

ОРИГИНАЛЬНЫЕ  
СТАТЬИ

УДК 630\*181:551.34

**ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ И ТЕРМИЧЕСКОГО  
РЕЖИМА МЕРЗЛОТНЫХ ПОЧВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ  
НА РАДИАЛЬНЫЙ ПРИРОСТ ЛИСТВЕННИЦЫ И СОСНЫ**

© 2004 г. А. Н. Николаев<sup>1</sup>, П. П. Федоров<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт мерзлотоведения СО РАН  
677010 Якутск, ул. Мерзлотная, 1

<sup>2</sup> Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН  
677007 Якутск, просп. Ленина, 41

Поступила в редакцию 25.11.2003 г.

Представлены результаты исследований радиального прироста лиственницы и сосны на стационаре Института биологических проблем криолитозоны СО РАН “Спасская Падь”. Показано, что лиственница и сосна даже на близлежащих участках по-разному реагируют на влияние температуры воздуха и на количество выпадающих осадков. Повышение температуры почвы на разных глубинах в зимне-весенний период благоприятно сказывается на радиальном приросте деревьев. В летний период наблюдается отрицательная корреляция древесно-кольцевой хронологии по сосне с температурами почвы. Впервые представлена регрессионная модель радиального прироста, где помимо стандартной климатической функции отклика включено значение температуры почвы, которое существенно увеличивает объяснимую внешними условиями дисперсию.

*Дендроклиматология, радиальный прирост, функция отклика, термический режим почв, многолетняя мерзлота.*

В современной научной литературе по дендроклиматологии практически нет работ, в которых не только рассматриваются вопросы влияния температуры и осадков на изменчивость радиального прироста в зоне распространения многолетнемерзлых почв, но и делаются попытки выявить современные тенденции в реакции роста на изменения термического режима почв [1, 2, 5, 6, 9, 22]. В связи с этим большой интерес представляют реакции лесобразующих пород на климатические условия в зоне распространения многолетней мерзлоты.

Якутия, в которой резко континентальный климат, имеет большие перспективы в использовании дендроклиматических методов. Во-первых, леса Якутии находятся в зоне тайги и представлены хвойными породами деревьев, в основном лиственницей, которая может достигать возраста 400–600 и более лет [3, 7, 9]. Во-вторых, прирост древесных растений очень чувствителен к изменению внешних условий. В-третьих, территория Якутии находится в зоне распространения сплошной многолетней мерзлоты. Значительную ее часть занимают леса, являющиеся неотъемлемой частью мерзлотных экосистем. На территории Якутии средняя годовая температура грунтов на глубине 10–15 м колеблется от 0° до –4°С и ниже. В Якутске, расположенном в долине р. Лена, мощность мерзлоты достигает 210–220 м (по не-

которым данным до 450 м) с температурой – 4°С. В летний период года слой многолетней мерзлоты протаивает до 2–3 м. Многолетняя мерзлота способствует фиксированию осадков в пределах деятельного слоя почвы, задерживает современные экзогенные процессы, что в условиях сложной морфологической структуры и сурового климата приводит к возникновению на территории Якутии характерных форм рельефа [12].

Многолетние измерения температуры почв в центральных районах Якутии дали возможность использовать древесно-кольцевые хронологии не только для выявления отклика радиального прироста на температуру воздуха и атмосферные осадки, но и детально проанализировать влияние термического режима почв на рост и развитие лиственницы и сосны. Рассмотрению результатов проведенного анализа и посвящена эта работа.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

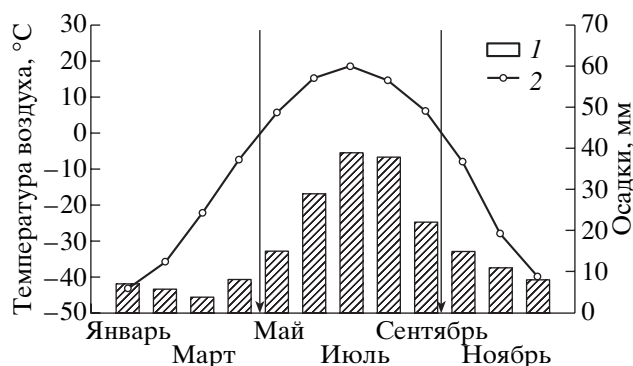
Исследования древесно-кольцевых хронологий по лиственнице Каяндера (*Larix cajanderi* Mayr) и по сосне обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) проводились на научном стационаре Института биологических проблем криолитозоны СО РАН “Спасская Падь”, который находится в 25 км к северо-западу от г. Якутска. Выбор места исследований продиктован тем, что окрестные леса в из-

**Таблица 1.** Описание участков исследований на стационаре “Спаская Падь”

Код участка	Вид	Координаты	Период	Описание
SPP11	LACA	62°13' N 129°36' E	1798–1996	Лишайниково-толокнянковый лиственничник (10Л + С). Сомкнутость крон 0.3. Высота лиственницы 13–16 м, сосны 8–12 м. Диаметр лиственницы 25 см, сосны 22 см. Увлажнение атмосферно-грунтовое. Толокнянка 50%, лишайниковый покров 80%.
SPPV	LACA	62°13' N 129°36' E	1820–1996	Арктоусово-брусничный лиственничник (10Л + Б). Сомкнутость крон 0.5. Высота деревьев 17–19 м. Диаметр стволов 23–35 см. Увлажнение преимущественно атмосферное. Видны следы низового пожара. Брусника 30–40%, арктоус 40%. Лишайниковый покров не развит.
SPP2	LACA	62°13' N 129°36' E	1815–1996	Брусничный лиственничник (10Л + Б). Сомкнутость крон 0.4–0.5. Высота деревьев 17–23 м. Диаметр стволов 28–40 см. Увлажнение атмосферно-грунтовое, избыточное. Брусника 70–75%, арктоус 20%. Лишайниковый покров выражен слабо.
SPP16	LACA	62°13' N 129°36' E	1811–1996	Багульниково-мохово-брусничный лиственничник (10Л). Сомкнутость крон 0.5. Высота деревьев 16–20 м. Диаметр стволов 25–35 см. Увлажнение атмосферно-грунтовое. Видны следы низового пожара. Кустарничковый ярус 75%, мхи 30%.
SPP12	PISY	62°13' N 129°36' E	1814–1996	Мертвопокровно-толокнянковый сосняк (10С). Сомкнутость крон 0.4. Высота деревьев 12–15 м. Диаметр стволов 18–22 см. Увлажнение грунтово-атмосферное, недостаточное. Толокнянка 60%. Мохово-лишайниковый покров не развит.
SPP13	PISY	62°13' N 129°36' E	1791–1996	Толокнянковый сосняк (10С). Сомкнутость крон 0.5. Высота деревьев 15–17 м. Диаметр стволов 20–25 см. Увлажнение атмосферное, недостаточное. Толокнянка 70%. Лишайниковый покров выражен слабо.
SPP3	PISY	62°13' N 129°36' E	1786–1996	Толокнянково-брусничный сосняк (10С + Л). Сомкнутость крон 0.4–0.5. Высота деревьев 18–22 м. Диаметр стволов 24–28 см. Увлажнение преимущественно атмосферное, недостаточное. Брусника 65%, толокнянка 30%. Лишайниковый покров 45%.

