуальных серий. Кроме того, была возможность сопоставить календарные даты по образцам с их радиоуглеродными датировками. Абсолютные и радиоуглеродные даты хорошо согласуются (табл. 1). Абсолютная датировка отмершей древесины показала, что многие стволы сохраняются на дневной поверхности на протяжении 1200–1300 лет (возраст сохранности самого старого образца определен в 1569 лет). Последнее возможно вследствие поверхностной эрозии тонкого почвенного слоя, когда корневые лапы и упавшие стволы остаются на камнях (см. рис. 2).

В табл. 2 приведены основные статистические характеристики полученных стандартной и "остаточной" хронологий, рассчитанных для 500-летних периодов (первый период с 38 по 499 год из-за меньшего числа индивидуальных серий трудно корректно сопоставить [21, 25]). Межсерийный коэффициент корреляции имеет высокие значения (0,726 и выше). На отдельных интервалах и в целом высоки величины среднеквадратического отклонения и чувст-

## Основные статистические показатели хронологии в 500-летние периоды

Календарные периоды		Версии хронологии	Значения индексов прироста		SNS	CDV	PAC1	PAC2	SNR	COR	TRE
Интервал, годы, н. э.	Количество, лет		средн.	макс.							
500–1994	1495	STD	1,001	2,153	0,416	0,376	0,245	0,150	278,7	0,760	88
		RES	1,001	2,052	0,448	0,355	0,010	0,018	–	–	88
500–999	500	STD	1,009	2,153	0,445	0,407	0,267	0,161	70,9	0,780	20
		RES	1,004	2,052	0,475	0,375	0,021	0,011	–	–	20
1000–1499	500	STD	0,995	2,066	0,411	0,377	0,247	0,112	122,6	0,773	36
		RES	0,999	1,916	0,449	0,359	0,003	0,028	–	–	36
1495–1994	500	STD	1,001	2,081	0,389	0,352	0,215	0,174	84,8	0,726	32
		RES	1,000	1,888	0,418	0,330	0,055	0,011	–	–	32

STD – стандартная и RES – "остаточная" версии хронологии; SNS – коэффициент чувствительности; SDV – среднеквадратичное отклонение; PAC1 и PAC2 – коэффициенты автокорреляции 1-го и 2-го порядков соответственно; SNR – отношение сигнал – шум; COR – средний межсерийный коэффициент корреляции; TRE – количество серий.

вительности. Абсолютные значения этих характеристик (0,352–0,407 и 0,389–0,485) свидетельствуют, что в полученных хронологиях представлен сильный климатический сигнал. Автокорреляция для стандартной хронологии не высока (0,215–0,267 для отдельных интервалов), и связанная с ней изменчивость прироста не превышает 8 % от общей дисперсии ряда. Отметим, что это характерно для всех ДКХ из субарктической области [6]. Высокое значение имеет отношение "сигнал–шум" [26] для основного фрагмента ряда длиной 1500 лет. Приведенные данные свидетельствуют о том, что климатически обусловленная изменчивость прироста лиственницы на востоке Таймыра на протяжении двадцати столетий была приблизительно одинаковой.

На рис. 3 приведены в сравнении сглаженные 11-летней скользящей средней графики изменчивости ширины годичных колец и стандар-

тизированная кривая индексов прироста. Заметно, что стандартизация убирает длительные периоды в увеличении или уменьшении абсолютного прироста. Например, глубокая и продолжительная депрессия прироста отмечается в течение почти трех столетий (1470–1740 гг.). В дендроклиматической литературе активно дискутируется вопрос о том, связаны или нет эти длительные изменения прироста с таковыми же климатическими изменениями [27]. Например, соотношение прироста в благоприятный период и в период депрессии составляет 2,2–2,5 раза. Учитывая практически линейную связь температуры и прироста [6, 7, 9] для деревьев полярных широт, можно считать, что соответствующие данному приросту температуры были в среднем в 1,5–2 раза ниже. Но такие температуры соответствуют районам, расположенным гораздо севернее нынешней границы леса, и в литературе отсутствуют данные о массовой гибели

## Сравнение дендрохронологических (абсолютных) и радиоуглеродных дат Таймырской хронологии

Лабораторный номер образца	Радиоуглеродная дата фрагмента, годы, н. э.	Абсолютная дендрохронологическая дата фрагмента, годы н. э.
МАУ-923	1161 ± 30*	1147–1160
КТУ-098	1285 ± 50**	1250–1349
КТУ-030	1550 ± 35**	1450–1549
КТУ-004	1720 ± 65**	1740–1759

Датировки:

\* Бернский университет, г. Берн, Швейцария.

