

РЕАКЦИЯ НА КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЛИСТВЕННИЦЫ КАЯНДЕРА НА ВЕРХНЕЙ ГРАНИЦЕ ЛЕСА И В ДОЛИНЕ р. ИНДИГИРКИ*

© 2002 г. О. В. Сидорова, М. М. Наурызбаев

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН

660036 Красноярск, Академгородок

Поступила в редакцию 08.06.2001 г.

Северо-восток Якутии, лиственница Каяндера, верхняя граница леса, первая надпойменная терраса, радиальный прирост, климатическая функция отклика.

При выполнении дендрохронологических исследований в субарктической области Сибири и Урала выявлены наиболее перспективные (ключевые) районы, где летняя температура воздуха является основным лимитирующим фактором роста древесных растений [1, 3]. Один из таких районов находится на северо-востоке Якутии. Здесь был обнаружен лесной массив с самыми старыми живыми деревьями лиственницы и найдены стволы отмерших деревьев с более чем тысячелетним возрастом, что дает возможность существенно (на несколько тысячелетий) продлить древесно-кольцевые хронологии [2, 6]. Поскольку при построении длительных (тысячелетних) древесно-кольцевых хронологий для выбранного района работ приходится объединять материал, собранный в разных типах условий местопроизрастания древесных растений, то было интересно рассмотреть особенности в реакции деревьев лиственницы с верхней границы леса и с первой надпойменной террасы р. Индигирка на климатические (в первую очередь термические) факторы. Важно было выявить особенности возрастных изменений радиального прироста лиственницы из двух мест произрастания с целью использования метода стандартизации индивидуальных кривых прироста для выявления длительных изменений климатических факторов (использование так называемой RCS-стандартизации) [4, 7].

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в тундровой и лесотундровой лесорастительных зонах Среднеиндигирской низменности, в районе ограниченном 69°-70°40' с.ш. и 147°-148°25' в.д. Для всего собранного дендрохронологического материала (буровые образцы старовозрастных и диски давно отмерших деревьев лиственницы Каяндера (*Larix sajanderi* Mayr)) была измерена ширина годовичного кольца на полуавтоматических измерительных приборах с разрешением в 0.01 мм [1, 5, 8]. Для сравнительного анализа с верхней границы леса было отобрано 37 образцов древесины, взятых на высоте 0.0-0.3 м (группа А) и 16 образцов взятых на высоте больше либо равной 0.4 м от комлевой части стволов (группа Б). Для надпойменной террасы был отобран 131 образец, взятый на высоте 1.3 м от комаля

стволов (группа В). Для всех трех групп образцов были рассчитаны кривые большого периода роста.

Установлено, что для деревьев лиственницы, произрастающих на верхней границе и надпойменной террасе, существуют различия в возрастных изменениях радиального прироста, приходящиеся на первые 100 лет роста. Так у группы А четко выражен локальный оптимум прироста (так называемый период большого роста) в 40-80-летнем возрасте и период угнетения роста в первые десятилетия, у групп Б и В региональная возрастная кривая хорошо аппроксимируется отрицательной экспонентой. Однако после 100-летнего возраста все три возрастные кривые практически сходятся и радиальный прирост достигает стабильного уровня (0.2-0.3 мм).

Полученные обобщенные возрастные кривые были аппроксимированы соответствующими нелинейными функциями, и каждый образец с верхней границы леса и с надпойменной террасы был проиндексирован относительно осредненной кривой (процедура индексации выполнялась в стандартном пакете программ DPL (CHRONOL, ARSTAN)). Так как первые 100 лет у всех возрастных кривых отличались, то при осреднении полученных индексов прироста в обобщенной хронологии данные индексов прироста для первых ста лет роста каждого измеренного образца были удалены. Такая процедура позволила максимально устранить влияние возрастных изменений на длительные колебания прироста, обусловленных климатическими факторами.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При осреднении данных стандартизированных индивидуальных древесно-кольцевых серий были получены региональные древесно-кольцевые хронологии: по верхней границе с 359 г. до н.э. по 1998 г. н.э. и по надпойменной террасе с 1322 по 1995 г.

Для общего календарного периода с 1600 по 1995 г. для двух хронологий, где число используемых древесных образцов было статистически сопоставимо в репликации, рассчитывали основные статистические характеристики, которые показали, что произрастающие на верхней границе деревья обладают несколько большей чувствительностью по сравнению с деревьями, произрастающими на первой надпойменной террасе (коэффициент чувствительности 0.41 и 0.36 и

* Работа поддерживалась интеграционной программой СО РАН № 74 и РФФИ (99-05-64182).