Примечание. LACA – *Larix cajanderi* Mair, PISY – *Pinus sylvestris* L.

вестной мере отражают основные черты, свойственные лесам Центральной Якутии. При изучении закономерностей радиального прироста лиственницы и сосны на пробных площадях стационара особое внимание было уделено роли метеорологических условий (температуры воздуха и почвы, а также количеству выпадающих осадков) в изменчивости роста деревьев.

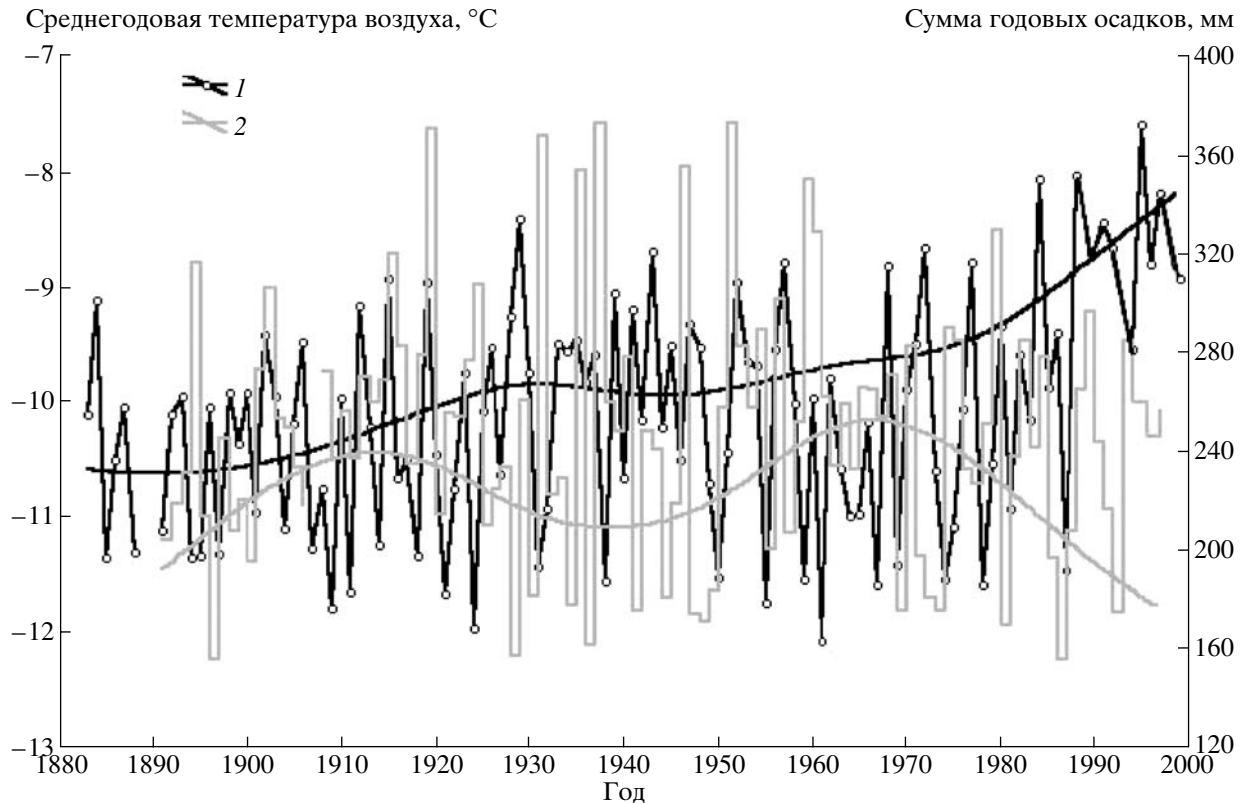


**Рис. 1.** Среднемесячная температура воздуха и количество осадков для метеостанции Якутска. Стрелками обозначен период положительных температур: 1 – количество годовых осадков; 2 – температура.

На территории стационара преобладают супесчаные и суглинисто-супесчаные разновидности дерново-лесных осолоделых почв, занимающих ровные участки поверхности или пологие склоны. Они сочетаются со слабооподзоленными песчаными и супесчаными почвами и с комплексом черноземно-луговых, черноземно-луговых солонцеватых и лугово-болотных почв [8].

Для детального изучения роли микроклиматических условий в радиальном приросте стволов лесообразующих пород были взяты образцы – керны древесины в 4 типах лиственничников и 3 типах сосняков (табл. 1). Сборы образцов проводились по общепринятой методике – на фиксированных высотах от уровня корневой шейки на высоте 1.3 м от поверхности земли [13, 14]. Для построения хронологий отбирались старые и средневозрастные деревья.

Измерения ширины годовых колец сделаны на полуавтоматической установке LINTAB V–3.0 [24]. Посредством сочетания кросс-корреляционного анализа [20] и графической перекрестной датировки [16–18, 25] определялись относительная или абсолютная даты индивидуальных серий, выявлялись ложные и выпавшие кольца. Кросс-



**Рис. 2.** Ход среднегодовой температуры воздуха и суммы годовых осадков для метеостанции Якутска: 1 – температура; 2 – количество осадков. Плавные линии обозначают кривую тренда.

корреляционный анализ реализован в специализированном пакете дендрохронологических исследований DPL-98 [21], графическая перекрестная датировка – в программном пакете TSAP-V3.5 [24]. Таким образом, построенные древесно-кольцевые хронологии соответствуют общепринятым в дендроклиматическом анализе требованиям [13, 23].

Расчет статистических показателей изменчивости прироста деревьев, таких как чувствительность хронологий, среднеквадратичное отклонение, межсерийный коэффициент корреляции, автокорреляция, выполнены в программном пакете Arstan. В этом же пакете путем расчета значений собственных векторов выполнен анализ главных компонент [23, 25]. Результатом стандартизации в Arstan'e являются две хронологии с каждого участка: стандартная (убран только возрастной тренд) и остаточная (удалена автокорреляция) [6, 18].

Интенсивность влияния различных климатических условий на радиальный прирост в дендроклиматологии оценивается функцией отклика [15, 18–19]. При этом характер локальных условий произрастания имеет немаловажную роль. Поэтому дендроклиматический анализ проведен

для хронологий из различных типов лиственных пород и сосняков (табл. 1).