\*\* Институт геологии и геофизики СО РАН, г. Новосибирск, Россия.

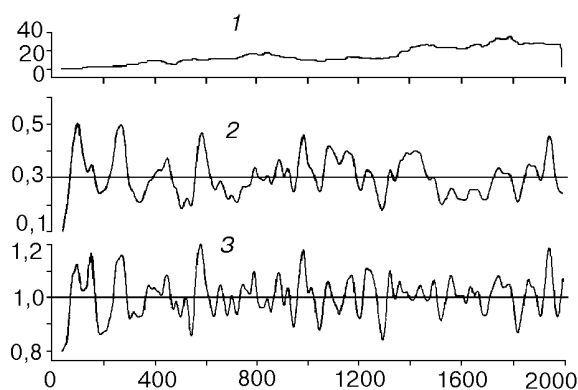


Рис. 4. Низкочастотные колебания в обобщенных кривых, выделенные с помощью 50-летней скользящей средней (2 – кривая абсолютных значений ширины годичных колец, 3 – кривая индексов). Вверху (1) приведена кривая, показывающая число образцов на каждый временной интервал.

деревьев в периоды глубоких депрессий прироста. В наших сборах также присутствуют деревья, у которых или начальный период роста, или зрелый период (после 150 лет) совпадает с данным периодом депрессии роста (рис. 4). Поэтому длительные депрессии или ускорения в абсолютном приросте деревьев на северном пределе их произрастания связаны не только с климатическими изменениями. Это могут быть длительные изменения мохового покрова, изменяющие термический режим почв [28], или длительные изменения в термическом режиме вечной мерзлоты [29]. Вероятно, что перечисленные выше изменения могут быть инициированы динамикой температуры приземного слоя.

Дендроклиматический анализ обобщенной хронологии по востоку Таймыра был сделан ранее [14]. Он выявил, что стандартная хроноло-

гия тесно коррелирует с колебаниями летней температуры (июня–июля) и возможна количественная реконструкция летней температуры по изменчивости индексов прироста стандартной и остаточной хронологий [6, 14]. При этом сглаженные данные показывают наивысшие связи индексов прироста и летней температуры [14]. Рассмотрим сглаженные низкочастотным фильтром (50-летней скользящей) кривые абсолютного прироста и обобщенной стандартной хронологии (см. рис. 4). Основные минимумы и максимумы обеих кривых совпадают. Так, существенные понижения летней температуры отмечаются в 170–230, 290–360, 450–560, 610–720, 1020–1070, 1260–1320, 1800–1850 гг., потепления – в 230–290, 560–610, 970–1020, 1720–1800, 1910–1960 гг. Большинство из длительных похолоданий и потеплений отражается на абсолютном приросте деревьев уменьшением или ускорением роста. Важный вопрос – амплитуда выявленных в историческом прошлом похолоданий и потеплений. В ряде дендроклиматических работ в полярных широтах получено, что потепление в текущем столетии (1920–1960 гг.) является экстраординарным [30, 31]. Однако данные длительной хронологии по востоку Таймыра показывают (см. рис. 4, 3), что потепления, аналогичные потеплению в середине XX столетия, отмечались в конце VI и X вв. Некоторые потепления были хотя и меньше по амплитуде, но продолжительнее по времени (например, в середине XIII и XVIII вв.), т. е. на востоке Таймыра потепление в середине текущего столетия имеет близкие аналоги в прошлом и не является экстраординарным.