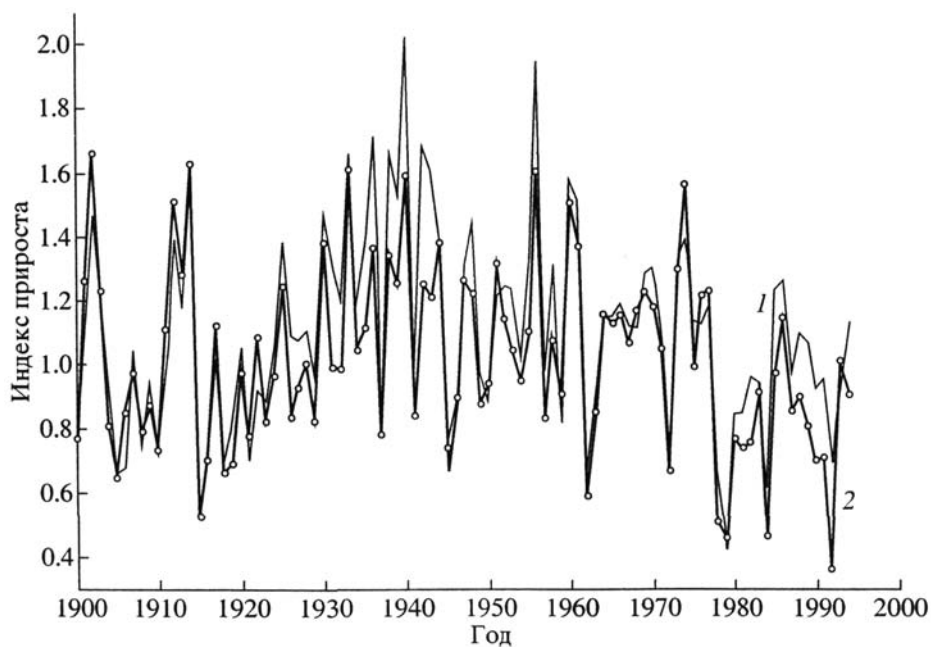


Рис. 1. Древесно-кольцевые хронологии, построенные по верхней границе леса (1; $N = 21$) и по первой надпойменной террасе долины р. Индиگرки (2; $N = 104$).

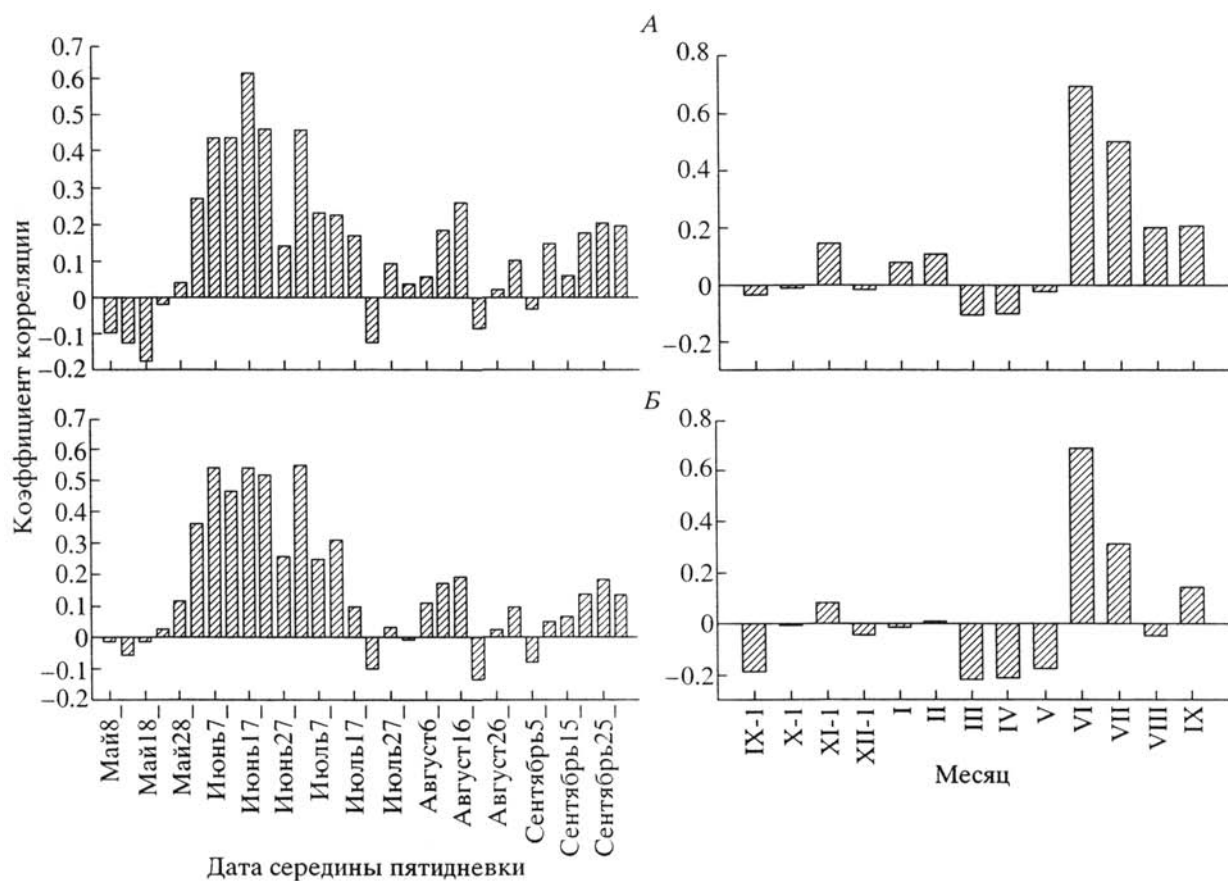


Рис. 2. Климатические функции отклика для хронологий с верхней границы леса (А) и с первой надпойменной террасы (Б).