С помощью коэффициентов корреляции оценен относительный вклад каждой из исходных климатических переменных в радиальный прирост деревьев. При этом отсчет времени велся с конца вегетационного периода, т.е. с октября предыдущего года по конец сентября текущего [18, 19, 23].

При анализе реакции древесных пород на температуру воздуха и количество осадков нами использованы данные метеостанции Якутска (62°01' с.ш., 129°43' в.д.) (рис. 1, 2). Среднее значение температуры воздуха для метеостанции Якутска в период наблюдений с 1892 по 2000 г. составило  $-10.0^{\circ}\text{C}$ , минимальное значение  $-12^{\circ}\text{C}$ , максимальное  $-7.6^{\circ}\text{C}$ . Стандартное отклонение за данный период наблюдений равно 1.02. Средняя температура января в Якутске составляет  $-43.2^{\circ}\text{C}$ , июля –  $18.7^{\circ}\text{C}$ . Амплитуды по среднемесячной температуре воздуха составляют  $61.9^{\circ}$ , а по абсолютным минимуму и максимуму –  $102^{\circ}$ . За 1892–2000 гг. в Якутске выпало в среднем 242 мм осадков за год при минимуме 143 и максимуме 391 мм. Стандартное отклонение составило 52.9 мм. Основное количество осадков выпадает в теплое время года. За июнь – август вышеуказанного периода выпало в среднем 110 мм осадков при максимуме

**Таблица 2.** Статистические характеристики древесно-кольцевых хронологий стационара “Спасская Падь”

Древесно-кольцевые хронологии	Порода	Число деревьев	Период, длина хронологий	Средняя ширина годичного кольца, мм	Чувствительность	Средне-квадратичное отклонение	Межсерийный коэффициент корреляции	Автокорреляция 1-го порядка	Дисперсия объясненная AR-моделью, %	Дисперсия, объясненная главными компонентами, %		
										1-я главная компонента	2-я главная компонента	3-я главная компонента
SPP11.STD	L	18	1798   1996	0.64	0.19	0.39	0.73	0.79	64.25	55.11	11.90	9.66
SPP11.RES			199		0.23	0.21	0.71	0.01		50.83	8.13	5.87
SPPV.STD	L	13	1820   1996	0.70	0.20	0.31	0.67	0.68	40.27	46.54	20.51	6.45
SPPV.RES			177		0.24	0.22	0.74	0.01		55.49	8.13	6.15
SPP2.STD	L	16	1815   1996	0.79	0.20	0.40	0.65	0.84	51.22	44.50	18.31	6.76
SPP2.RES			182		0.22	0.21	0.71	-0.03		50.76	6.10	5.62
SPP16.STD	L	16	1811   1996	0.53	0.20	0.31	0.68	0.65	44.93	45.30	16.32	6.02
SPP16.RES			186		0.24	0.22	0.66	-0.02		44.44	8.29	7.42
SPP12.STD	P	15	1814   1996	0.59	0.16	0.23	0.70	0.74	47.11	49.30	11.73	8.12
SPP12.RES			183		0.18	0.17	0.69	0.04		47.59	6.38	6.14
SPP13.STD	P	19	1791   1996	0.62	0.18	0.28	0.71	0.71	52.64	50.72	13.95	6.44
SPP13.RES			206		0.21	0.18	0.69	-0.01		48.89	6.38	4.75
SPP3.STD	P	16	1786   1996		0.19	0.27	0.53	0.64	31.17	32.90	18.23	11.32
SPP3.RES.			211		0.21	0.19	0.59	-0.03		36.88	9.39	8.44

Примечание. STD – стандартные хронологии, RES – остаточные хронологии.

245 мм. В 1947 и 1948 гг. за июнь – август выпало минимальное количество осадков за весь период наблюдений: 39.5 и 26.1 мм соответственно. Период положительных температур охватывает 5 мес. (рис. 1), в длительном ряду изменчивости среднегодовых температур и осадков можно отметить два последних десятилетия, когда температура несколько увеличивалась и осадки не превышали своего среднего уровня (рис. 2).

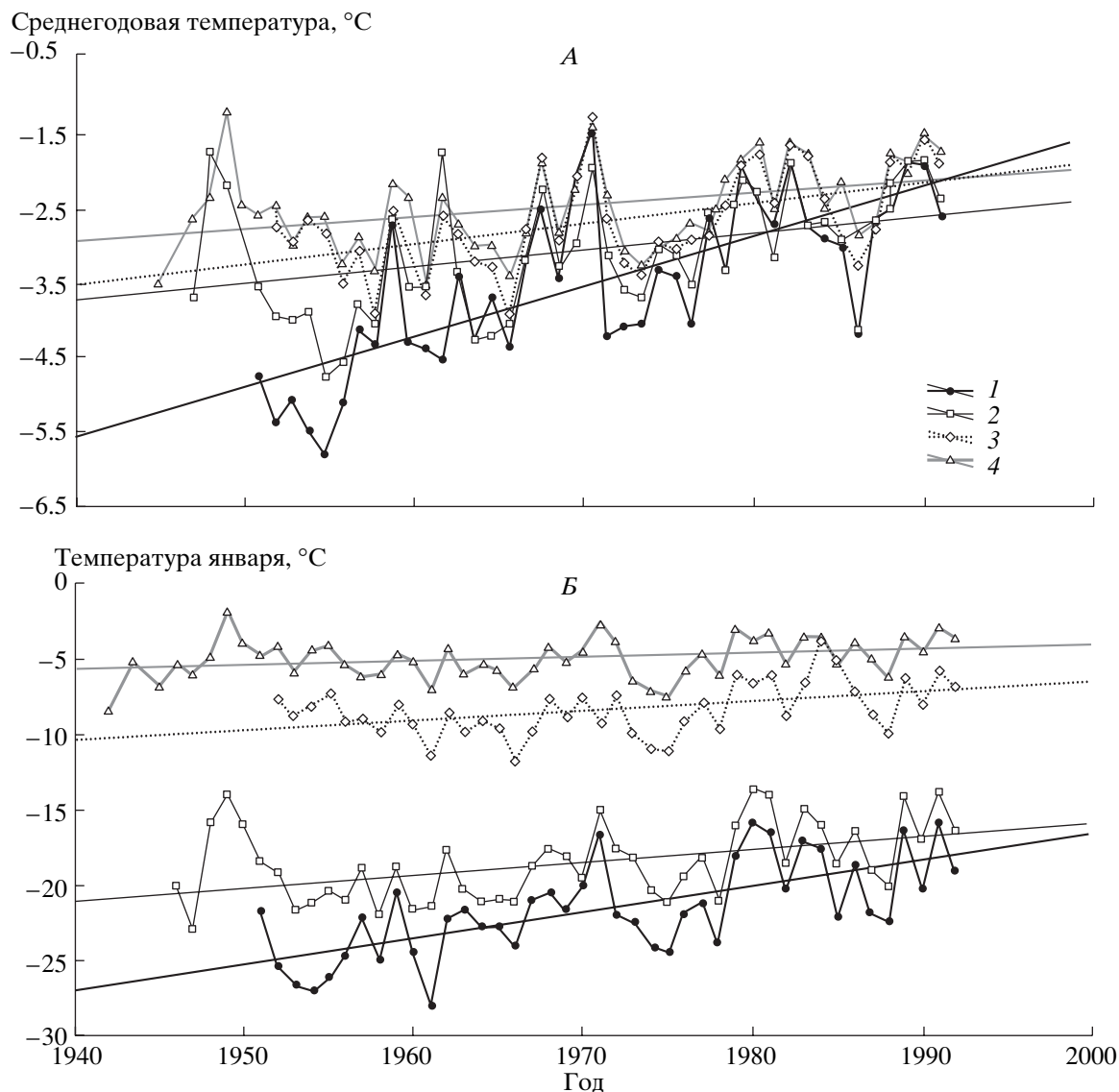
Около 20% осадков в Центральной Якутии перехватывается кронами. Примерно такое же количество остается в травяно-кустарничковом покрове и подстилке. При этом почвы летом получают не более 100 мм осадков. У лиственницы и сосны наблюдаются резкие различия в их отношении к почвенно-тепловым условиям, которое и определяет их географическую приуроченность в Центральной Якутии. Тепловой режим ризосферы у сосны находится в пределах 6–9°C, отдельные корни наблюдаются при 3–4°C. Для лиственницы тепловой режим на 2–3°C ниже [11].