Полученная обобщенная стандартная хронология, отражающая изменчивость летней температуры, показывает циклические колебания (см.

Таблица 3

**Пики спектральной плотности Таймырской хронологии**

Календарный период	Версии хронологии	Вековые циклы, 60–120 лет	Внутривековые циклы, менее 60 лет
38–1994	Стандартная	83,3	27,8; 16,4; 12,3
42–1994	"Остаточная"	71,4	27,0; 15,9; 11,8
38–499	Стандартная	111,1	26,3; 14,7; 10,5
42–499	"Остаточная"	90,9	26,3; 15,2; 10,7
500–999	Стандартная	62,5	28,6; 15,2; 11,6
	"Остаточная"	62,5	27,8; 14,9; 11,2
1000–1499	Стандартная	71,4	25,6; 16,4; 11,8
	"Остаточная"	66,7	25,0; 16,1; 11,8
1500–1994	Стандартная	76,9	25,0; 18,2; 12,2
	"Остаточная"	71,4	17,9; 12,0

рис 3 и 4). В табл. 3 и на рис. 5 приведены результаты спектрального анализа 500-летних фрагментов хронологии. Эти результаты показывают, что: а) в изменчивости прироста на всем протяжении 2000-летнего периода присутствуют выраженные циклические составляющие; б) надежно (в изменениях индексов прироста стандартной и "остаточной" хронологий) выявляется ряд циклов: вековой (длительностью 62–77 лет), внутривековые (длительностью 25–28, 14–18, 10–12 лет); в) отмечается тенденция увеличения длительности коротких циклов с течением времени (с 14,7 до 18,2 и с 10,5 до 12,2); г) в стандартной хронологии амплитуда циклов уменьшается с увеличением их частоты. Формальный результат спектрального анализа изменчивости ряда подтверждает, что на протяжении двух тысячелетий существенных изменений условий, в первую очередь летнего термического режима, на востоке Таймыра не происходило. Природа циклических изменений прироста в полярных широтах до сих пор не ясна, отсутствуют данные о возможных механизмах циклических изменений [9].

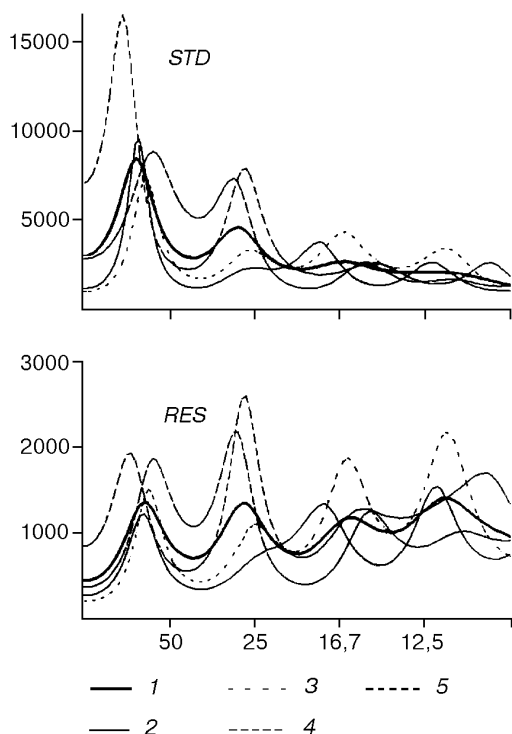


Рис. 5. Спектральные плотности стандартной (STD) и "остаточной" (RES) хронологий, рассчитанные для всего периода (1) и отдельных 500-летних интервалов (2 – 1500–1990, 3 – 1000–1499, 4 – 500–999, 5 – 38–499).

Исключение, возможно, составляет цикличность со средним периодом 10–12 лет, соответствующая солнечной активности [8, 31]. Представляется перспективным сопоставить эту составляющую цикличности с длительными наблюдениями солнечной активности, тем более, что по данным обобщенной хронологии намечалась тенденция в увеличении средней продолжительности данного цикла.

