

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПРИЗЕМНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА НА СЕВЕРЕ ЕВРАЗИИ ПО ТЫСЯЧЕЛЕТНИМ ДРЕВЕСНО-КОЛЬЦЕВЫМ ХРОНОЛОГИЯМ

М.М. НАУРЗБАЕВ, О.В. СИДОРОВА

Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, Красноярск, mukhtar@forest.akadem.ru

АННОТАЦИЯ

Основное внимание уделено анализу пространственно-временной изменчивости прироста лиственницы в ответ на длительные изменения приземной температуры воздуха в Субарктике Евразии в течение позднего голоцена, оценке вклада внешних (климатически обусловленных) и внутренних (возрастных) факторов в изменения радиального прироста, сравнению древесно-кольцевых хронологий с иными источниками климатической информации.

ВВЕДЕНИЕ

Прогнозы глобального потепления климата в высоких широтах Северного полушария, следующие из расчетов ряда климатических моделей, до сих пор не подкреплены обоснованной экспериментальной базой, опирающейся как на анализ естественных (доиндустриальных) длительных изменений температуры, так и особенностей колебаний температуры на региональном уровне в масштабах столетий и тысячелетий. Анализ реакции древесной растительности в зоне наибольшего влияния климата на процессы роста - полярном пределе распространения лесной растительности представляется важным в оценке текущих и прошлых изменений скорости роста и продуктивности древесных растений при изменении климата. Цель работы - выявление и количественная оценка пределов естественных колебаний приземной температуры воздуха в позднем голоцене в Субарктике Евразии по приросту годичных колец деревьев.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Основным экспериментальным материалом для пространственно-временного анализа изменений приземной температуры воздуха в высоких широтах Евразии послужили тысячелетние древесно-кольцевые хронологии, полученные перекрестным датированием ширины годичных колец живых деревьев, хорошо сохранившихся остатков стволов отмерших деревьев и полуископаемой древесины аллювиальных отложений (рис. 1). В работе также использованы хронологии более плотной сети дендроклиматических станций, ряды которых значительно короче (до 600 лет) и данные содержания сульфатов и стабильного изотопа ^{18}O станций бурения ледового щита Гренландии GISP2 и GRIP.

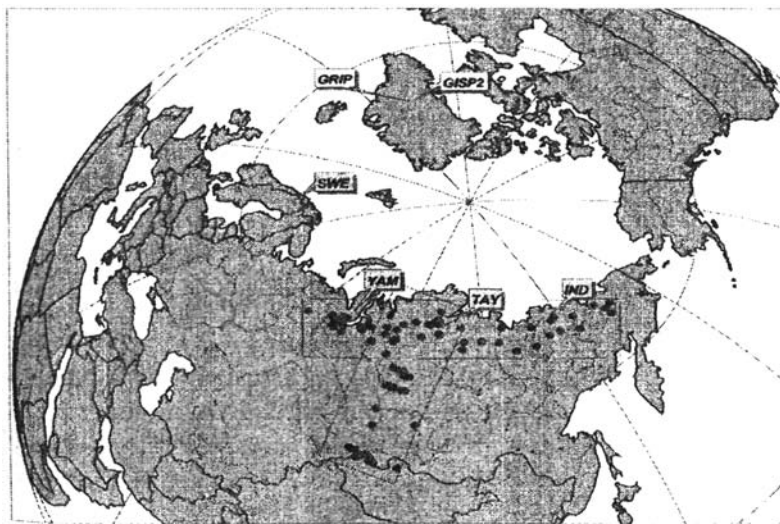


Рис. 1. Карта-схема расположения тысячелетних древесно-кольцевых хронологий Субарктики Евразии (SWE, YAM, TAY, IND), станций бурения ледового щита Гренландии (GISP2, GRIP) и сети дендрохронологических станций.

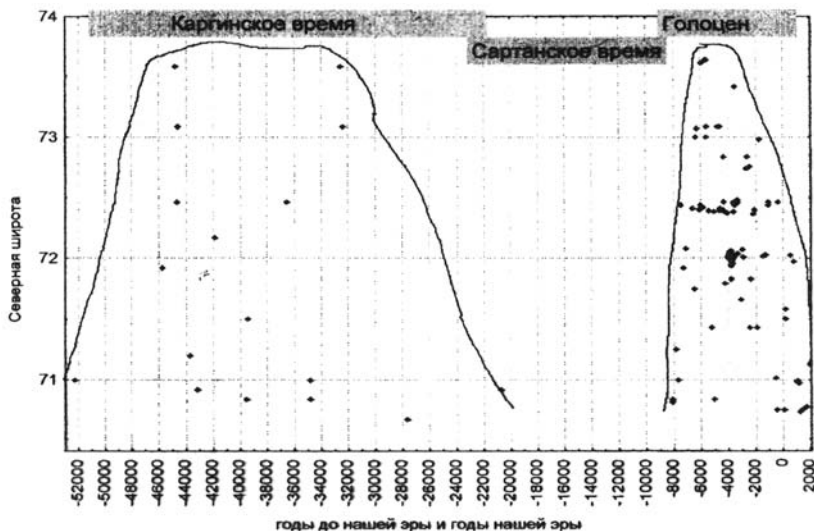
Построение древесно-кольцевых хронологий и статистическая обработка, включая выявление климатического сигнала и моделирование связи «прирост-климат», выполнены согласно современных и общепризнанных в