Были также изучены связи древесно-кольцевых хронологий лиственницы Каяндера, сосны обыкновенной с температурой мерзлотных грунтов на разных глубинах по данным метеостанции г. Покровск (61°29' с.ш., 129°00' в.д.) с 1931 г. Метеостанция Покровска обладает более однородными данными в сравнении с данными метеостанции Якутска, в которых отмечается некоторое

нарушение ряда вследствие переноса метеостанции в 1930, 1952 и 1964 гг. [10], а также изменениями почвенных условий в связи с повышением уровня грунтовых вод, начиная с 1989 г. Согласно измерениям метеостанции Покровска, наблюдается положительный тренд среднегодовых температур грунтов. При этом повышение сильнее на глубине 1.2 и 1.6 м в зимний период (рис. 3). В летний период положительный тренд наблюдается на глубине 0.4 и 1.6 м. В основном положительный тренд среднегодовых температур грунтов связан с их потеплением в зимнее время.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ основных статистических характеристик древесно-кольцевых хронологий исследованных участков стационара “Спасская Падь” (табл. 2) показывает, что у всех полученных хронологий отмечается высокий межсерийный коэффициент корреляции – 0.53–0.73 в стандартных хронологиях и 0.59–0.71 в остаточных. Лиственница обладает большей чувствительностью – около 0.20 для стандартной хронологии и 0.22–0.24 для остаточной; у сосны чувствительность меньше – 0.16–0.19 и 0.18–0.21 соответственно. На всех участках автокорреляция четко выражена (0.64–0.84). Процент дисперсии, объясняемой авторегрессионной моделью, для обобщенных хронологий по лиственнице составил 41–64, по сосне 31–53. Пер-



**Рис. 3.** Температура грунтов на разных глубинах: А – среднегодовая температура; Б – температура января: 1 – глубина 0.2 м, 2 – 0.4 м, 3 – 1.2 м, 4 – 1.6 м. Прямые линии обозначают направления тренда.

вые три главные компоненты в хронологиях объясняют 62–76% суммарной дисперсии рядов. Доля в суммарной дисперсии первой главной компоненты (ГК1) заметно выше, чем у остальных (табл. 2). Основная часть объясненной суммарной дисперсии, приходящаяся на ГК1, находится в пределах 32–55% в стандартных хронологиях и 36–55% в остаточных.

В табл. 3 представлена корреляция между обобщенными хронологиями, полученными для разных условий типов леса по лиственнице и по сосне. Как видно из табл. 3, хронологии одной породы деревьев имеют высокие и статистически значимые коэффициенты корреляции.

У хронологий лиственницы коэффициент корреляции между участками несколько больше и

составляет 0.75–0.90, тогда как у сосны этот коэффициент составляет 0.62–0.74. Однако корреляции между хронологиями различных пород деревьев даже на близко расположенных участках показывают отсутствие связи. Высокая коррелированность хронологий по лиственничным и сосновым типам леса позволяет построить две генерализованные хронологии для района “Спаская Падь” – по лиственнице и сосне (рис. 4). Графический анализ показывает, что эти хронологии в основном не синхронны. За исключением отдельных интервалов (например, с 1840 по 1870 г.) или отдельных лет глубоких депрессий роста (например, 1848–1853, 1892, 1973 и другие годы).

Анализ функции отклика древесно-кольцевых хронологий лиственницы и сосны, полученных на

**Таблица 3.** Корреляция древесно-кольцевых хронологий по лиственнице и сосне на стационаре “Спасская Падь”

Хронологии	Лиственница			Сосна		
	SPP11	SPP2	SPPV	SPP12	SPP13	SPP3
SPP11	1.00	0.75	0.85	0.06	-0.01	0.05
SPP2	0.75	1.00	0.90	0.18	-0.04	0.04
SPPV	0.85	0.90	1.00	0.18	0.01	0.12
SPP12	0.06	0.18	0.18	1.00	0.72	0.74
SPP13	-0.01	-0.04	0.01	0.72	1.00	0.61
SPP3	0.05	0.04	0.12	0.74	0.61	1.00