межсерийный коэффициент корреляции 0.68 и 0.61 соответственно). Однако среднеквадратическое отклонение и автокорреляция первого порядка различались незначительно. Для генерализированной хронологии все статистические характеристики мало отличались от характеристик двух обобщенных хронологий, что свидетельствовало о наличии как в индивидуальных, так и в обобщенных сериях сильно выраженного климатического сигнала. Высокое сходство обобщенных хронологий на верхней границе и в долине р. Индигирки показано на рис. 1. Коэффициент корреляции за 400-летний период равен $R = 0.8$; $p < 0.001$, а за последние сто лет $R = 0.84$; $p < 0.001$. Полученные данные свидетельствуют о высокой согласованности в приросте древесных растений вне зависимости от условий местопроизрастания, а следовательно, и о наличии единого фактора, определяющего эту изменчивость.

Для выявления ведущего климатического фактора изменчивости радиального прироста деревьев из двух местоположений в рельефе использовали суточные и среднемесячные климатические данные метеостанции "Чокурдах" Тиксинского ГГМУ (70°40' с.ш., 147°52' в.д.). Были рассчитаны коэффициенты корреляции между индексами прироста с температурами пятидневок за период с 1948 по 1989 г., и среднемесячными температурами за период с 1948 по 1991 г. (рис. 2). Корреляционный анализ показал, что наиболее значимое влияние на радиальный прирост оказывает температура воздуха во второй и третьей декадах июня и первой декаде июля. Температура июня (по данным пятидневок) оказывает наибольшее влияние на изменчивость радиального прироста по сравнению с температурой июля, и это отражается на корреляции индексов прироста со среднемесячными температурами: 0.69 и 0.50 для деревьев с верхней границы леса и 0.69 и 0.31 для деревьев с надпойменной террасы соответственно для июня и июля. Достоверных различий в реакции прироста деревьев на температуру воздуха в зависимости от условий местопроизрастания не установлено.

Заключение. Поскольку при сравнительном анализе прироста древесных растений на верхней границе и надпойменной террасе не было обнаружено существенных различий в их климатических функциях откли-

ка, то отсюда следует, что, во-первых, при построении сверхдлительной (несколько тысячелетий) хронологии в данных условиях можно объединить результаты измерений радиального прироста деревьев вне зависимости от условий местопроизрастания; во-вторых, температура первой половины сезона роста является определяющей для длительных и коротких изменений радиального прироста деревьев, и в-третьих, полученная длительная хронология является надежным количественным индикатором изменения раннелетней температуры на длительном временном интервале (вплоть до нескольких тысячелетий).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ваганов Е.А., Шиятов С.Г., Мазена В.С. Дендроклиматические исследования в Урало-Сибирской Субарктике. Новосибирск: Наука, 1996. 246 с.
2. Ваганов Е.А., Нурзбаев М.М., Егерь И.В. Предельный возраст деревьев лиственницы в Сибири // Лесоведение. 1999. № 6. С. 65-75.
3. Шиятов С.Г. Дендрохронология верхней границы леса на Урале. Москва: Наука. 1986. 136 с.
4. Briffa K.R., Jones P.D., Schweingruber F.H. et al. Tree - ring variables as proxyindicators: Problems with low-frequency signals // Climate Change and Forcing Mechanisms of the Last 2000 years. Berlin: Springer, NATO ASI Series 141. 1996. P. 9-41.
5. Holmes R.L. Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement // Tree-Ring Bulletin. 1983. V. 44. P. 69-75.
6. Hughes M.K., Vaganov E.A., Shiyatov S.A. et al. Twentieth-century summer warmth in northern Yakutia in a 600-year context // The Holocene. 1999. V. 9.5. P. 603-608.
7. Naurzbaev M.M., Vaganov E.A. Variation of summer and annual temperature in the East of Taymir and Putoran (Siberia) over the last two millennia inferred from tree-rings // Geophys. Res. 2000. V. 105. № 6. P. 7317-7327.
8. Rinn F. Tsap V. 3.6. Reference manual: computer program for tree-ring analysis and presentation. DIPL.-PHYS. Bierhelder weg 20, D-69126 Heidelberg, Germany. 1996. 263 p.

Response of *Larix cajanderi* to Climatic Changes at the Upper Timberline and in the Indigirka River Valley

O. V. Sidorova and M. M. Naurzbaev

A comparative analysis of increment revealed that a response of *Larix cajanderi* Mayr to climatic changes was different independently of its habitat. The air temperature in the first half of growing periods is a leading factor that determines variability of the radial increment. The results of measuring the radial increment in trees from various sites may be combined when a long-term chronology is made. The long-term chronology obtained is a reliable quantitative indicator of changes in early summer air temperatures for the last 2500 years.