Таким образом, построение сверхдлительной хронологии по востоку Таймыра и анализ изменчивости прироста деревьев на ее основе позволяет сделать следующие выводы:

1. Исследованный район весьма перспективен для построения сверхдлительных ДКХ, покрывающих весь период голоцена.

2. Полученная 1957-летняя ДКХ содержит в изменениях индексов прироста сильный климатический сигнал, главным образом изменения летней (июнь-июльской) температуры. Необходимо более детально исследовать природу длительных изменений роста, содержащихся в кривых абсолютных значений ширины годовых колец.

3. Ускорения роста деревьев сопряжены с периодами потепления.

4. Потепление в середине XX в. не является экстраординарным для данного района, ряд аналогичных потеплений регистрировался и в прошлом. Поэтому можно полагать, что изменчивость прироста деревьев в настоящее время в основном контролируется естественными факторами.

5. Естественные факторы пока оказывают преобладающее влияние на изменчивость прироста деревьев в данном районе Субарктики Сибири, что подтверждается и данными спектрального анализа 500-летних фрагментов древесно-кольцевой хронологии.

Работа выполнена при финансовой поддержке фонда ЕС, грант ADVANCE-10K и Красноярского фонда науки, грант 6F002.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. M. K. Hughes, Tree-Rings. From the Past to the Future. Proc. Inter. Workshop on Asian and Pacific Dendrochronology (Eds. S.Ohta, N.Okada, M.Hughes, D.Eckstein), FFPRI, Tsukuba, 1995, 1–7.
2. International Geosphere-Biosphere Program, Stockholm, ICSU, 1990, Rep. 12, Ch. 7.

3. International Geosphere-Biosphere Program (IGBP). IGBP in action: work plan 1994–1998. Stockholm, ICSU, 1994.
4. M. K. Hughes, Global Changes of the Past (R. Bradley, ed.) UCAR, Boulder, Colorado, 1989, 117–138.
5. F. H. Schweingruber, K. R. Briffa, Climatic Variations and Forcing Mechanisms of the last 2000 Years (Jones P. D., Bradley R. S., Jouzel J., Eds.) NATO ASI ser., 1996, 141, 43–66.
6. Е. А. Ваганов, С. Г. Шиятов, В. С. Мазепа, Дендроклиматические исследования в Урало-Сибирской Субарктике, Новосибирск, Изд-во СО РАН, 1996.
7. S. G. Shiyatov, V. S. Mazepa, E. A. Vaganov, F. H. Schweingruber, *Radiocarbon*, 1996, 1–4, 37–43.
8. Н. В. Ловелиус, Изменчивость прироста деревьев. Дендроиндикация природных процессов и антропогенных воздействий, Л., Наука, Ленингр. отд-ние, 1979.
9. С. Г. Шиятов, Дендрохронология верхней границы леса на Урале, М., Наука, 1986.
10. S. G. Shiyatov, R. M. Hantemirov, F. H. Schweingruber, *Dendrochronologia*, 1996.
11. R. M. Hantemirov, Int. Conf. on Past, Present and Future Climate, Helsinki, Acad. Publ., 1995, 6, 124–127.
12. S. G. Shiyatov, *Ibid.*, 144–147.
13. F. H. Schweingruber, M. M. Naurzbaev, K. R. Briffa, H. H. Loosli, *IWA Journal*, 1996.
14. Е. А. Ваганов, И. П. Панюшкина, М. М. Наурызбаев, *Экология*, 1996, 6.
15. M. K. Hughes, E. A. Vaganov, S. G. Shiyatov *et al.*, *Holocene* (in press).
16. И. А. Коротков, Эколого-географические проблемы сохранения и восстановления лесов Севера, Архангельск, 1991, 303–307.
17. Е. М. Фильрозе, Г. М. Гладушко, Дендрохронология и дендроклиматология, Новосибирск, Наука, Сиб. отд-ние, 1986, 68–71.
18. Е. А. Ваганов, К. Ф. Красовский, И. В. Сви́дская, А. В. Шашкин, *Лесоведение*, 1983, 2, 73–81.
19. R. L. Holmes, *Tree-Ring Bull.*, 1983, 44, 69–75.
20. H. C. Fritts, *Tree Rings and Climate*. London, N. Y., San Francisco, Acad. press, 1976.
21. *Methods of Dendrochronology. Applications in the Environmental Sciences* (E. Cook, L. Kairiukstis, Eds.), Dordrecht–Boston–London, Cluwer Acad. Publ., 1990.
22. E. R. Cook, K. Peters, *Tree-Ring Bull.*, 1981, 41, 45–53.
23. В. С. Мазепа, Дендрохронология и дендроклиматология, Новосибирск, Наука, Сиб. отд-ние, 1986, 49–68.
24. V. S. Mazepa, *Methods of Dendrochronology. Application in the Environmental Sciences* (E. Cook, L. Kairiukstis, Eds.), Dordrecht, Cluwer Acad. Publ., 1990, 302–308.
25. С. Г. Шиятов, Продуктивность и рациональное использование растительности Урала, Свердловск, Изд-во УНЦ АН СССР, 1980, 90–100.
26. T. M. L. Wigley, K. R. Briffa, P. D. Jones, *J. Climate and Applied Meteor.*, 1984, 23, 201–213.
27. K. R. Briffa, P. D. Jones, F. H. Schweingruber *et al.*, Climatic Variations and Forcing Mechanisms of the last 2000 Years (P. Jones, R. Bradley, J. Jouzel, Eds.), Berlin, Springer-Verlag, 1996, 9–41.
28. А. П. Абаимов, С. Г. Прокушкин, О. А. Зырянова, *Сиб. экол. журн.*, 1996, 3: 1, 51–60.
29. *Общее мерзлотоведение* (под ред. В. А. Кудрявцева), М., Изд-во МГУ, 1978.
30. K. R. Briffa, P. D. Jones, F. H. Schweingruber *et al.*, *Nature*, 1995, 376, 156–159.
31. G. C. Jacoby, R. D'Arrigo, T. Davaajamts, *Science*, 1996, 273: 9, 771–773.
32. Дж. Р. Герман, Р. А. Гольдберг, Солнце, погода и климат, Л., Гидрометеиздат, 1981.