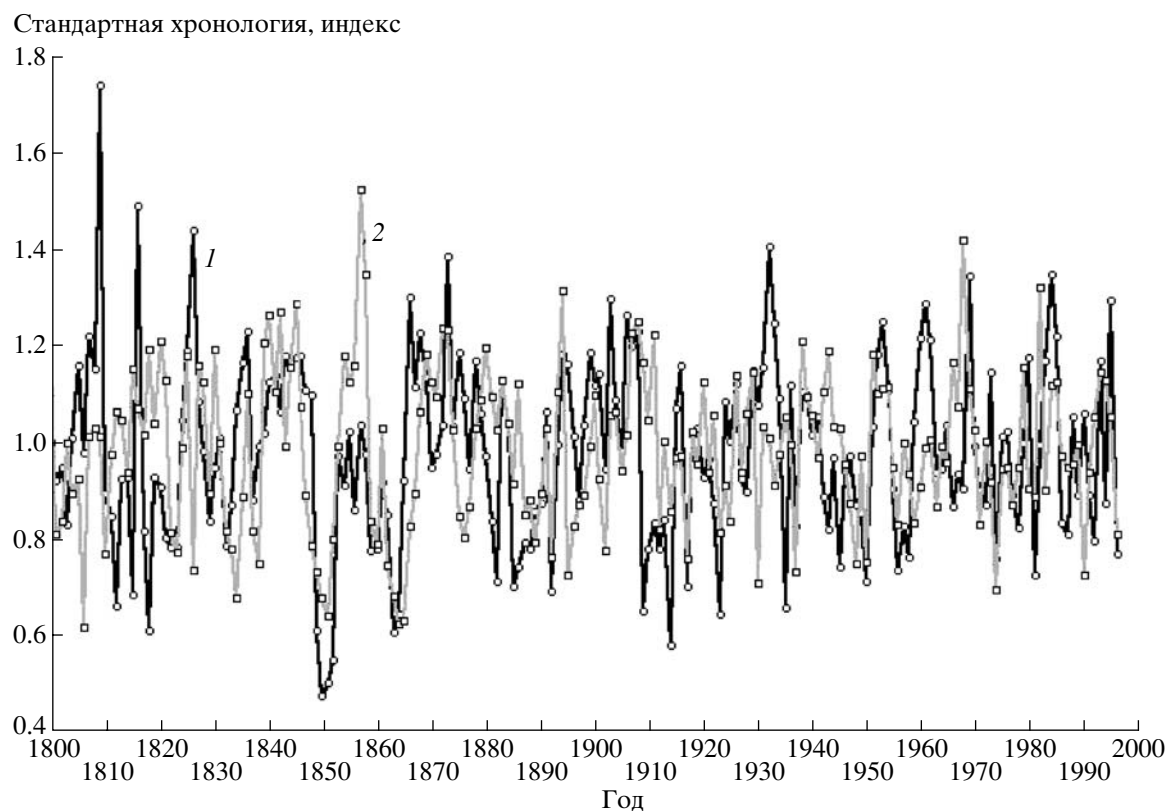
разных пробных площадях, со среднемесячной температурой и количеством осадков (с октября предыдущего года по сентябрь текущего включительно) по данным метеостанции Якутска показал следующее (рис. 5). Значимые ( $P < 0.05$ ) частные коэффициенты корреляции характеризуют статистическую связь радиального прироста лиственницы в основном с раннелетними температурами воздуха, а радиальный прирост сосны – с июньской температурой и летними осадками.

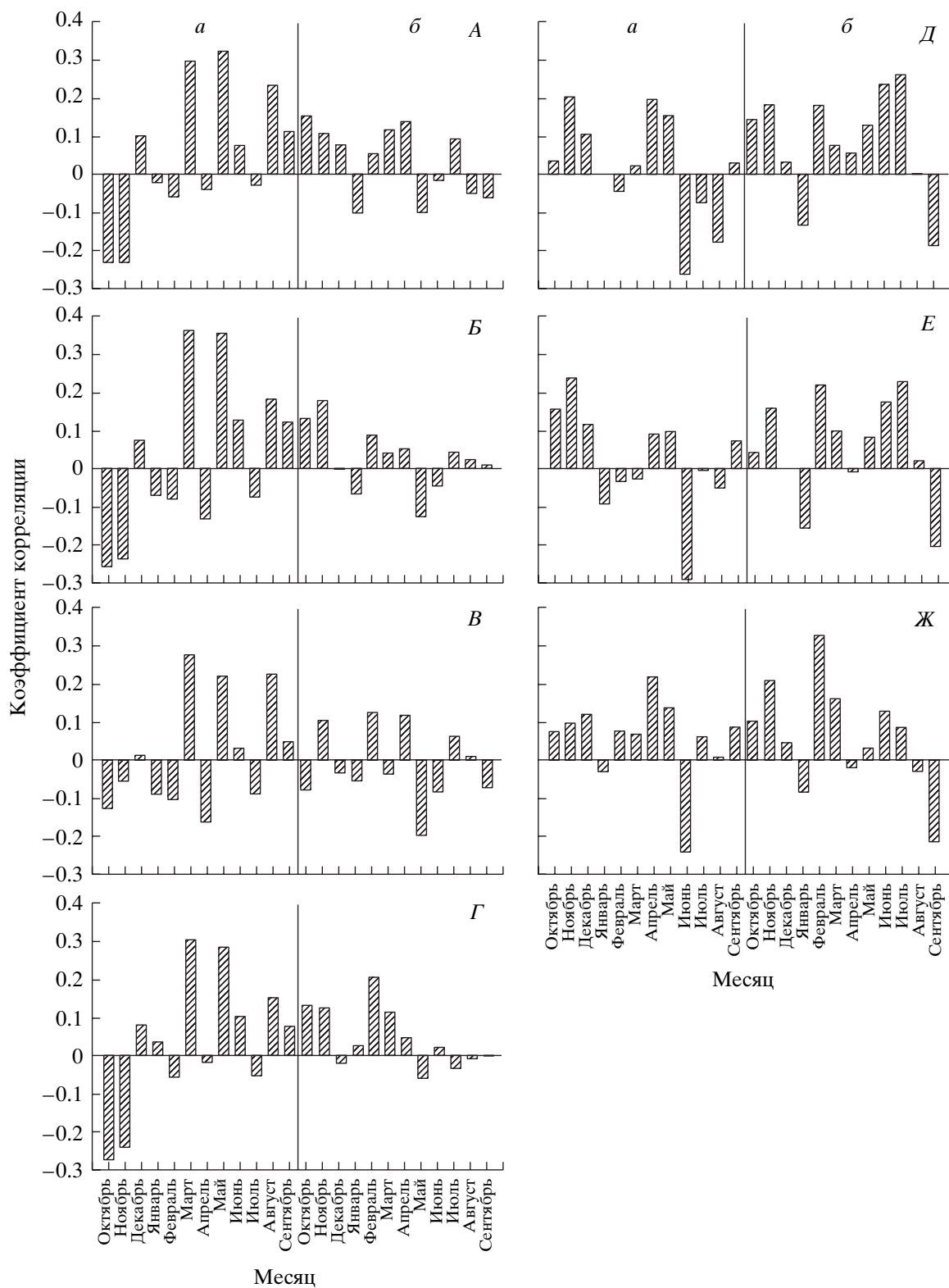
Несмотря на хорошую согласованность обобщенных хронологий из разных групп лесорастительных условий, можно отметить некоторые

особенности их реакций на климатические факторы. Во-первых, осадки практически не оказывают влияния на погодичную изменчивость роста во всех типах лиственничников. Во-вторых, значимое влияние на рост лиственничников имеет температура воздуха, причем мартовская и майская температура оказывает положительное действие, а высокая температура октября и ноября предыдущего года – отрицательное. В-третьих, большое положительное влияние весенних температур отмечается в более сухих лиственничниках (лишайниково-толокнянниковом и арктоусово-брусничном).