дендроклиматологии приемов и методов. Наиболее подробно рассмотрен прием стандартизации и получения индексных древесно-кольцевых хронологий с помощью RCS-метода (метода региональной возрастной кривой).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По радиоуглеродным датировкам полуископаемой древесины, собранной на восточном Таймыре, проанализировано широтное распределение находок древесных остатков (рис. 2). Отмечено наличие остатков древесины последней волны потепления каргинского времени (потепление давности 34-38 тыс. лет назад и более раннего 44-48 тыс. лет назад). Отсутствие древесных находок сартанского времени свидетельствует о деградации лесной растительности на востоке Таймыра в период сартанского оледенения. Наиболее представительна коллекция голоценового периода, что обусловлено обилием в сборах полуископаемой древесины этого периода. Выполнена оценка пределов продвижения северной границы леса в различные периоды по радиоуглеродным датам находок древесных остатков.

Рис. 2. Широтное распределение радиоуглеродных дат полуископаемой древесины восточного Таймыра за последние 54 тыс. лет.



В периоды потепления в каргинское время и в климатический оптимум голоцена северная граница леса продвигалась до 74° северной широты. Сопоставление радиоуглеродных дат свидетельствует, что в оптимум голоцена большая часть Северо-Сибирской низменности в ее восточной части была покрыта лиственничными лесами, тогда как в настоящее время леса занимают узкую полосу на границе низменности с плато Путорана и Анабарского плато.

Анализируемые древесно-кольцевые хронологии равномерно заполняют пространственную плоскость Сибирской субарктической области в пределах географических рубежей от Урала до полуострова Чукотка. Визуализация на плоскости позволяет выполнить оценку пространственно-временной однородности анализируемых рядов. Точечные пространственно разнесенные данные сети станций интерполированы в плоскости 3-х координат (рис. 3в) при помощи метода минимальной кривизны. Три уровня градации показывают основные черты пространственного распределения анализируемых дендроклиматических материалов. На протяжении последних 1250 лет длительные изменения радиального прироста деревьев на севере Евразии имеют сходный характер. В длительных изменениях отчетливо увеличение прироста деревьев в последние столетия, которое несколько ранее и более интенсивно отмечается в западной части исследуемого сектора Субарктики и не столь значительно в восточной.

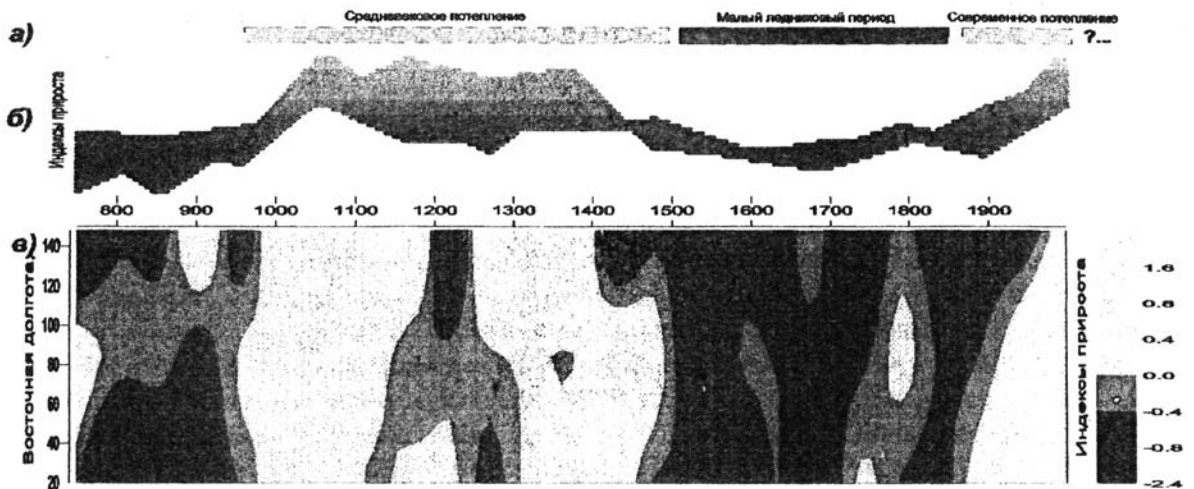


Рис. 3. Амплитуда вековых колебаний (б) и пространственно-временная изменчивость (в) прироста деревьев Субарктики Евразии на фоне хронологического подразделения климата позднего голоцена (а) (Lamb, 1977).