## 1957-years Tree Ring Chronology of East Taymir

M. M. NAURZBAEV, E. A. VAGANOV

*Taymir Natural Reserve, Chatanga  
Institute of Forest SB RAS, Krasnoyarsk*

Dendrochronological laboratories all over the world start to work with the material from some Subarctic regions of the Northern Hemisphere to build super-long (multi-millennium) tree ring width chronologies for reconstruction of the summer temperature during the Holocene. The East of Taymir and Putoran is one of the most important regions for such investigations. The age of some living larch (*Larix gmelinii* (Rupr.) Rupr.) trees here is up to 600 years, there are a lot of dead tree remains near the upper timberline and subfossil wood in alluvial permafrost deposits.

A 1957 years (from 38 till 1994 A. D.) tree-ring width chronology was built for the East of Taymir and Putoran. It is found that dead tree remains can be preserved for more than 1500 years near the upper timberline in continental climate conditions. A comparative analysis of different standartization methods was made to define low-frequency variations of external conditions. Frequency structure of tree ring width variations was investigated, low frequency cycles (> 100 years) were ascertained and it is shown that sufficient anomalies of tree ring width can be explained by cycles of different length.

The formal outcome of the spectral analysis confirms that for the last two millennia no essential changes of conditions of annual summer thermal mode happened. Long changes in tree-ring width variability of Larch indicate that the increase of temperature in the middle of XX century was not abnormal, the increase of temperature in the late first and early 2nd millennia had about the same amplitude.

It is possible to cross-date wood samples from the East of Taymir and Putoran for the last two millennia using the tree ring width chronology obtained. Therefore the chronology can be used in archeological, ethnographic and others investigations to calibrate radiocarbon data. It gives a possibility to compare and calibrate other proxy climatic data which have a lower resolution. It is possible to evaluate natural climatic changes and to elucidate the role of anthropogenic influence on climate changes owing to the close correlation found between the tree ring width and the climatic parameters.