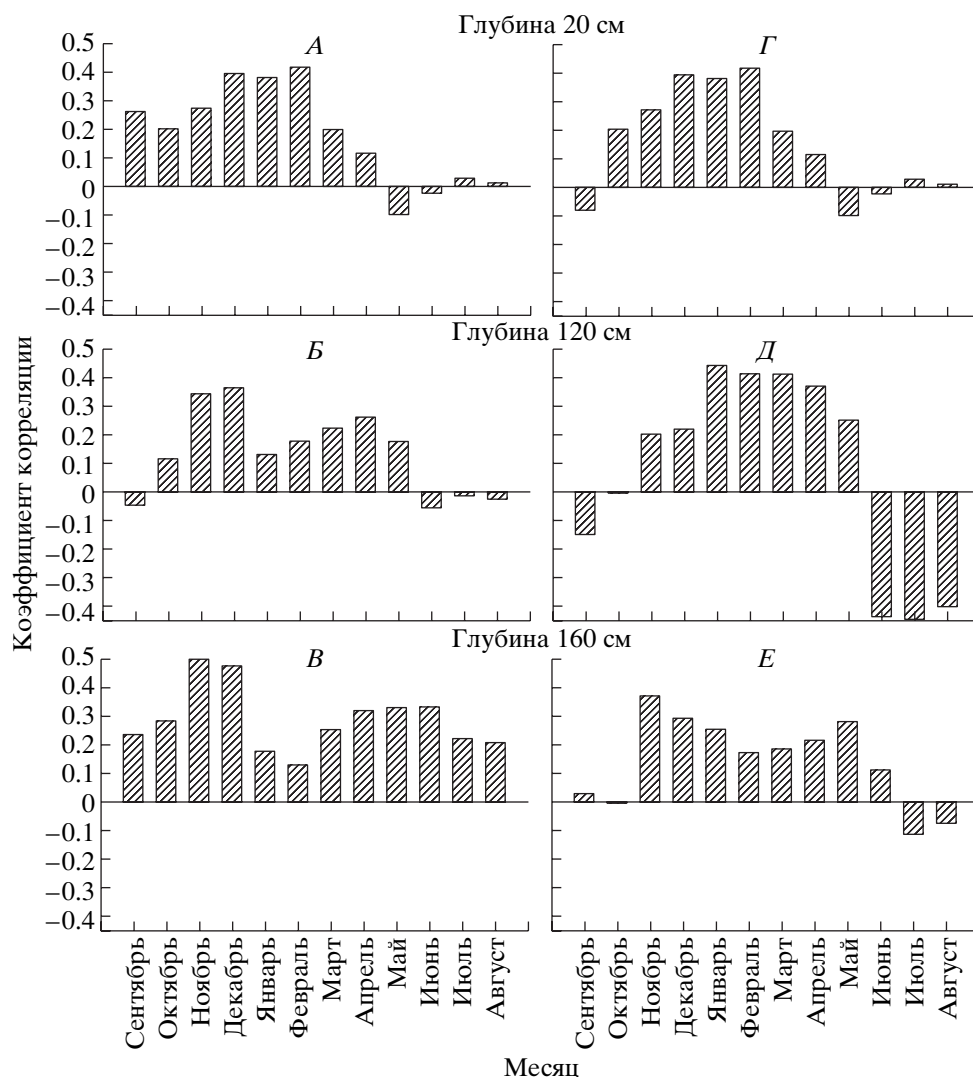
Совершенно иная картина влияния климатических факторов отмечается для сосняков. Здесь значимое влияние осадков очевидно, а высокая температура июня подавляет радиальный прирост сосны. Особенности в климатическом отклике проявляются в том, что в более сухих сосняках (мертвопокровно-толокнянниковом и толокнянниковом) большое значение имеют летние осадки (июнь, июль), а в толокнянково-брусничном сосняке увеличивается значение позднелетних (февраль–март) осадков.

Можно отметить, что в климатические факторы отдельных месяцев объясняют 30–50% от общей дисперсии погодичной изменчивости радиального прироста лиственницы и сосны в разных

**Рис. 4.** Генерализованные хронологии по лиственнице (1) и сосне (2) для стационара “Спасская Падь”



**Рис. 5.** Коэффициент корреляции древесно-кольцевых хронологий по лиственнице (А–Г) и сосне (Д–Ж) на территории стационара “Спасская Падь” с температурами воздуха (а) и осадками (б). А – лишайниково-толокнянковый лиственничник, Б – арктоусово-брусничный лиственничник, В – брусничный лиственничник, Г – багульниково-брусничный лиственничник, Д – мертвопокровно-толокнянковый сосняк, Е – толокнянковый сосняк, Ж – толокнянково-брусничный сосняк



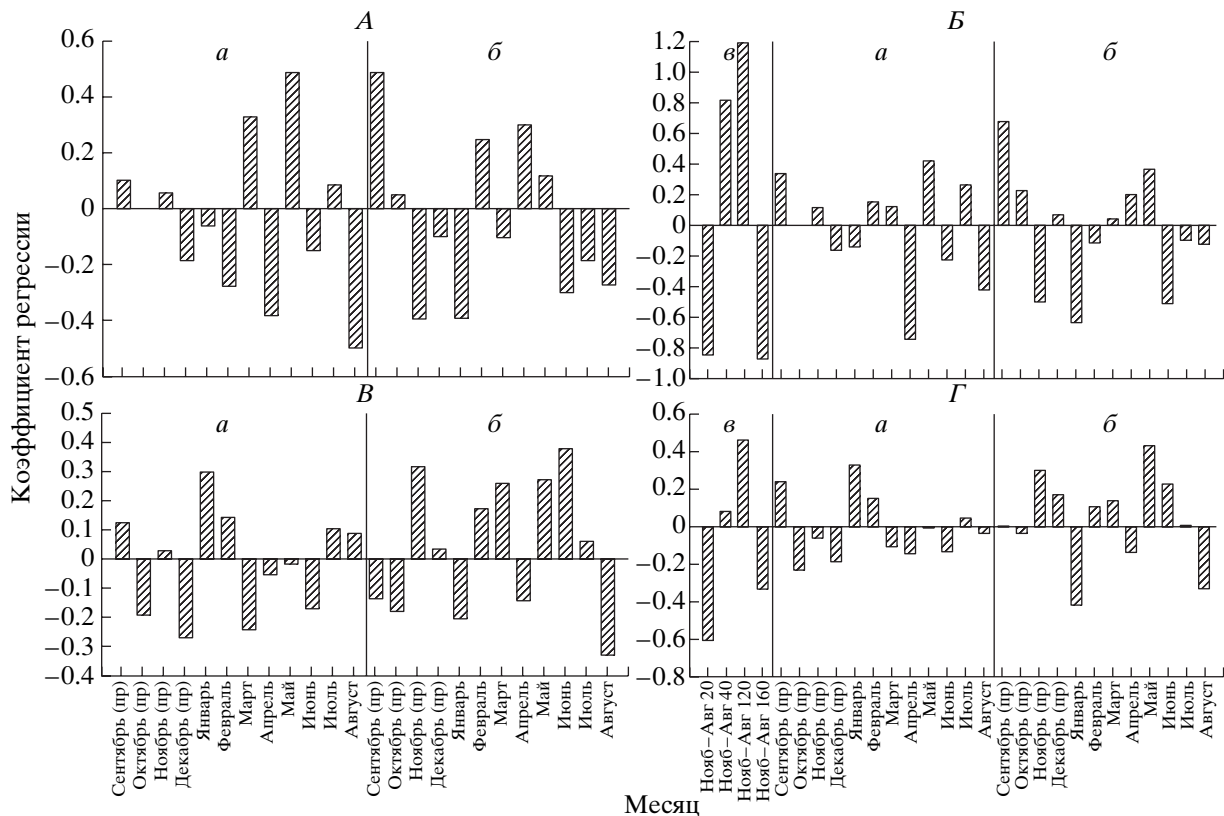
**Рис. 6.** Коэффициенты корреляции древесно-кольцевых хронологий по лиственнице (А–В) и сосне (Г–Е) с температурами почвы на разных глубинах