Все тысячелетние хронологии четко выявляют средневековое потепление, причем оно имело две фазы - XI и XII века и вторая половина XIII и XIV век, разделенные относительно коротким периодом депрессии радиального прироста деревьев (конец XII-го - первая половина XIII-го веков). Снижение радиального прироста было более продолжительным в западной части Евразии, но более сильным - в восточной части сектора. Не менее четко все хронологии фиксируют снижение радиального прироста в малый ледниковый период (с начала XVI-го до начала XIX-го веков) и в период, предшествующий средневековому потеплению (VIII-X-е века). По согласованности изменений общими для всего севера Евразии надежно выделены периоды потепления в первую половину первого тысячелетия, средневековое потепление, текущее потепление, малый ледниковый период и резкие кратковременные похолодания, сопровождающиеся депрессией прироста в начале 4-го столетия, первой половине 6-го столетия и в конце 13-го - начале 14-го столетий.

В другие эпохи можно отметить больше региональной специфики в согласованности и скорости роста деревьев, средняя скорость длительного увеличения прироста приблизительно одинакова, но амплитуда несколько различается - она выше в текущем периоде, если за нижнюю точку отсчета принимать наибольшую депрессию радиального прироста деревьев в начале 19-го столетия. Тем не менее, по максимальным значениям текущее потепление не отличается от начала средневекового. Обращает на себя внимание увеличение дисперсии в радиальном приросте в текущее столетие - т.е. увеличение региональных особенностей изменчивости радиального прироста деревьев в разных районах севера Евразии, тогда как увеличение прироста деревьев в течение X-го века было более синхронизировано.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основное внимание в работе было уделено пространственно-временной изменчивости прироста древесных растений в ответ на длительные изменения приземной температуры воздуха в Субарктике Евразии в течение позднего голоцена, оценке вклада внешних (климатически обусловленных) и внутренних (возрастных) факторов в изменения радиального прироста деревьев лиственницы Енисейского меридионального трансекта, сравнению древесно-кольцевых хронологий с иными источниками климатической информации. Решение подобного рода задач потребовало выполнения большого объема экспедиционных работ, география сборов экспериментальных данных простирается от Енисея до Колымы в широтном направлении и от устья до истоков Енисея в меридиональном.

Впервые установлено, что на верхней границе леса в Субарктике Средней и Восточной Сибири в условиях резко континентального климата ныне живущие деревья лиственницы достигают рекордного для рода *Larix* возраста - лиственница Гмелина на

Восточном Таймыре до 700 лет и лиственница Каяндера в низовье Индигирки до 950 лет. Давно отмершие деревья (стволы) лиственницы сохраняются на дневной поверхности в течение более чем 2000 лет. Наиболее старые деревья произрастали в первом и на рубеже первого и второго тысячелетий, их возраст достигает на Таймыре 840 лет и в низовье Индигирки превышает 1200-летний возрастной рубеж. В аллювиальных вечномерзлых отложениях многочисленных притоков рек, слагающих бассейн Карского, Лаптевых и Восточно-Сибирского морей, многочисленные находки древесных останков датируются от первой волны потепления голоцена (8 тыс. лет назад), сохранность анатомической структуры древесины позволяет выполнить перекрестное датирование годовичных колец, реконструкцию климата и сделать оценки пространственной динамики лесной растительности голоцена. Благодаря систематическому поиску подобного рода дендрохронологического материала построены календарно непрерывные древесно-кольцевые хронологии длительностью почти 2500 лет на Восточном Таймыре и в низовье Индигирки. На Таймыре получен ряд плавающих хронологий для отдельных периодов голоцена и очевидна возможность построения календарно непрерывной 8000-летней древесно-кольцевой хронологии.

Основным внешним фактором, лимитирующим радиальный прирост лиственницы в данных районах, является летняя (июнь-июль) температура, определяющая высокочастотные (погодичные) флуктуации роста деревьев. В отдельные периоды ход «ранне-летней» температуры (последние декады июня и первая декада июля) объясняют до 70% ширины годовичных колец.

Анализ пространственно-временной сопряженности вековых доиндустриальных и современных изменений летней температуры воздуха по дендроклиматическим и иным косвенным источникам климатической информации свидетельствует, что длительные (вековые) изменения температуры достаточно синхронны на всей территории Субарктики Евразии.

Длительные древесно-кольцевые хронологии севера Евразии четко выявляют текущие и прошлые изменения глобального климата планеты в позднем голоцене (средневековое потепление, малый ледниковый период, современное потепление).

Как прошлые, так и текущие изменения температуры характеризуются пространственной неоднородностью - разной величиной колебаний температуры в разных секторах субарктической области. На этом фоне региональных флуктуаций климата в приросте деревьев отчетливо выражены трендовые составляющие, коррелированные с глобальными изменениями климата планеты.

Современное потепление, кульминация которого в Субарктике приурочена к 30-40 годам XX века, по амплитуде увеличения температуры пока не превысило уровня средневекового потепления. Ближайшим аналогом текущего потепления климата является потепление на рубеже 1 и 2-го тысячелетий.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (05-05-97708) и Междисциплинарной интеграционной программы № 121 СО РАН.