типах исследованных лесов. Очевидно, что не меньшая, а может быть и большая доля изменчивости должна объясняться другими факторами. Поскольку значимость термического режима почв для роста растений в Центральной Якутии несомненна, нами проанализирована корреляция между генерализованными хронологиями лиственницы и сосны и температурой почвы на разных глубинах (рис. 6). При этом установлено следующее. Повышение осенних, зимних и весенних температур почвы благоприятно сказывается на радиальном приросте лиственницы и сосны. Поскольку корнеобитаемый, наиболее деятельный слой почвы не превышает 1.20–1.50 м, то нетрудно видеть, что потепление почв до апреля увеличивает годичный прирост лиственницы, а наиболее важное значение имеет “потепление” верхнего горизонта в зимние месяцы (декабрь–

февраль). Можно отметить, что на радиальный прирост сосны положительное влияние имеет увеличение температуры почв на период с ноября по май. Однако в летние месяцы высокая температура деятельного слоя почв угнетает радиальный прирост сосны, значимая отрицательная корреляция между температурой почвы и приростом отмечается для июня – августа. При этом более высокая температура в летние месяцы даже на глубинах максимального проникновения корней тормозит прирост деревьев.

Существенное влияние температуры почв на прирост древесных растений на исследуемых участках можно оценить, сравнивая две модели регрессии индексов прироста относительно климатических переменных. Первая включает только температуры воздуха и атмосферные осадки за отдельные месяцы, вторая – еще и температуру





**Рис. 7.** Модели регрессии индексов прироста относительно климатических переменных: А – генерализованная хронология по лиственнице (SPL)  $R = 0.76$ ;  $R^2 = 0.57$ , Б – генерализованная хронология по лиственнице (SPL)  $R = 0.91$ ;  $R^2 = 0.82$  (в дополнение к общепринятой модели в регрессионную модель включена температура почвы); В – генерализованная хронология по сосне (SPP)  $R = 0.67$ ;  $R^2 = 0.46$ , Г – генерализованная хронология по сосне (SPP)  $R = 0.73$ ;  $R^2 = 0.58$  ( $R$  – коэффициент множественной корреляции, а  $R^2$  – коэффициент детерминации, пр – предыдущий год, для температуры почвы указана глубина измерений, а – температура воздуха, °C, б – осадки, в – температура почвы)

почв за зимний и летний периоды (рис. 7). Так, стандартная климатическая функция отклика объясняет 57% ( $r = 0.76$ ) от общей изменчивости прироста лиственницы, влияние значений температуры почв за зимний период увеличивает объяснимую внешними условиями дисперсию до 82% ( $r = 0.91$ ). Для генерализованных хронологий сосны эти величины составляют 46 и 58% соответственно. Таким образом, для зоны многолетней мерзлоты изменение температуры почв даже в зимнее время существенным образом (20–25%) сказывается на формировании годичного прироста у древесных растений.

Один из интересных результатов данного анализа – различия в климатическом отклике лиственничников и сосняков, произрастающих практически на одной территории в сходных почвенно-грунтовых условиях. В целом условия стационара характеризуются недостаточным увлажнением, однако лиственничники в радиальном приросте не показывают сколько-нибудь заметной реакции на осадки. Четко просматривается различная стратегия использования малого количества влаги дере-

вьями лиственницы и сосны. Согласно функции отклика, лиственница в большей степени для роста использует накопленный осенне-зимне-весенний запас влаги и начинает вегетацию раньше, чем сосна, чутко реагирует на повышение температуры в самом начале сезона. Отрицательное влияние температур октября и ноября свидетельствует, что теплая осень способствует увеличению потерь влаги из почвы, которая может быть использована лиственницей после оттаивания для роста. Сосна, рост которой начинается несколько позднее, более требовательна к содержанию влаги в почве в самый активный период роста, поэтому показывает значимую положительную корреляцию с осадками июня и июля и отрицательную – с температурой июня. Высокая температура июня быстро иссушает почву и тормозит рост сосняков. Два вида в одинаковых условиях реализуют две разные стратегии использования “климатического” ресурса. Аналогичные данные были получены при дендроклиматическом анализе роста двух видов сосны в районе муссонного климата [4].

Наиболее важные результаты, с нашей точки зрения, получены при анализе корреляций длительных изменений температуры почвы с изменениями радиального прироста. Во-первых, четко зафиксировано положительное влияние потепления почвы в течение зимних месяцев на радиальный прирост обоих видов. Во-вторых, особенности климатического отклика лиственницы и сосны здесь оказались наиболее контрастными, высокие температуры почвы в летние месяцы (в период с июня по август) существенно подавляют прирост сосны, в то же время для лиственницы это влияние практически незначимо. Полученные результаты весьма обнадеживают – в дендроклиматических работах в бореальной зоне пока не удавалось получить климатический отклик на изменение зимних температур почвы. Однако текущее потепление в первую очередь обусловлено повышением зимних температур, поэтому длительные древесно-кольцевые хронологии Якутии могут оказаться уникальным инструментом мониторинга изменения климатических условий в зимнее время.

**Выводы. 1.** В Центральной Якутии различные виды хвойных по-разному реагируют на изменения климатических параметров. Это связано с экологическими и физиологическими особенностями видов и их отношением к температуре и увлажнению в конкретных лесорастительных условиях.

**2.** Температурные условия в начале вегетационного периода (май, июнь) оказывают наибольшее влияние на радиальный прирост деревьев. Количество атмосферных осадков этого периода значимо влияет на рост сосны, которая произрастает в условиях недостаточного увлажнения.

**3.** Высокие температуры воздуха в августе в слабой степени отрицательно влияют на прирост деревьев сосны и положительно на прирост лиственницы. Это объясняется прежде всего разной влагообеспеченностью почв в сосновых и лиственных лесах во второй половине лета при небольшом количестве атмосферных осадков.

**4.** Радиальный прирост древесных растений, произрастающих на мерзлотных почвах, тесно связан с температурой деятельного слоя в течение всего года. Разный отклик радиального прироста деревьев на изменения температуры почвы подтверждает, что лиственница и сосна в зоне распространения многолетней мерзлоты по-разному требовательны к экологическим и гидро-термическим условиям почв.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агафонов Л.И., Штрунк Х.Б., Нубер Т.О. Динамика термокарстовой депрессии в Западной Сибири: опыт дендрогеохронологического исследования // Криосфера Земли. 2002. № 2. С. 43–52.
2. Ваганов Е.А., Кирдянов А.В., Силкин П.П. Значение раннелетней температуры и сроков схода снежного покрова для роста деревьев в субарктической зоне Сибири // Лесоведение. 1999. № 6. С. 3–13.
3. Ваганов Е.А., Наурзбаев М.М., Егерь И.В. Предельный возраст деревьев лиственницы в Сибири // Лесоведение. 1999. № 6. С. 66–70.
4. Ваганов Е.А., Пак В.К. Динамика сезонного роста годичных колец сосен густоцветной (*Pinus densiflora* Sieb. et Zucc.) и жесткой (*P. rugida* Mill.) на Корейском полуострове // Лесоведение. 1995. № 2. С. 31–41.
5. Ваганов Е.А., Шашкин А.В. Рост и структура колец хвойных. Новосибирск: Наука, 2000. 232 с.
6. Ваганов Е.А., Шиятов С.Г., Мазепин В.С. Дендроклиматические исследования в Урало-Сибирской Субарктике. Новосибирск: Наука, 1996. 246 с.
7. Николаев А.Н., Наурзбаев М.М., Егерь И.В., Силкин П.П. Возраст лиственницы в среднеазиатской подзоне лесов Якутии // Флора и фауна особо охраняемых территорий республиканской системы Ытык Кэрэ Сирдэр. Якутск: Кудук, 2001. С. 190–191.
8. Поздняков Л.К. Гидроклиматический режим лиственных лесов Центральной Якутии. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 147 с.
9. Поздняков Л.К. Мерзлотное лесоведение. Новосибирск: Наука, 1986. 192 с.
10. Справочник по климату СССР. Вып. 24. Ч. VIII. Температура почвы. Якутск: Якутское управление гидрометеорологической службы, 1975. 570 с.
11. Уткин А.И. Леса Центральной Якутии. М.: Наука, 1965. 208 с.
12. Шепелев В.В., Толстихин О.Н., Пигузова В.М., Иванова Л.Д., Ломомцева Н.С., Некрасов И.А., Никитина Н.М. Мерзлотно-гидрологические условия Восточной Сибири. Новосибирск: Наука, 1984. 192 с.
13. Шиятов С.Г. Дендрохронология верхней границы леса на Урале. М.: Наука, 1986. 136 с.
14. Шиятов С.Г., Ваганов Е.А., Кирдянов А.В., Круглов В.Б., Мазепин В.С., Наурзбаев М.М., Хантемиров Р.М. Методы дендрохронологии. Ч. I. Основы дендрохронологии. Сбор и получение древесно-кольцевой информации. Учебно-методическое пособие. Красноярск: Изд-во Красноярского гос. ун-та, 2000. 80 с.
15. Briffa K.R., Cook E.R. Methods of Response Function Analysis. // Methods of Dendrochronology. Applications in Environmental Sciences. Dordrecht, Boston, London: Kluwer Acad. Publ., 1990. P. 240–247.
16. Douglass A.E. Climatic cycles and tree-growth // A study of the annual rings of trees in relation to climate and solar activity. Washington: Carnegie Inst., 1919. V. 1. 199 p.
17. Douglass A.E. Climatic cycles and tree-growth // A study of the annual rings of trees in relation to climate and solar activity. Washington: Carnegie Inst., 1936. V. 3. 171 p.
18. Fritts H.C. Tree rings and climate. London, New York, San Francisco: Academic Press, 1976. 567 p.

19. *Fritts H.C.* Reconstructing large-scale climatic patterns from tree-ring data. A diagnostic analysis. Tucson, London: The University of Arizona Press, 1991. 286 p.
20. *Holmes R.L.* Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement // *Tree-ring Bulletin*. 1983. V. 44. P. 69–75.
21. *Holmes R.L.* Dendrochronology program library – users manual. Tucson: University of Arizona, 1998 (электронная версия).
22. *Hughes M.K., Vaganov E.A., Shiyatov S.G., Touchan R., Funkhouser G.* Twentieth-century summer warmth in northern Yakutia in a 600-year context // *The Holocene*. 1999. № 5. P. 603–608.
23. *Methods of Dendrochronology. Application in environmental sciences* / Eds. Cook E. et al. Dordrecht: Kluwer Acad. Publ., 1990. 394 p.
24. *Rinn F.* TSAP version 3.5. Reference Manual. Computer program for tree ring analysis and presentation. Heidelberg, Germany: Frank Rinn, 1996. 264 p.
25. *Schweingruber F.H.* Tree rings: Basics and applications of dendrochronology. Dordrecht: Reidel Publ., 1988. 276 p.

## **The Influence of Climatic Factors and Thermal Regime of Permafrost-Affected Soils on Radial Increment of Pine and Larch Trees in Central Yakutia**

**A. N. Nikolaev and P. P. Fedorov**

The results on radial increment of larch and pine trees at the “Spasskaya Pad” Station of the Institute of Biological Problems of Cryolithozone (Siberian Division, Russian Academy of Sciences) are presented. Larch and pine trees differently responded to changes in air temperature and precipitation. An increase in soil temperature at different depths during winter/spring periods had a beneficial effect on the radial increment of trees. For pine, an inverse correlation between the tree-ring chronology and soil temperature was observed in summer. A new regression model of radial increments is presented. The model along with the standard climate-response function includes value of soil temperature that increases considerably the dispersion stipulated by environmental conditions.